МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по УМР
_____ Упоров С. А.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению практической и курсовой работы по дисциплине*

## Б1.В.02 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Волегов С. А. к.т.н.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Эксплуатации горного оборудования | горно-механического факультета |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Симисинов Д. И. | Осипов П.А. |
| Протокол № 1 от 21.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03E560600022AE6E8C4F6F16AC2E0521FC
Владелец: Упоров Сергей Александрович
Действителен: с 19.01.2022 до 19.04.2023

Екатеринбург

# КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

*Контрольная работа* Изучение структуры технологического процесса ***по темам 1-3***

*а* *б*

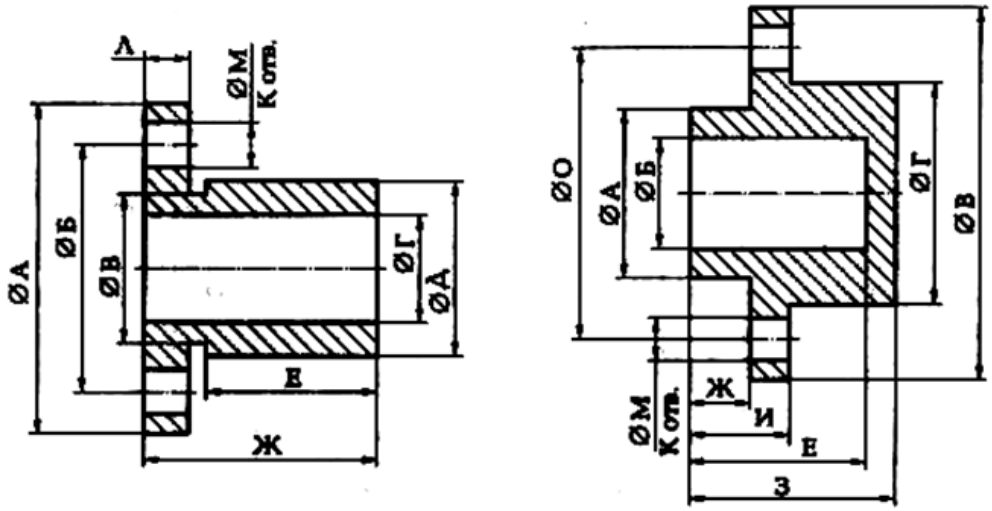



Рис. 1.1. Исходная информация для выполнения контрольной работы :
*а* – первая деталь; *б* – вторая деталь

***Задание:***

- выделить по прилагаемому к заданию чертежу детали (рис. 1.1, *б* и табл.1.1) основные операции механической обработки;
- по каждой операции назвать переходы, проходы, установы, позиции;
- показать операции с максимально возможной степенью дифференциации, когда каждая операция предельно проста, так как состоит из одного-двух простых переходов;
- показать одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов для одновременной обработки несколько поверхностей;
- выделить вспомогательные переходы при обработке детали;
- показать одну операцию с максимально возможной степенью концентрации, когда совмещают ряд переходов для одновременной обработки несколько поверхностей;
- выделить вспомогательные переходы при обработке детали.

Таблица 1.1

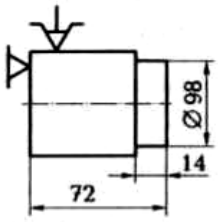
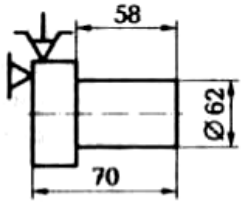
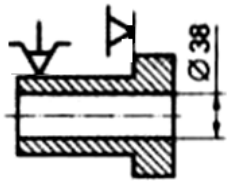
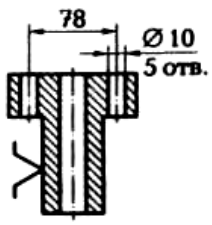
**Индивидуальные варианты**

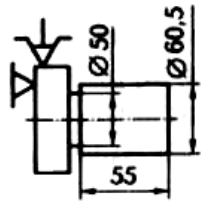
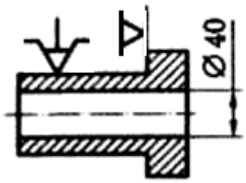
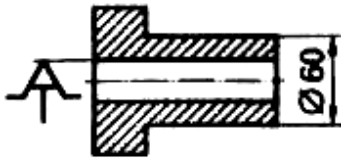
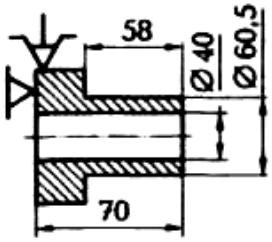
| | варианты | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ø А | 30*h*9 | 35*h*9 | 40*h*9 | 36*h*9 |
| ØБ | 25 | 30 | 34 | 30 |
| Ø В | 70 | 80 | 80 | 75 |
| Ø Г | 35 | 40 | 45 | 42 |
| Ø М | 8*H*9 | 10*H*9 | 12*H*9 | 10*H*9 |
| Размер Ж | 8 | 12 | 14 | 10 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Размер З | 25 | 30 | 32 | 28 |
| Размер И | 12 | 18 | 19 | 15 |
| РазмерЕ | 20 | 26 | 28 | 24 |
| Ø О | 50*js*l4 | 65*js*9 | 60*js*l4 | 55*jsl*4 |
| Число К отверстий | 2 | 4 | 6 | 4 |

Таблица 1.2

Пример выполнения контрольной работы (рис.1.1 (а) )

| Номер и наименование операции | Операционный эскиз | Содержание переходов |
|---|---|---|
| *Основное задание* | | |
| 05 – токарная черновая |  | Установить заготовку. Подрезать торец на размер 72 мм. Точить Ø98 мм за один проход на длину 14 мм. Снять деталь |
| 10 – токарная черновая |  | Установить заготовку. Подрезать торец на размер 70 мм. Точить Ø62 мм за несколько проходов, выдерживая размер 58 мм. Снять деталь |
| 15 – токарная черновая |  | Установить заготовку. Сверлить отверстие предварительно Ø20 мм. Расточить отверстие Ø38 мм. Снять деталь |
| 20 –сверлильная |  | Установить заготовку. Сверлить 5 отверстий предварительно Ø9,6 мм. Зенкеровать 5 отверстий Ø 9,9 мм. Развернуть 5 отверстий Ø10Н9. Снять деталь |

| | | |
|---|---|---|
| 25 – токарная чистовая |  | Установить заготовку.<br>Обточить Ø60,5 мм.<br>Точить канавку Ø50 мм<br>резцом шириной 5 мм.<br>Снять деталь |
| 30 – токарная чистовая |  | Установить заготовку.<br>Расточить отверстие<br>Ø40 мм.<br>Снять деталь |
| 35 – шлифовальная |  | Установить заготовку.<br>Шлифовать наружную<br>поверхность Ø60 мм.<br>Снять деталь |
| 40 – контрольная | См. рис. 2.1 и табл. 2.1 | Контроль геометрических<br>параметров |
| *Дополнительное задание* | | |
| операция<br>с высокой<br>степенью<br>концентрации |  | Установить заготовку.<br>Подрезать торец<br>на размер 70 мм.<br>Точить Ø62 мм<br>за несколько проходов,<br>выдерживая размер 58 мм.<br>Точить Ø60,5 мм.<br>Сверлить центральное<br>отверстие Ø20 мм.<br>Расточить центральное<br>отверстие Ø38 мм.<br>Расточить центральное<br>отверстие Ø40 мм.<br>Точить канавку Ø50 мм<br>резцом шириной 5 мм.<br>Снять деталь |

# ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

**Тема 1.**Основные понятия и положения. Производственный и технологический процессы. Структура тех. процесса. Типы производства, характеристика тех. производства. Организационные формы работы. Технологичность конструкции машин и деталей

*Проверяемые компетенции: ПК-10*–Способность обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий

*ПК-6* – Способность разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств;

*ПК-15*– Способность обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование.

*Знать:* основные положения и понятия машиностроительного производства;
*Уметь:* определять тип производства; анализировать существующие и проектировать новые технологические процессы изготовления деталей и сборки машин;
*Владеть:* проектированием структур операций единичных технологических процессов изготовления несложных деталей.

1. Основные этапы процесса производства машин.
2. Общие понятия о типах производств.
3. Какие изделия машиностроения вы знаете?
4. Каковы основные этапы производственного процесса?
5. По каким признакам классифицируют технологические процессы машиностроения?
6. Какие элементы входят в структуру технологического процесса?
7. Как осуществляется классификация деталей по их конструктивным характеристикам?
8. Для чего используется технологическая классификация деталей?
9. Какова структура полного конструкторско-технологического кода детали?
10. Для решения каких задач используется классификация технологических операций?
11. Какова структура кода технологической операции?
12. Какие характерные признаки для разных типов производства вы знаете?
13. . Технологический переход
14. . Установ, позиции, проход
15. Типы машиностроительных производств.
16. Характеристика массового производства
17. Коэффициент закрепления операций.
18. Поточное и не поточное производство
19. Характеристика серийного производства
20. Характеристика единичного производства

**Тема 2**.Базирование деталей. Установка при обработке на станках. Поверхности и базы обрабатываемых деталей. Правила выбора баз. Последовательность выполняемых операций

*Проверяемые компетенции: ПК-6, ПК-10, ПК-15*
*Знать:* принципы выбора технологических баз, методы расчета припусков на обработку и технологических размеров заготовки, параметров режима резания и норм времени на выполнение операций;
*Уметь:* анализировать причины появления брака при изготовлении деталей и назначать пути их устранения;
*Владеть:* навыками построения технологии изготовления типовых деталей машин в различных типах производств.

1. Классификация баз при механической обработке.
2. Основные принципы базирования. Примеры погрешностей базирования.
3. Исходные данные для проектирования технологического процесса.
4. Базирование детали при обработке. Конструкторская, измерительная, технологическая база.
5. Принцип единства баз.
6. Принцип постоянства баз
7. Как определить период стойкости инструмента, обеспечивающий минимум себестоимости технологической операции?
8. Как режимы обработки влияют на себестоимость технологического перехода?
9. Как влияет точность обработки на технологическую себестоимость технологического перехода?
10. Какие существуют методы расчета припусков на обработку?

11. В чем заключается расчетно аналитический метод определения припуска?
12. Факторы влияющие на величину припуска.
13. Основные принципы разработки маршрутного технологического процесса

Тема 3. Точность и качество поверхностей после механической обработки.Понятия о точности. Факторы, влияющие на точность. Точность при различных методах обработки. Определение погрешностей методом математической статистики. Качество поверхностей деталей после механической обработки.

*Проверяемые компетенции: ПК-6, ПК-10, ПК-15*

*Знать*: основы технологического обеспечения требуемой точности деталей машин;
*Уметь:* применятьразмерный анализ существующих технологических процессов изготовления деталей
*Владеть:* методикой построения чертежа заготовки и определения припусков)

1. Факторы влияющие на точность обработки деталей.
2. Какие существуют виды погрешностей?
3. Что такое технологическая наследственность?
4. Что такое достижимая и экономическая точность обработки?
5. Какие существуют способы обеспечения точности обработки.
6. Точность обработки (общие понятия). Методы расчета точности.
7. Понятие о систематических и случайных погрешностях при обработке.
8. Методы учета случайных погрешностей при механической обработке.
9. Какие существуют методы борьбы с внутренними напряжениями в крупных отливках и штамповках.
10. Какие составляющие силы резания вызывают наибольшие деформации детали?
11. Какими свойствами определяется качество обработки детали.
12. Как качество поверхностного слоя (его параметры) влияет на эксплуатационные свойства детали?

Тема 4. Виды заготовок деталей машин. Определение припусков на обработку деталей. Подготовка заготовок для механической обработки.

*Проверяемые компетенции: ПК-6, ПК-10, ПК-15*

*Знать:* основы технологического обеспечения требуемых свойств материала детали и качества их поверхностных слоев;
*Уметь:* Выбирать рациональный материал и способ получения заготовок, исходя из заданных эксплуатационных требований к детали.
*Владеть:* навыками выбора рационального материала и способа получения и обработки заготовок давлением, исходя из заданных эксплуатационных требований к детали.)

1. Технологические характеристики получения заготовок методами литья.
2. Технологические характеристики получения заготовок методами пластического де формирования.
3. Факторы, влияющие на качество обработанной поверхности.
4. Жесткость технологической системы и ее влияние на точность обработки.
5. Экономическая и достижимая точность обработки.
6. Методы учета случайных погрешностей при механической обработке.
7. Понятие о систематических и случайных погрешностях при обработке.
8. Чем определяется вид заготовки?
9. Какие методы получения заготовок применяются в мелкосерийном, серийном, массовом производствах?
10. Какие методы обоснования эффективности применяются в серийном и массовом производствах?

Тема 5. Основы технического нормирования. Понятие о технической норме. Методы и порядок определения нормы времени. Структура нормы времени.

*Проверяемые компетенции: ПК-6, ПК-10, ПК-15*

*Знать:* принципы расчета припусков на обработку и технологических размеров заготовки, параметров режима резания и норм времени на выполнение операций;

*Уметь:* производить технологических размеров заготовки, параметров режима резания и норм времени на выполнение операции

*Владеть:* методикой расчета технологических размеров заготовки, параметров режима резания и норм времени на выполнение операций).

1. Что такое техническое нормирование?
2. Что такое техническая норма времени на операцию?
3. Что такое штучное время на операцию?
4. Что такое норма выработки?
5. Структура нормы времени.
6. Для чего нужно определять трудоемкость обработки детали?
7. Какие существуют методы определения нормы времени?
8. Что такое подготовительно-заключительное время? Как оно определяется?
9. Параметры режима резания и их влияние на норму времени на операцию.
10. Что такое операционное время? Его составляющие.

Тема 6. Основные принципы проектирования технологических процессов механической обработки. Требования ктех. процессу. Исходные данные. Организационная форма. Установления плана и методов обработки, выбор оборудования, приспособлений, инструмента.

*Проверяемые компетенции: ПК-6, ПК-10, ПК-15*

. *Знать:* принципы и методологию проектирования технологических процессов изготовления деталей;

*Уметь:* выбирать средства технологического оснащения технологического процесса изготовления детали;

*Владеть*: проектированием структур операций единичных технологических процессов изготовления несложных деталей.

1. Что такое технологический процесс?
2. Какие две задачи решают при проектировании технологического процесса?
3. Назовите необходимые данные для проектирования технологического процесса.
4. Назовите основные этапы разработки технологического процесса.
5. Нарезание зубчатых колес по методу обкатки.
6. Выбор вариантов при разработке технологического процесса.
7. Технологическая документация, ее виды и области применения.
8. Структура себестоимости изготовления деталей в машиностроении.
9. Какова степень проработки технологического процесса в зависимости от масштаба производства?
10. Что характеризует тип производства? Как определяется коэффициент серийности?

Тема 7. Комплексная технология механической обработки типовых деталей

*Проверяемые компетенции: ПК-6, ПК-10, ПК-15.*

*Знать:* принципы и методологию проектирования технологических процессов изготовления типовых деталей.

*Уметь:* выбирать средства технологического оснащения технологического процесса изготовления детали

*Владеть:* навыками построения технологии изготовления типовых деталей машин в различных типах производства)

1. Типовые технологические процессы изготовления корпусных деталей.
2. Технология изготовления рычагов.

3. Типовые технологические процессы изготовления зубчатых колес
4. Типовые технологические процессы изготовления деталей типа «валы».
5. Типовые технологические процессы изготовления деталей типа « втулки»
6. Нарезание зубчатых колес по методу копирования.
7. Отделочная обработка зубчатых колес.
8. Методы нарезания наружной и внутренней резьбы.
9. Методы обработки шлицевых поверхностей.
10. В чем заключается типизация технологических процессов

# ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ

Тематика курсовых проектов:
1.Проектирование технологического процесса изготовления зубчатого колеса …
2. Проектирование технологического процесса изготовления промежуточного вала
3. Проектирование технологического процесса изготовления шлицевого вала
4. Проектирование технологического процесса изготовления вала-шестерни
5. Проектирование технологического процесса изготовления втулки

# ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

## Тест 1

1.**Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:**
Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:
1. отверстия с L/D<5;
2. отверстия, расположенные под углом к оси;
3. глухие отверстия с резьбой;
4. открытые с одной или с двух сторон пазы.

2.При черновой обработке точность после сверления будет . . .
1. JT11
2. JT14
3. JT8
4. JT4

3.Прибор принцип которого, основан на измерении микро неровностей поверхности путем ощупывания ее алмазной иглой:
1. профилометр;
2. профилограф;
3. оптические приборы;
4. осциллограф.

4. Производство, в котором при достаточно большом количестве одинаковых выпусков изделий изготовление их ведется путем непрерывного выполнения на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций:
1. Единичное
2. Серийное
3. Индивидуальное
4. Массовое

5. На величину припуска не влияет:
1. Толщина дефектного поверхностного слоя
2. Сумма припусков на черновую обработку
3. Сумма припусков на чистовую обработку
4. Погрешность измерения

6. Основные факторы, влияющие на величину припусков:
1. материал заготовки
2. конфигурация и размеры заготовки
3. вид заготовки и способ её изготовления
4. требования в отношении механической обработки

7.Часть операции, выполняемая при одном закреплении заготовки на станке или в приспособлении:
1. Технологическая операция
2. Установ
3. Технологический переход

4. Вспомогательный переход

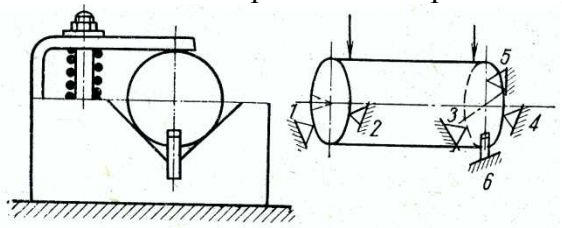
8.Укажите неправильное условие при установлении нормы времени?
1. в норму времени не должно включаться время на исправление забракованных деталей
2. в норму времени не должны быть включены те ручные приемы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка
3. в норму времени должны входить потери времени, из-за каких либо организационных неполадок
4. должны быть применены наиболее эффективные для данной работы приспособления и инструменты

9.Какой материал не используют для изготовлении валов:
1. Высокоуглеродистые стали
2. Низкоуглеродистые стали
3. Конструкционные и легированные стали
4. Чугун

10. Чему равен угол метрической резьбы треугольного профиля?
1. 50°
2. 55°
3. 60°
4. 65°

11. Каким методом в единичном производстве получается требуемый размер?
1.Пробных проходов
2.Автоматического получение требуемого размера
3.Однопроходный
4.Разовый

12.Какой вид базирования изображен на рисунке?




1. базирование призмы в тисках;
2. схема установки детали на поверхность;
3. базирование детали (правило шести точек);
4. базирование цилиндрической детали на призме.

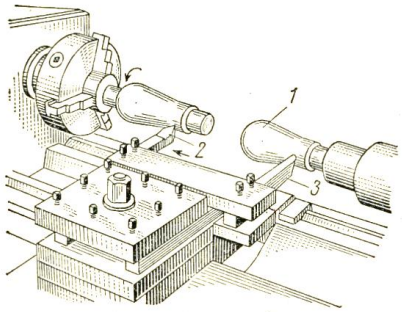
13. Технологической задачей при изготовлении валов не является:
1.Обеспечение заданной точности
2.Обеспечение точности формы
3.Обеспечение точности взаимного расположения поверхностей
4.Обеспечение заданной температуры при обработке

14. Под производственным процессом понимают:
1.Совокупность отдельных процессов, осуществляемых для получения из материалов и заготовок готовых изделий, машин
2.Последовательное изменение формы, размеров и свойств материала в целях получения детали

3.Совокупность отдельных процессов, осуществляемых для получения материалов и заготовок
4.Процесс по изменению и последующему определению состояния предмета производства

**15.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:**
Детали типа валов признаются технологичными, если они отвечают следующим требованиям:
1. возможность вести обработку проходными резцами;
2. увеличение диаметров поверхностей от середины к торцам вала;
3. жесткость вала обеспечивает достижение необходимой точности при обработке;
4. возможность замены открытых шпоночных пазов закрытыми.

16. Что показано на рисунке?




1.Обтачивание фасонной поверхности по копиру.
2.Одновременное обтачивание фасонных поверхностей.
3.Обтачивание фасонной поверхности призматическим резцом.
4.Обтачивание фасонной поверхности упорным резцом.

**Тест 2**

1.Погрешность базирования возникает вследствие:

1. несовмещения установочной базы с измерительной;
2. совмещение технологической, конструкторской и измерительной баз;
3. полное совпадение баз.
4. полное не совпадение баз

2.Основное (технологическое) время для точения на токарных станках:

1. $t_0 = \frac{l*i}{n*s}$ 2. $t_0 = \frac{l}{n*s}$ 3. $t_0 = \frac{l}{3n*s}$ 4. $t_0 = \frac{L}{S_M}$

3.Время технического обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в процессе работы; сюда входит:
1. время на осмотр и опробование станка;
2. время на подналадку и регулировку станка в процессе работы;
3. время на перемещение инструмента;
4. время на измерение

4. Признаком соответствия детали заданным требованиям не является:
1.Точность формы и размеров
2.Точность взаимного расположения поверхностей

3.Степень шероховатости поверхности
4.Время изготовления

5. Вид обработки, применяемый преимущественно для точной обработки отверстий (брусками):
1. Шлифование
2. Хонингование
3. Сверление
4. Фрезерование

6. Выбрать неверное утверждение
1. Конструкция детали должна состоять из унифицированных стандартных элементов
2. Детали могут изготавливаться из любых типов заготовок
3. Размеры и поверхности деталей должны иметь оптимальную точность и шероховатость
4. Метод изготовления должен обеспечивать возможность обработки одновременно нескольких деталей

7.Какой вид термической обработки используется для упрочнения поверхностного слоя деталей:
1. Отпуск
2. Закалка
3. Химико-термическая обработка
4. Закалка ТВЧ

8.Поверхность, от которой при измерении производится непосредственный отсчет размеров.
1. Установочная база
2. Вспомогательная установочная база
3. Измерительная база
4. Сборочная база

9.Тип производства, при котором изделия изготовляются единичными экземплярами разнообразными по конструкции или размерам:
1. массовое
2. Единичное
3. Серийное
4. Поточно-массовое

10.Для чего служит притирка?
1. Для отделочной обработки деталей из цветных металлов и сплавов
2. Для чистовой отделки наружных цилиндрических поверхностей
3. Для окончательной отделки предварительно отшлифованных поверхностей детали
4. Для чистовой обработки поверхности мягким кругом с нанесённым на него мелкозернистым, абразивным порошком

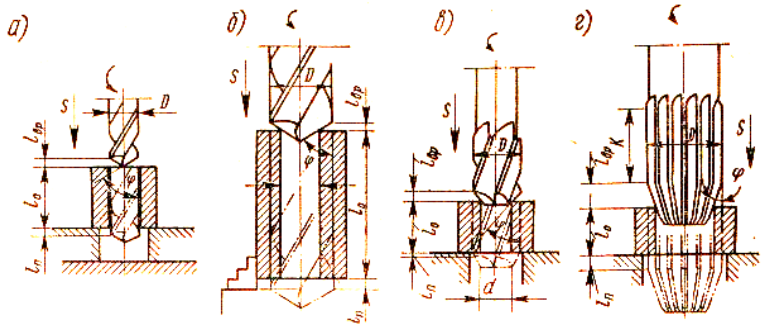
11.По какой формуле определяется основное время резания?
1. $to = \frac{L+y}{So \times n} \times i$;*
2. $to = tп.з. + tус. + tв.о. + tуп. + tиз. + tв. + tшт.$;
3. $to = tус. + tв.о. + tуп. + tиз.$;

4. $to = tшт + \frac{tпз}{n}$.

12. Факторы, не влияющие на величину припусков:
1. Способ обработки
2. Режим резания металла
3. Материал заготовки
4. Материал инструмента

13. Слой металла, подлежащий удалению с поверхности заготовки в процессе обработки для получения готовой детали:
1. Припуск
2. Допуск
3. Напуск
4. Запуск

14. По какой из схем определяют длину прохода инструмента при обработке отверстия методом зенкерования?




Схемы для определения длины прохода инструментов при обработке отверстий

15. Типом производства не является:
1. Серийное
2. Массовое
3. Поточное
4. Единичное

16.Выберите Н**ЕВЕРНОЕ** утверждение:
Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:
1. отверстия с L/D<5;
2. отверстия, расположенные под углом к оси;
3. глухие отверстия с резьбой;
4. открытые с одной или с двух сторон пазы.

**Тест 3**

1.Поверхность, лишающую заготовку или изделие 3-х степеней свободы называют:
1. установочной базой;
2. направляющей базой;
3. опорной базой.
4. двойной направляющей

2.Производство, в котором при достаточном большом кол-ве одинаковых выпусков изделий изготовление их ведется путем непрерывного выполнения на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций:
1. Единичное 2. Серийное 3. Массовое 4. Мелкосерийное

3.Основная характеристика деталей машин или приборов:
1. жесткость;
2. точность;
3. мощность;
4. размер.

4. Поверхность, заменяющая ее совокупность поверхностей, ось, точку детали или сборочной единицы, по отношению к которым ориентируются другие детали, обрабатываемые или собираемые на данной операции:
1.. Плоская
2.. Цилиндрическая
3.. Основная
4.. База

5. К методам обработки плоских поверхностей не относится:
1.. Строгание
2.. Фрезерование
3.. Шлифование
4.. Точение

6.Установочной базой называется поверхность, при установке на которую тело лишается . . . степеней свободы.
1. двух
2. трёх
3. пяти
4. шести

7.Поверхность, которая служит для установки детали при обработке и сопрягается с другой деталью, совместно работающей в собранной машине, или оказывает влияние на работу данной детали в машине называется …. технологической базой.
1. измерительной
2. вспомогательной
3. основной
4. сборочной

8.В чем заключается принцип совмещения баз?
1. В том, что сборочная база является установочной
2. В том, что сборочная база является измерительной
3. В том, что для выполнения всех операций обработки детали используют одну и ту же базу
4. В том, что сборочная база является одновременно установочной и измерительной

9.Поверхность, от которой при измерении производится непосредственный отсчет размеров, называется:
1. Основной установочной базой
2. Сборочной базой
3. Измерительной базой

4. Конструктивной базой

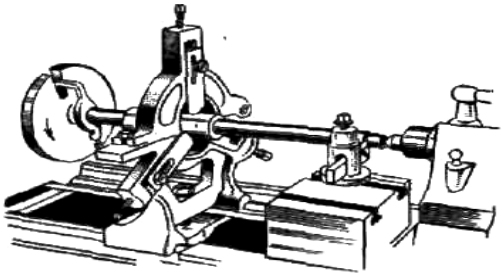
10.Факторы, влияющие на величину припусков:
Материал инструмента
Материал заготовки
Режим резания металла
Способ обработки

11.При обработке наружных поверхностей тел вращения базой для выполнения ряда операций будут являться:
1.. Цилиндрическая поверхность
2.. Торцы детали
3.. Центровые отверстия
4.. Крайние шейки детали

12.Изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций?
**1.** деталь
**2.** сборочная единица
**3.** комплекс
**4.** комплект

13. В результате несоответствия действительных движений заготовки и инструмента движениям, предусмотренным кинематической схемой станка:
1.. Увеличивается шероховатость
2.. Повышается точность изготовления
3.. Снижается время обработки
4.. Возникает погрешность обработки

14. Что изображено на рисунке?



1. Обработка вала на токарном станке в центрах с применением неподвижного люнета
2. Обработка вала на токарном станке в центрах с применением подвижного люнета
3. Установка вала в центрах с поводковым патроном
4. Шлифование вала

15. Вид обработки, осуществляемый с помощью абразивного инструмента:
1.. Точение
2.. Протягивание
3.. Сверление
4.. Шлифование

16.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
Для всех классов деталей признаются нетехнологичными следующие элементы:
1. отверстия с L/D<5;

2. отверстия, расположенные под углом к оси;
3. глухие отверстия с резьбой;
4. открытые с одной или с двух сторон пазы.

**Тест 4**

1.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
Вспомогательное время, связанное с переходом, включает:
1. время на изменение частоты вращения шпинделя;
2. время на изменение величины и направления подачи;
3. время на смену инструмента;
4. получение приспособления исполнителем работы на складе.

2.Поверхность детали ,которая служит только для её установки при обработке, не сопрягается с другой деталью совместно работающей в собранной машине :
1. Основной установочной базой
2. Измерительной установочной базой
3. Конструктивной базой
4. Вспомогательной установочной базой

3.Звено, получаемое при построении размерной цепи последним:
1. конечное звено;
2. замыкающее звено;
3. последнее звено.

4. При обработке наружных поверхностей тел вращения базой для выполнения ряда операций будут являться:
1.Цилиндрическая поверхность
2.Торцы детали
3. Центровые отверстия
4. Крайние шейки детали

5.Явление переноса свойств от предыдущей к последующей операции и сохранение этих свойств называется . .
1. технологическим наследованием
2. техническим наследованием
3. конструктивной наследственностью
4. технологической последовательностью

6.Что неверно?
1. Конструкция детали должна состоять из унифицированных стандартных элементов
2. Детали могут изготавливаться из любых типов заготовок
3. Размеры и поверхности деталей должны иметь оптимальную точность и шероховатость
4. Метод изготовления должен обеспечивать возможность обработки одновременно нескольких деталей

7.Какой способ установки обеспечивает закрепление и придание определенного положения детали для обработки с достаточно высокой точностью и с наименьшей затратой времени?
1. установка детали на столе станка по разметке
2. установка детали в специальном приспособлении
3. установка детали непосредственно на столе станка

4. установка детали в универсальном приспособлении

8. По какой формуле определяется основное (технологическое) время для точения на токарных станках?

1. $t_0 = \frac{l*i}{n*s}$ 2. $t_0 = \frac{l}{n*s}$ 3. $t_0 = \frac{l}{3n*s}$ 4. $t_0 = \frac{L}{S_M}$

9.Норма штучного времени на обработку определяется по формуле:

1. $t_{ШТ} = t_O + t_B + t_{ОБ} + t_ф$

2. $t_{ШТ} = t_O + t_B$

3. $t_{ШТ} = t_{шт} * n + T_{пз}$

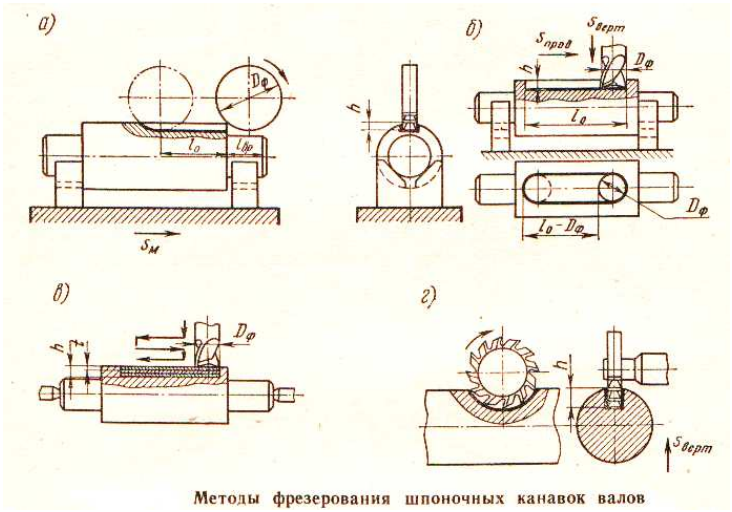
4. $t_{ШТ} = t_O + t_B + t_{Т.ОБ} + t_{О.ОБ} + t_ф$

10.При каком шлифовании деталь не закрепляется в центрах?
1. Шлифование способом поперечной подачи
2. Шлифование абразивной лентой
3. Бесцентровое шлифование
4. Шлифование способом продольной подачи

11.Производство, характеризующееся широкой номенклатурой изготовляемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска:
1.. Массовое
2.. Серийное
3.. Единичное
4.. Широко номенклатурное

12.Законченная часть технологического перехода в виде однократного перемещения инструмента относительно заготовки сопровожденного изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки?
**1.** вспомогательный ход
**2.** рабочий ход
**3.** вспомогательный переход
**4.** технологический переход

13. На каком рисунке указан метод фрезерования шпоночной канавки вала фрезой с маятниковой подачей?



Методы фрезерования шпоночных канавок валов

14. Деталь, содержащая систему отверстий и плоскостей, координированных друг относительно друга:
1. Корпус
2. Станина
3. Стол
4. Подставка

15. Измерительной базой называется:
1.. Поверхность, от которой производится отсчет размеров
2.. Поверхность, которой она устанавливается для обработки в определенном положении, относительно станка
3.. Поверхность, которая определяет положение данной детали относительно других деталей в узле
4.. Обработанная поверхность, которая служит для последующей обработки

16.Погрешность базирования возникает вследствие:
1. не совмещения установочной базы с измерительной;
2. совмещение технологической, конструкторской и измерительной баз;
3. полное совпадение баз.
4. полное не совпадение баз

## Тест 5

1.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
1. отрубка – операция полного отделения части заготовки;
2. прошивка – устранение искажения формы поковок путем пластического деформирования;
3. протяжка – увеличение длины исходной заготовки за счет уменьшения поперечного сечения;
4. осадку применяют для получения поковок с большим поперечным сечением из заготовок меньшего поперечного сечения.

2.Сколько шпинделей имеет фрезерно-центровальный станок?
1.)3 2.)4 3.) 6 4.) 1

3. Производство, характеризующееся широкой номенклатурой изготовляемых или ремонтируемых изделий и малым объемом их выпуска:

1.. Массовое
2.. Серийное
3.. Единичное
4.. Широко номенклатурное

4. При обработке наружных поверхностей тел вращения базой для выполнения ряда операций будут являться:
1.. Цилиндрическая поверхность
2.. Торцы детали
3.. Центровые отверстия
4.. Крайние шейки детали

5.Определить тип производства, если коэффициент загрузки оборудования равен 1 ($К_{з.о.}$= 1).
1. единичное производство
2. мелкосерийное производство
3. массовое производство
4. крупносерийное производство

6.Установочной базой называется поверхность, при установке на которую тело лишается ... степеней свободы.
1. двух
2. трёх
3. пяти
4. шести

7.Какая карта содержит описание технологического процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям различных видов работ в технологической последовательности с указанием данных по оборудованию, оснастке, материальным и трудовым нормативам?
1. карта эскизов
2. маршрутная карта
3. операционная карта
4. карта технологического процесса

8.Время, которое не входит в норму штучного времени и определяется отдельно на всю партию деталей, называется?
1. Подготовительно-заключительное время
2. Оперативное время
3. Основное время
4. Калькуляционное время

9.С какой операции начинается механическая обработка валов из прутка:
1. Центрование
2. Точение
3. Обдирка
4. Разрезание

10.Обтачивание заготовок с точностью обработки шероховатости от *Rz* 80 до *Rz* 40:
1. Черновое

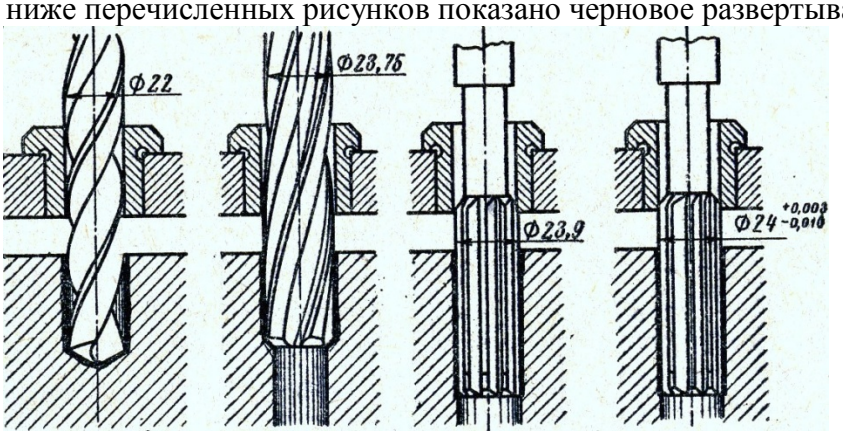
2. Чистовое
3. Чистовое точное и тонкое
4. Чистовое, чистовое точное

11. Принцип совмещения баз заключается в том, что ……
1. для выполнения всех операций используют одну и ту же базу.
2. необходимо совмещать сборочную, установленную измерительную
3. необходимо совмещать чистовую и черновую базу
4. в качестве установочной базы можно использовать только измерительную базу

**12.** Постоянные по значению и знаку погрешности, которые возникают при обработке называют?
1. систематическими
2. случайными
3. систематически постоянными
4. специальными

13.Поверхность, лишающую заготовку или изделие 3-х степеней свободы называют:
1. установочной базой;
2. направляющей базой;
3. опорной базой.
4. двойной направляющей

14.На каком из ниже перечисленных рисунков показано черновое развертывание?




1 2 3 4

15. Процесс, связанный с изменением размеров, формы или свойств материала заготовки, выполняемый в определенной последовательности:
1. Процесс изготовления
2. Технологический процесс
3. Производственный процесс
4. Операционный процесс

16. Факторы, не влияющие на выбор способа получения заготовки:
1. Условия эксплуатации, испытываемые напряжения и нагрузки
2. Материал, геометрическая форма и размеры
3. Экономический фактор и тип производства
4. Время ее изготовления и срок службы парка оборудования

## Тест 6

1.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
1. основные операции ковки – осадка, протяжка, прошивка, отрубка, гибка, правка;
2. из-за невозможности выполнения отдельных элементов детали в участках этих элементов назначают напуск, который удаляют при последующей обработке;
3. ковкой целесообразно выполнять ребра жесткости и выступы на поверхности заготовки;
4. горячая штамповка выполняется на молотах и прессах, открытых и закрытых штампах.

2.Два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначены для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций:
1. деталь 2. Сборочные единицы (узлы) 3. комплекс 4. комплект

3. Степень соответствия изготовленной детали заданным размерам, форме и иным характеристикам:
1. Точность обработки
2. Чистота обработки
3. Погрешность
4. Технологичность

4. Основное и вспомогательное время в сумме составляет:
1. Оперативное время
2. Подготовительно – заключительное время
3. Штучно – калькуляционное время
4. Время организационного обслуживания

5.Вал не технологичен, если:
1. отношение длины вала к его диаметру меньше 10
2. отношение длины вала к его диаметру больше 10
3. отношение длины вала к его диаметру равно 1
4. отношение длины вала к его диаметру больше 5

6.Как определяется коэффициент серийности?
1. $К_с = \frac{\tau}{T_{ср}}$ 2. $К_с = \frac{T_{ср}}{\tau}$ 3. $К_с = \frac{\tau}{T_{ср} + \tau}$ 4. $К_с = \frac{T_o}{T_{ср}}$

7.Процесс чистовой обработки поверхности мягким кругом (например фетровым) с нанесенным на него мелкозернистым абразивным порошком, смешанным со смазкой называется:
1. шлифование
2. суперфиниш
3. полирование
4. выглаживание

8. $t_B = \frac{60 \times Fa \times m}{D}$; что характеризует данная формула?
1. Величина такта выпуска при поточно-серийном производстве
2. Величина такта выпуска при поточно-массовом производстве
3. Величина такта выпуска при переменно-серийном производстве

4. Величина такта выпуска при единичном производстве

9.Время нарезания резьбы резцом определяется:

1. $t_O = \frac{l + l_{bp} + l_n}{n * S} * g$
2. $t_O = \frac{l + l_{bp} + l_n}{n_P * S} * i + \frac{l + l_{вр} + l_п}{n_o * S} * i$
3. $t_O = \frac{(l_o + l_{bp} + l_n)}{n * S}$
4. $t_O = \frac{(l_o + l_{bp} + l_n) * П * Д_H}{S * S_O * n_p * z_p} * i$

10.Содержание маршрутной карты:
1. содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям различных видов работ втехнолог. последовательности и указанием данных по оборудованию, оснастке и т. п..
2. содержит графическую иллюстрацию тех. процесса изготовления детали.
3. содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям отдельного вида работ.
4. содержит описание операции тех. процесса изготовления изделия с расчленением по переходам и указанием данных по оборудованию, оснастке и т. п.

11. Вид отделочной обработки цилиндрических наружных поверхностей деталей колеблющимися брусками:
1. Бесцентровое шлифование
2. Хонингование
3. Суперфиниш
4. Шлифование способом продольной подачи

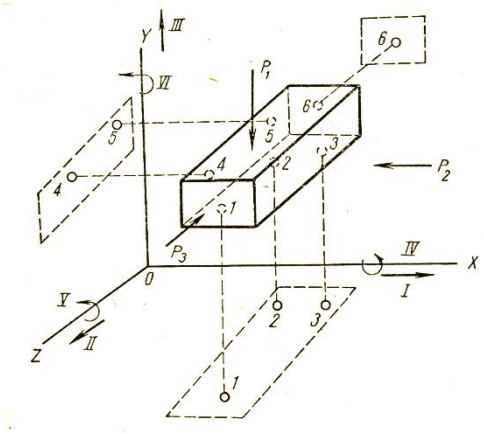
**12.** Слой материала, удаляемый с заготовки для достижения заданной точности и качества обрабатываемой поверхности называют?
**1.**общий припуск
**2.** допуск
**3.** предварительный допуск
**4.** промежуточный припуск

13. Производство, в котором при достаточно большом количестве одинаковых изделий изготовление их ведется путем непрерывного выполнения на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций:
1. Единичное
2. Серийное
3. Индивидуальное
4. Массовое

14. В состав вспомогательного времени не входит:
1. Время управления станком и перемещения инструмента
2. Время на установку, закрепление и снятие приспособления, инструмента и детали
3. Время на приемы измерения

4. Подготовительно – заключительное время
15.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
Вспомогательное время, связанное с переходом, включает:
1. время на изменение частоты вращения шпинделя;
2. время на изменение величины и направления подачи;
3. время на смену инструмента;
4. получение приспособления исполнителем работы на складе.

16. Что изображено на рисунке?




1. Измерительные, технологические, конструкторские, основные и вспомогательные базы.
2. Схема базирования детали (правило 6 точек).
3. Измерительные, технологические базы.
4. Измерительные, технологические, конструкторские базы.

**Тест 7**

1. Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:

1. время перерывов на отдых исчисляется суммарно в % к оперативному времени;
2. в массовом производстве настройку станка, инструмента и приспособлений и подготовку рабочего места до начала рабочей смены производит сам станочник;
3. в основное время входит время, затрачиваемое на врезание и перебег инструмента;
4. время на приемы измерения детали – вспомогательное время.

2.Сборка, при которой надлежащая посадка соединяемых деталей, изготовленных также по предельным калибрам, но с большими допусками, путем предварительного подбора их по размерам:
1. Сборка с полной взаимозаменяемостью
2. Сборка с неполной взаимозаменяемостью
3. Индивидуальный подбор
4. Групповой подбор

3. Поверхность детали, которой она устанавливается для обработки относительно станка (приспособления) и режущего инструмента:
1.. Вспомогательная база
2.. Измерительная база
3.. Сборочная база

4.. Установочная база
4. К классу втулок не относятся:

1. Вкладыши
2. Гильзы
3. Буксы
4. Диски

5.Уменьшение высоты заготовки за счёт увеличения площади поперечного сечения - это:
1. раскатка
2. отрубка
3. высадка
4. осадка

6.Как определяется такт выпуска деталей?

1. $\tau = \frac{60 \cdot F_g \cdot m}{N}$ 2. $\tau = \frac{60 \cdot F_g \cdot m \cdot a}{N}$ 3. $\tau = \frac{60 \cdot T_o}{F_g \cdot m}$ 4. $\tau = \frac{N}{60 \cdot F_g \cdot m}$

7.По какой из указанных формул определяется основное технологическое время при точении?

1. $t_o = \frac{l \cdot s}{n \cdot i}$ 3. $t_o = \frac{s \cdot i}{n \cdot l}$ 2. $t_o = \frac{l \cdot n}{i \cdot s}$ 4. $t_o = \frac{l \cdot i}{n \cdot s}$

8.На какие две группы делятся припуски?
1. Общие и межоперационные
2. Главные и второстепенные
3. основные и промежуточные
4. Большие и маленькие

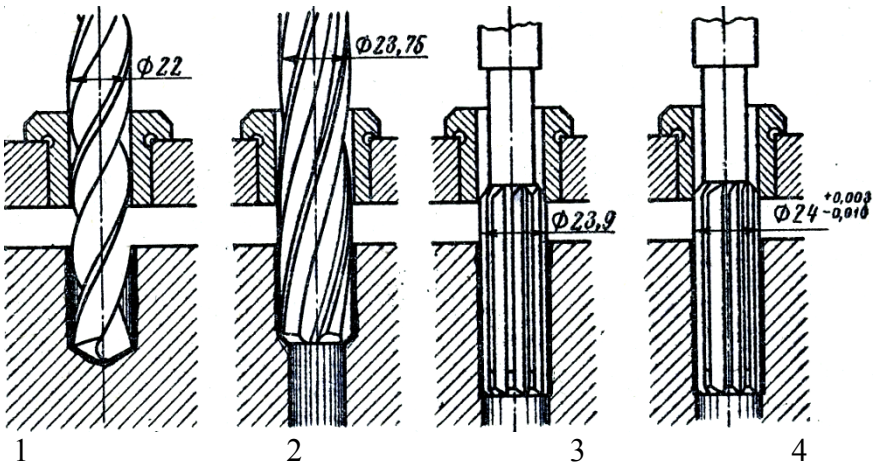
9.Вид отделочной обработки цилиндрических поверхностей деталей
1. Бесцентровое шлифование:
2. Шлифование абразивной лентой
3. Суперфиниш
4. Шлифование способом продольной подачи

10. Производство, в котором при достаточном большом кол-ве одинаковых изделий изготовление их ведется путем непрерывного выполнения на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций:
1. Единичное
2. Серийное
3. Массовое
4. Мелкосерийное

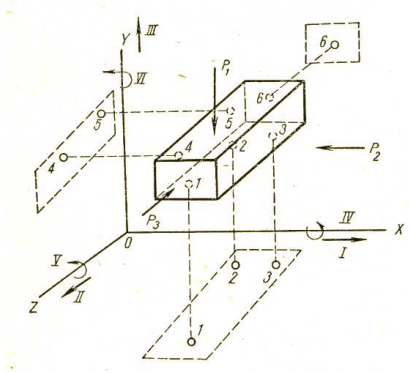
11. Часть операции, выполняемая при одном закреплении заготовки на станке или в приспособлении:
1. Технологическая операция
2. Установ
3. Технологический переход

4. Вспомогательный переход

12.На каком из ниже перечисленных рисунков показано черновое развертывание?




13.Что изображено на рисунке?




1. Измерительные, технологические, конструкторские, основные и вспомогательные базы.
2. Схема базирования детали (правило 6 точек).
3. Измерительные, технологические базы.
4. Измерительные, технологические, конструкторские базы.

14. Признаком соответствия детали заданным требованиям не является:
1. Точность формы и размеров
2. Точность взаимного расположения поверхностей
3. Степень шероховатости поверхности
4. Время изготовления

15. Детали класса валов  с небольшим перепадом диаметров большей частью изготавливают из:
1. Проката
2. Поковок
3. Штамповок
4. Отливок

16.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:

1. в норму времени не должны входить потери из-за каких-либо организационных неполадок;
2. в норму времени должны быть включены те ручные приемы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка;
3. под техническим нормированием понимается установление нормы времени на выполнение определенной работы или нормы выработки в штуках в единицу времени;
4. техническая норма времени служит основой для оплаты работы, калькуляции себестоимости детали или изделия.

**Тест 8**

1.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:

1. время перерывов на отдых исчисляется суммарно в % к оперативному времени;
2. в массовом производстве настройку станка, инструмента и приспособлений и подготовку рабочего места до начала рабочей смены производит сам станочник;
3. в основное время входит время, затрачиваемое на врезание и перебег инструмента;
4. время на приемы измерения детали – вспомогательное время.

2.Определение Оперативного времени осуществляется суммой:
1. Основное и вспомогательное
2. Основное и подготовительно-заключительное время
3. Основное и время управление станком
4. Основное, вспомогательное и подготовительно-заключительное время

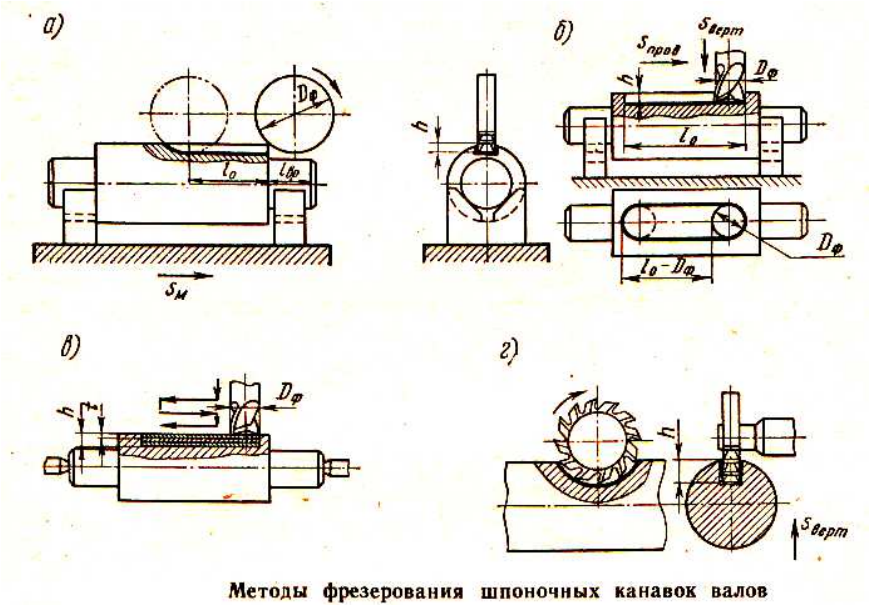
3. Заготовками для изготовления деталей машин не служат:
1. Отливки чугунные, стальные, из цветных металлов, из пластмасс
2. Поковки и штамповки
3. Прокат стали и цветных металлов
4. Прокат чугуна

4. Припуск на обработку равен:
1. Разности размера заготовки и размера готовой детали
2. Сумме размера заготовки и размера готовой детали
3. Произведению размера заготовки и размера готовой детали
4. Разности размера заготовки к размеру готовой детали

5.Поверхности, относительно которых при обработке задаётся расстояние до инструмента, есть . . .
1. технологические базы
2. конструкторские базы
3. измерительные базы
4. эксплуатационные базы

6.Какой материал используют при изготовлении валов:
1. Высокоуглеродистые стали
2. Низкоуглеродистые стали
3. Конструкционные и легированные стали
4. Чугун

7.На каком рисунке указан метод фрезерования шпоночной канавки вала фрезой с маятниковой подачей?




Методы фрезерования шпоночных канавок валов

8. Во Время организационного обслуживания рабочего места в течение смены; входит:
1. время управления станком - пуск в ход, останов, перемена скорости и подачи и т. д.
2. время на правку инструмента оселком (резца или алмазом (шлифовального; круга) в процессе работы;
3. время на смену затупившегося инструмента;
4. время на чистку и смазку станка.

9.Часть операции, выполняемая при одном закреплении заготовки на станке или в приспособлении:
1. Технологическая операция
2. Установ
3. Технологический переход
4. Вспомогательный переход

10.Основное (технологическое) время при точении

1. $t_0 = \frac{l*i}{n*s}$ 2. $t_0 = \frac{l}{n*s}$ 3. $t_0 = \frac{l}{3n*s}$ 4. $t_0 = \frac{L}{S_M}$

11. Какой вид термической обработки используется для упрочнения поверхностного слоя деталей:
1. Отпуск
2. Закалка
3. Химико-термическая обработка
4. Закалка ТВЧ

12. Увеличение шероховатости при уменьшении скорости резания происходит в результате:
1. образования налета
2. образования наклепа
3. образования нароста
4. усадки стружки

13. При обработке наружных поверхностей тел вращения базой для выполнения ряда операций будут являться:
1.. Цилиндрическая  поверхность
2.. Торцы детали
3.. Центровые отверстия
4.. Крайние шейки детали

14. На величину припуска не влияет:
1.. Толщина дефектного поверхностного слоя
2.. Сумма припусков на черновую обработку
3.. Сумма припусков на чистовую обработку
4.. Погрешность измерения

15.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
1. в норму времени не должны входить потери из-за каких-либо организационных неполадок;
2. в норму времени должны быть включены те ручные приемы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка;
3. под техническим нормированием понимается установление нормы времени на выполнение определенной работы или нормы выработки в штуках в единицу времени;
4. техническая норма времени служит основой для оплаты работы, калькуляции себестоимости детали или изделия.

16.Штучное время при неавтоматизированном производстве?

**1.** $t_ш = t_о + t_В + t_Т + t_{орг}$

**2.** $t_ш = t_о + t_В + t_Т + t_{орг} + t_П$

**3.** $t_ш = t_В + t_Т + t_{орг} + t_П$

**4.** $t_ш = t_о + t_В + t_Т + t_П$

## Тест 9

1.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
1. на точность механической обработки деталей влияют температурные деформации детали и инструмента, вызванные их нагревом;
2. на точность механической обработки влияет износ режущего инструмента;
3. неточность обработки возможна из-за деформаций, возникающих под влиянием внутренних напряжений в материале детали;
4. внутренние напряжения появляются в результате равномерного охлаждения отдельных частей заготовок, изготовленных литьем, ковкой, штамповкой и т. д.

2.Основные факторы, влияющие на величину припусков:
1. материал заготовки
2. конфигурация и размеры заготовки
3. вид заготовки и способ её изготовления
4. требования в отношении механической обработки

3. Интервалом времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования и типоразмера, называется:
1. Среднее штучное время
2. Основное время
3. Такт выпуска
4. Фонд рабочего времени

4. Метод сверхточной чистовой обработки:
1. Шлифование
2. Хонингование
3. Протягивание
4. Суперфиниш

5.Тип производства, при котором изделия изготовляются единичными экземплярами разнообразными по конструкции или размерам:
1. массовое 2. Единичное 3. Серийное 4. Поточно-массовое

6. Законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента, поверхностей, образуемых обработкой, или режима резания – это . . .
1. технологический ход
2. вспомогательный переход
3. технологический переход
4. вспомогательный ход

7.В каком виде заготовки припуски на обработку меньше?
1. литье
2. ковка
3. прокат
4. штамповка

8.Содержание маршрутной карты:
1. содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям различных видов работ втехнолог. последовательности и указанием данных по оборудованию, оснастке и т. п..
2. содержит графическую иллюстрацию тех. процесса изготовления детали.
3. содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям отдельного вида работ.
4. содержит описание операции тех. процесса изготовления изделия с расчленением по переходам и указанием данных по оборудованию, оснастке и т. п.

9.Какой вид термической обработки используется для упрочнения поверхностного слоя деталей:
1. Отпуск
2. Закалка
3. Химико-термическая обработка
4. Закалка ТВЧ

10.Поверхность детали, которая служит только для её установки при обработке, не сопрягается с другой деталью совместно работающей в собранной машине:
1. Основной установочной базой
2. Измерительной установочной базой

3. Конструктивной базой
4. Вспомогательной установочной базой

11.Необходимое количество опор при установке детали по плоскости

1. 3 2. 8 3. 15 4. 6

12. Фиксированное положение, занимаемое закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции?
1. установ
2. позиция
3. зажим
4. положение

13. Основное и вспомогательное время в сумме составляет:
1.. Оперативное время
2.. Подготовительно – заключительное время
3.. Штучно – калькуляционное время
4.. Время организационного обслуживания

14. Вид обработки, применяемый преимущественно для точной обработки отверстий (брусками):
1.. Шлифование
2.. Хонингование
3.. Сверление
4.. Фрезерование

15.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
1. на точность механической обработки деталей влияют температурные деформации детали и инструмента, вызванные их нагревом;
2. на точность механической обработки влияет износ режущего инструмента;
3. неточность обработки возможна из-за деформаций, возникающих под влиянием внутренних напряжений в материале детали;
4. внутренние напряжения появляются в результате равномерного охлаждения отдельных частей заготовок, изготовленных литьем, ковкой, штамповкой и т.д.

16.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
1. время перерывов на отдых исчисляется суммарно в % к оперативному времени;
2. в массовом производстве настройку станка, инструмента и приспособлений и подготовку рабочего места до начала рабочей смены производит сам станочник;
3. в основное время входит время, затрачиваемое на врезание и перебег инструмента;
4. время на приемы измерения детали – вспомогательное время.

**Тест10**

1.Что неверно?
1. Конструкция детали должна состоять из унифицированных стандартных элементов
2. Детали могут изготавливаться из любых типов заготовок
3. Размеры и поверхности деталей должны иметь оптимальную точность и шероховатость
4. Метод изготовления должен обеспечивать возможность обработки одновременно нескольких деталей

2.Качество обрабатываемой поверхности характеризуется:
1. физическими свойствами поверхностного металла;
2. физико-химическими свойствами поверхностного металла;
3. физико-механическими свойствами поверхностного слоя металла;
4. механическими свойствами поверхностного металла.

3. Технологической задачей при изготовлении валов не является:
1. Обеспечение заданной точности
2. Обеспечение точности формы
3. Обеспечение точности взаимного расположения поверхностей
4. Обеспечение заданной температуры при обработке

4. Корпусные массивные детали не изготавливают из заготовок, полученных из:
1. Серого и ковкого чугунов
2. Углеродистой стали
3. Модифицированного чугуна
4. Черной пластмассы

5.При черновой обработке точность после развёртывания будет . . .

1. JT11
2. JT14
3. JT8
4. JT4

6.Поверхность, от которой при измерении производится непосредственный отсчет размеров, называется:
1. Основной установочной базой
2. Сборочной базой
3. Измерительной базой
4. Конструктивной базой

7.Заготовками для изготовления деталей машин не служат:
1. Отливки чугунные, стальные, из цветных металлов, из пластмасс
2. Поковки и штамповки
3. Прокат из стали и цветных металлов
4. Прокат из чугуна

8.Обтачивание заготовок с точностью обработки до шероховатости от Rz 80 до Rz 40:
1. Черновое
2. Чистовое
3. Чистовое точное и тонкое
4. Чистовое, чистовое точное

9.Какой материал используют при изготовлении валов:
1. Высокоуглеродистые стали
2. Низкоуглеродистые стали
3. Конструкционные и легированные стали
4. Чугун

10.Сколько шпинделей имеет фрезерно-центровальный станок?

1. 3  2. 4  3. 6  4. 1

11.Что не относится к процессу обработки заготовок деталей машин резанием?
1. Протягивание
2. Волочение
3. Хонингование
4. Доводка

12.Штучное время при неавтоматизированном производстве?
**1.** $t_ш = t_o + t_B + t_T + t_{орг}$
**2.** $t_ш = t_o + t_B + t_T + t_{орг} + t_П$
**3.** $t_ш = t_B + t_T + t_{орг} + t_П$
**4.** $t_ш = t_o + t_B + t_T + t_П$

13. К классу втулок не относятся:
1. Вкладыши
2. Гильзы
3. Буксы
4. Диски

14. Поверхность детали, которая, служит для установки детали при обработке и сопрягается с другой деталью, совместно работающей в собранной машине, или оказывает влияние на работу данной детали в машине, называется?
1. Основной
2. Установочной
3. Вспомогательной
4. Измерительной

15. Изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций?
1. деталь
2. сборочная единица
3. комплекс
4. комплект

16.Выберите НЕВЕРНОЕ утверждение:
1. в норму времени не должны входить потери из-за каких-либо организационных неполадок;
2. в норму времени должны быть включены те ручные приемы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка;
3. под техническим нормированием понимается установление нормы времени на выполнение определенной работы или нормы выработки в штуках в единицу времени;
4. техническая норма времени служит основой для оплаты работы, калькуляции себестоимости детали или изделия.

## Тест 11

1.В зависимости от привода молоты могут быть механические, электрические, гидравлические, пневматические, паровоздушные, магнитные.Каких молотов нет?

1. механических, электрических
2. паровоздушных, магнитных
3. пневматических
4. электрических, магнитных

2.Чем выше точность заготовок:
1. тем меньше число операций их механической обработки и тем ниже точность готовых деталей.
2. тем больше число операций их механической обработки и тем выше точность готовых деталей.
3. тем больше число операций их механической обработки и тем ниже точность готовых деталей.
4. тем меньше число операций их механической обработки и тем выше точность готовых деталей.

3. Слой металла, подлежащий удалению с поверхности заготовки в процессе обработки для получения готовой детали:
1. Припуск
2. Допуск
3. Напуск
4. Запуск

4. Типом производства не является:
1. Серийное
2. Массовое
3. Поточное
4. Единичное

5.Тип производства, при котором изделия изготовляются единичными экземплярами разнообразными по конструкции или размерам:
1. массовое 2. Единичное 3. Серийное 4. Поточно-массовое

6. В результате несоответствия действительных движений заготовки и инструмента движениям, предусмотренным кинематической схемой станка:
1. Увеличивается шероховатость
2. Повышается точность изготовления
3. Снижается время обработки
4. Возникает погрешность обработки

7.Уменьшение высоты заготовки за счёт увеличения площади поперечного сечения - это:
1. раскатка
2. отрубка
3. высадка
4. осадка

8.Норма штучного времени на обработку определяется по формуле:

1. $t_{ШТ} = t_O + t_B + t_{ОБ} + t_ф$
2. $t_{ШТ} = t_O + t_B$

3. $T_{ШТ} = t_{шт} * n + T_{пз}$

4. $t_{ШТ} = t_O + t_B + t_{Т.ОБ} + t_{О.ОБ} + t_ф$

9.Укажите какое время не входит во вспомогательное?

1. время на перемещение инструмента
2. время на установку, закрепление и снятие приспособления, инструмента и детали во время работы
3. время на смену затупившегося инструмента
4. время на приемы измерения детали

10.Основное (технологическое) время при фрезеровании

1. $t_0 = \frac{l*i}{n*s}$ 2. $t_0 = \frac{l}{n*s}$ 3. $t_0 = \frac{l}{3n*s}$ 4. $t_0 = \frac{L}{S_M}$

11.Определение оперативного времени осуществляется суммой:
1. Основное и вспомогательное
2. Основное и подготовительно-заключительное время
3. Основное и время управление станком
4. Основное, вспомогательное и подготовительно-заключительное время

12.Повышение твердости поверхностного слоя детали после обработки называется
1. нарост
2. наклеп
3. усадка
4. остаточные напряжения

13.Поверхности детали, которыми она устанавливается для обработки в определенном положении относительно станка (приспособления) и режущего или другого рабочего инструмента называется:
1. установочными базами
2. вспомогательными базами
3. измерительными базами
4. сборочными базами

14. Решающим фактором при выборе станка является:
1. экономичность процесса обработки
2. наименьшие затраты времени на обработку
3. необходимость использования имеющихся станков
4. соответствие основных размеров станка количеству деталей, подлежащих обработке

15. Метод сверхточной чистовой обработки цилиндрической поверхности:
1. Шлифование
2. Хонингование
3. Протягивание
4. Суперфиниш

16. При обработке заготовок зубчатых колес чистовой технологической базой является?
1. поверхность зубьев колеса
2. посадочное отверстие
3. шпоночный паз

4. наружный диаметр

**Тест 12**

1.Установочной базой называется поверхность, при установке на которую тело лишается . ... степеней свободы.
1. двух
2. трёх
3. пяти
4. шести

2.Время организационного обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в течение смены; сюда входит:
1. время управления станком, пуск в ход, останов, перемена скорости и подачи и т.д.
2. время на правку инструмента оселком (резца или алмазом (шлифовального; круга) в процессе работы;
3. время на смену затупившегося инструмента;
4. время на чистку и смазку станка .

3. Вид обработки, осуществляемый с помощью абразивного инструмента:
1. Точение
2. Протягивание
3. Сверление
4. Шлифование

4. Измерительной базой называется:
1. Поверхность, от которой производится отсчет размеров
2. Поверхность, которой она устанавливается для обработки в определенном положении, относительно станка
3. Поверхность, которая определяет положение данной детали относительно других деталей в узле
4. Обработанная поверхность, которая служит для последующей обработки

5.Поверхности, относительно которых при обработке задаётся расстояние до инструмента, есть . . .
1. технологические базы
2. конструкторские базы
3. измерительные базы
4. эксплуатационные базы

6.Какая карта содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям отдельного вида работ, выполняемых в одном цехе в технологичной последовательности, суказаниям данных по оборудованию, оснастке, материалам и трудовым нормативам:
1. Карта эскизов
2. Маршрутная карта
3. Оперативная карта
4. Карта технологического процесса

7.Режим резания металла включает в себя следующие определяющие его основные элементы, укажите неправильный элемент.
1. число оборотов шпинделя станка

2. подача
3. глубина резания
4. сила резания

8.Производство, в котором при достаточном большом кол-ве одинаковых выпусков изделий изготовление их ведется путем непрерывного выполнения на рабочих местах одних и тех же постоянно повторяющихся операций:
1. Единичное
2. Серийное
3. Массовое
4. Мелкосерийное

9.Поверхность, от которой при измерении производится непосредственный отсчет размеров, называется:
1. Основной установочной базой
2. Сборочной базой
3. Измерительной базой
4. Конструктивной базой

10.Что называют технологическим процессом:
1. это последовательность изготовления детали из заготовки;
2. это совокупность отдельных процессов, осуществляемых для получения из материалов и полуфабрикатов готовых машин;
3. это процесс сборки или разборки оборудования подлежащего ремонту;
4. это процесс обработки заготовки на металлорежущих станках.

11.В каких случаях можно не учитывать погрешность закрепления заготовки:
1. при совмещении технологической и конструкторской баз
2. при совмещении технологической и измерительной баз
3. при совмещении технологической и эксплуатационной баз
4. при совмещении всех баз

12. Общий (суммарный) припуск включает в себя:
1. толщину дефектного поверхностного слоя, подлежащего снятию за первый черновой проход режущего инструмента
2. суммы припусков на все промежуточные операции, учитывающие влияние ряда факторов (погрешность формы, пространственное отклонение, погрешность установки, операционные допуски на размеры, класс шероховатости поверхности и т.п.)
3. величину отрицательного отклонения от номинального размера заготовки
4. все выше перечисленные величины

13. Корпусные массивные детали не изготавливают из заготовок, полученных из:
1. Серого и ковкого чугунов
2. Углеродистой стали
3. Модифицированного чугуна
4. Черной пластмассы

14. В чем заключается принцип совмещения баз?

1. В том, что сборочная база является установочной
2. В том, что сборочная база является измерительной

3. В том, что для выполнения всех операций обработки детали используют одну и ту же базу
4. В том, что сборочная база является одновременно установочной и измерительной

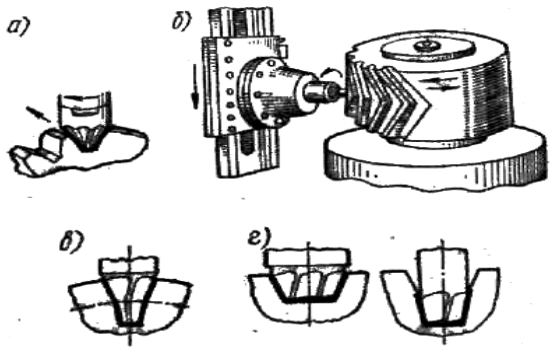
15. Погрешности которые возникают при обработке постоянные по значению и знаку называют?
1. систематическими
2. случайными
3. систематически постоянными
4. специальными

16. Факторы, не влияющие на выбор способа получения заготовки:
1.. Условия эксплуатации, испытываемые напряжения и нагрузки
2.. Материал, геометрическая форма и размеры
3.. Экономический фактор и тип производства
4.. Время ее изготовления и срок службы парка оборудования

**Тест13**

1.На рисунке приведены эскизы нарезания зубчатых колёс пальцевыми фрезами.

На каком эскизе изображено черновое нарезание двууглловой фрезой?




1. а 2. б 3. в 4. г

2. Погрешности, допущенные в размерах и форме деталей и их взаимном расположении называют:
1. арифметическая погрешность:
2. случайная погрешность;
3. геометрическая погрешность;
4. систематическая погрешность.

3. Деталь, содержащая систему отверстий и плоскостей, координированных друг относительно друга:
1. Корпус
2. Станина
3. Стол
4. Подставка

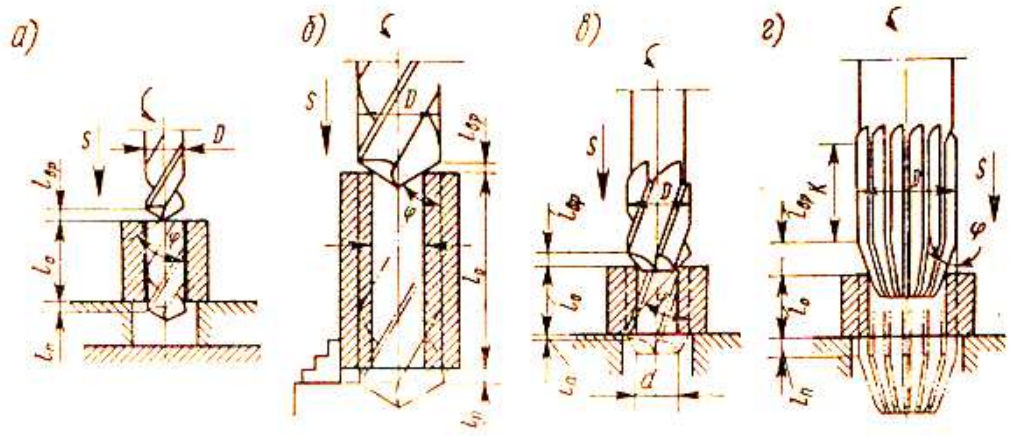
4. Факторы, не влияющие на выбор способа получения заготовки:
1. Условия эксплуатации, испытываемые напряжения и нагрузки
2. Материал, геометрическая форма и размеры

3. Экономический фактор и тип производства
4. Время ее изготовления и срок службы парка оборудования

5. Законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента, поверхностей, образуемых обработкой, или режима резания – это .
.
1. технологический ход
2. вспомогательный переход
3. технологический переход
4. вспомогательный ход

6.С какой операции начинается механическая обработка валов:
1. Центрование 2. Правка 3. Обдирка 4. Разрезание

7. По какой из схем определяют длину прохода инструмента при обработке отверстия методом зенкерования?



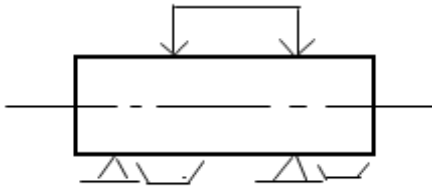

8. Поверхность детали, которая служит только для её установки при обработке, не сопрягается с другой деталью совместно работающей в собранной машине:
1. Основной установочной базой
2. Измерительной установочной базой
3. Конструктивной базой
4. Вспомогательной установочной базой

9.Какая карта содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям отдельного вида работ, выполняемых в одном цехе в технологичной последовательности, суказаниям данных по оборудованию, оснастке, материалам и трудовым нормативам:
1. Карта эскизов
2. Маршрутная карта
3. Оперативная карта
4. Карта технологического процесса

10.Что называют основной установочной базой?
1. такие поверхности детали, которыми она устанавливается для обработки в определенном положении, относительно станка;

2. поверхность детали, которая служит для установки детали при обработке и сопрягается с другой деталью, совместно работающей в собранной машине, или оказывает влияние на работу данной детали в машине;
3. поверхность детали, которая служит только для её установки при обработке, не сопрягается с другой деталью, совместно работающей в собранной машине, и не оказывает влияние на работу данной детали в машине;
4. поверхность, от которой при измерении производится непосредственный отчет размеров.

11.Сколько степеней свободы лишена деталь при следующей схеме базирования
1. 6 2. 5 3. 3 4. 4



12. Степень соответствия изготовленной детали заданным размерам, форме и иным характеристикам:
1. Точность обработки
2. Чистота обработки
3. Погрешность
4. Технологичность

13. Процесс, связанный с изменением размеров, формы или свойств материала заготовки, выполняемый в определенной последовательности:
1. Процесс изготовления
2. Технологический процесс
3. Производственный процесс
4. Операционный процесс

14. По какой формуле определяется основное (технологическое) время для точения на токарных станках?

1. $t_0 = \frac{l*i}{n*s}$ 2. $t_0 = \frac{l}{n*s}$ 3. $t_0 = \frac{l}{3n*s}$ 4. $t_0 = \frac{L}{S_M}$

15. Слой материала удаляемый для достижения заданной точности и качества обрабатываемой поверхности называют?
1. припуск
2. окончательная термическая обработка
3. предварительная термическая обработка
4. промежуточная термическая обработка

16. Признаком соответствия детали заданным требованиям не является:
1. Точность формы и размеров
2. Точность взаимного расположения поверхностей
3. Степень шероховатости поверхности
4. Время изготовления

## Тест 14

1.При черновой обработке точность после сверления будет . .

1. JT11  2.JT14  3.JT8  4.JT4

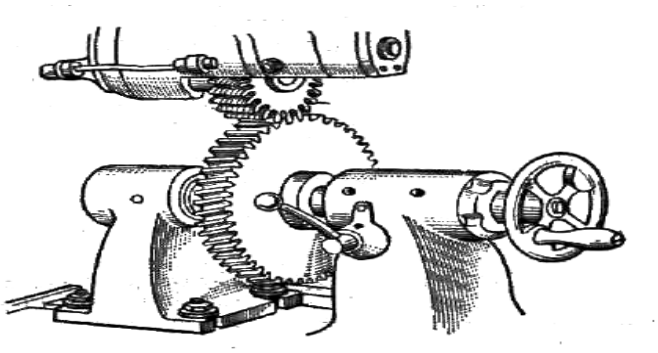
2. При установлении нормы времени необходимо обеспечить следующие условия:
1. в норму времени должны быть включены те ручные приемы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка, т.е перекрыты машинным временем;
2. в норму времени должно включаться время на исправление забракованных деталей или на изготовление взамен их новых;
3. должны быть применены наиболее эффективные для данной работы приспособления и инструменты.

3. Процесс, связанный с изменением размеров, формы или свойств материала заготовки, выполняемый в определенной последовательности:
1. Процесс изготовления
2. Технологический процесс
3. Производственный процесс
4. Операционный процесс

4. В состав вспомогательного времени не входит:
1. Время управления станком и перемещения инструмента
2. Время на установку, закрепление и снятие приспособления, инструмента и детали
3. Время на приемы измерения
4. Подготовительно – заключительное время

5.Слой металла, подлежащий удалению с поверхности заготовки в процессе обработки для получения готовой детали:
1. Припуск
2. Допуск
3. Напуск
4. Запуск

6. Какой вид отделки зубчатых колёс показан на рисунке?



1. Обкатка
2. Шевингование
3. Шлифование
4. Хонингование

7.Время нарезания резьбы резцом:

1. $t_O = \frac{l + l_{bp} + l_n}{n * S} * g$
2. $t_O = \frac{l + l_{bp} + l_n}{n_P * S} * i + \frac{l + l_{вр} + l_n}{n_o * S}_n * i$
3. $t_O = \frac{(l_o + l_{bp} + l_n)}{n * S}$
4. $t_O = \frac{(l_o + l_{bp} + l_n) * П * Д_H}{S * S_O * n_p * z_p} * i$

8.Сколько шпинделей имеет фрезерно-центровальный станок?
1. 3 2.4 3. 6 4. 1

9.Время нарезания резьбы на валах определяется:

1. $t_O = \frac{l + l_{bp} + l_n}{n * S} * g$
2. $t_O = \frac{l + l_{bp} + l_n}{n_P * S} * i + \frac{l + l_{вр} + l_n}{n_o * S}_n * i$
3. $t_O = \frac{(l_o + l_{bp} + l_n)}{n * S}$
4. $t_O = \frac{(l_o + l_{bp} + l_n) * П * Д_H}{S * S_O * n_p * z_p} * i$

10.Поверхность, от которой при измерении производится непосредственный отсчет размеров, называется:
1. Основной установочной базой
2. Сборочной базой
3. Измерительной базой
4. Конструктивной базой

11.Как называется установочная база детали, которая служит только для её установки?
1. Установочная
2. Вспомогательная
3. Основная
4. Измерительная

12. Заготовками для изготовления деталей машин не служат:
1.. Отливки чугунные, стальные, из цветных металлов, из пластмасс
2.. Поковки и штамповки
3.. Прокат из стали и цветных металлов
4.. Прокат из чугуна

13. Признаком соответствия детали заданным требованиям не является:
1.. Точность формы и размеров
2.. Точность взаимного расположения поверхностей
3.. Степень шероховатости поверхности

4.. Время изготовления

14.Время, которое не входит в норму штучного времени и определяется отдельно на всю партию деталей, называется?
1. Подготовительно-заключительное время
2. Оперативное время
3. Основное время
4. Калькуляционное время**.**

15.Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, называется?
1. производственно-технологическим процессом
2. технологическим процессом
3. производственным процессом
4. технологической операцией

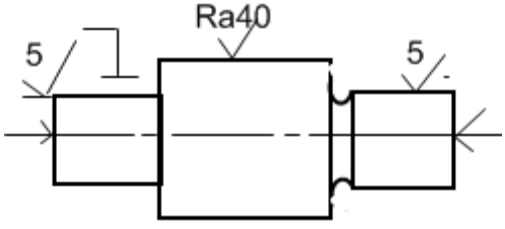
16. Законченная часть технологического перехода в виде однократного перемещения инструмента относительно заготовки сопровожденного изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки?
1. вспомогательный ход
2. рабочий ход
3. вспомогательный переход
4. технологический переход

## Тест 15

1.Детали типа валов признаются технологичными, если они отвечают следующим требованиям:
1. возможность вести обработку проходными резцами;
2. увеличение диаметров поверхностей от середины к торцам вала;
3. жесткость вала обеспечивает достижение необходимой точности при обработке (*l*:*d*<15 ... 17).;
4. возможность замены закрытых шпоночных пазов открытыми.

2.Содержание маршрутной карты:
1. содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям различных видов работ в технолог.последовательности и указанием данных по оборудованию, оснастке и т. п.
2. содержит графическую иллюстрацию тех. процесса изготовления детали.
3. содержит описание тех. процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям отдельного вида работ.
4. содержит описание операции тех. процесса изготовления изделия с расчленением по переходам и указанием данных по оборудованию, оснастке и т. п.

3. Сколько основных переходов потребуется для обработки валика:

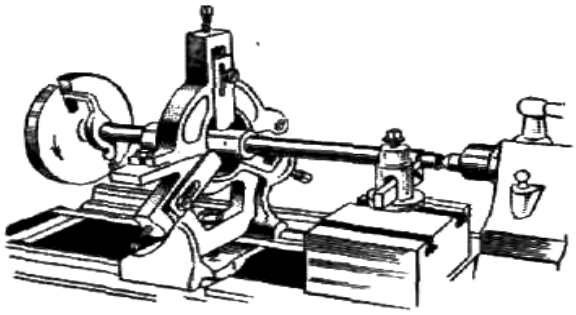



1) 4
2) 6
3) 5
4) 3

4.Процесс, связанный с изменением размеров, формы или свойств материала заготовки, выполняемый в определенной последовательности:
1. Процесс изготовления
2. Технологический процесс
3.Производственный процесс
4.Операционный процесс

5.Как называется явление повышение твердости поверхностного слоя после обработки:
1) нарост 2) остаточное явление
3) наклеп 4) усадка

6. Что изображено на рисунке?
1. Обработка вала на токарном станке в центрах с применением неподвижного люнета
2. Обработка вала на токарном станке в центрах с применением подвижного люнета
3. Установка вала в центрах с поводковым патроном
4. Шлифование вала



7.Какой вид шлифования является методом особо чистой доводки поверхности деталей:
1.Бесцентровое шлифование
2.Шлифование абразивной лентой
3.Суперфиниш
4.Шлифование способом продольной подачи

8.Законченная часть технологической операции характеризуемая постоянством применяемого инструмента, поверхностей образуемых обработкой и режимом обработки.
1. Технологический процесс;
2. Вспомогательный процесс;
3. Технологический переход;
4. Вспомогательный ход.

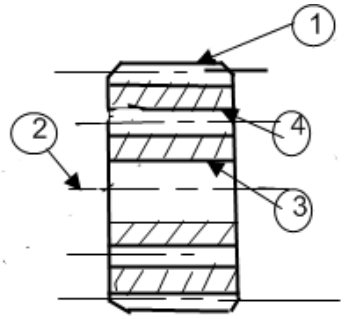
9.Определение оперативного времени осуществляется суммой:
1. Основное и вспомогательное
2. Основное и подготовительно-заключительное время
3. Основное и время управление станком
4. Основное, вспомогательное и подготовительно-заключительное время

10.Металлизация это:
1. Анодно-механическое разрезание металла
2. Покрытие посредством распыления, расплавленного металла.
3. Холодная правка металлических деталей

4. Обработка в растворе серной кислой меди

11.Основное и вспомогательное время в сумме составляет:
1. Оперативное время
2. Подготовительно – заключительное время
3. Штучно – калькуляционное время
4. Время организационного обслуживания

12.Укажите конструкторскую базу на детали:
1. 1
2. 2
3. 3
4. 4

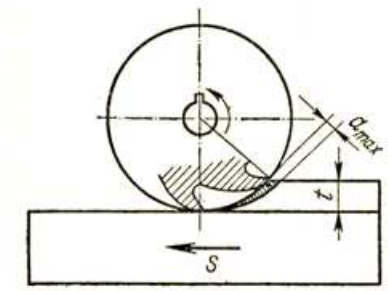



13. Интервалом времени, через который периодически производится выпуск изделий определенного наименования и типоразмера, называется:
1. Среднее штучное время
2. Основное время
3. Такт выпуска
4. Фонд рабочего времени

14. При обработке наружных поверхностей тел вращения базой для выполнения ряда операций будут являться:
1. Цилиндрическая  поверхность
2. Торцы детали
3. Центровые отверстия
4. Крайние шейки детали

15. Операция по созданию чистовой технологической базы при обработке валов?
1. Фрезерно-центровальная
2. Токарная
3. Обдирочная
4. Разрезная

16. На данной схеме изображено?
.1.Попутное фрезерование.
2.Встречное фрезерование
3.Продольное фрезерование.
4.Поперечное фрезерование.




# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Основные этапы процесса производства машин.

2. Общие понятия о типах производств.
3. Общие понятия о базировании заготовок и погрешность базирования.
4. Классификация баз при механической обработке.
5. Основные принципы базирования. Примеры погрешностей базирования.
6. Исходные данные для проектирования технологического процесса.
7. Основные правила построения плана обработки отдельных поверхностей при механической обработке.
8. Технологические характеристики получения заготовок методами литья.
9. Технологические характеристики получения заготовок методами пластического деформирования.
10. Технологичность конструкции деталей машин. Показатели технологичности.
11. Общие понятия о припусках и способах их определения.
12. Расчетно-аналитический метод определения минимальных припусков и межоперационные размеры.
13. Состав штучного времени при механической обработке.
14. Расчет основных элементов штучного времени.

**Теоретические вопросы, направленные на оценку знаний, формирующих компетенцию ПК-10**

1. Производственный и технологические процессы. Их сущность
2. Структура технологического процесса механической обработки. Причины, определяющие постоянство этой структуры.
3. Принципы концентрации и дифференциации при построении технологических процессов.
4. Основные принципы разработки маршрутного технологического процесса.
5. Типизация технологических процессов.
6. Метод групповой обработки в машиностроении.
7. Составные части технологического процесса.
8. Точность обработки (общие понятия). Методы расчета точности.
9. Качество поверхности и его влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.
10. Критерии оценки шероховатости поверхности и методы определения шероховатости.
11. Факторы, влияющие на качество обработанной поверхности.
12. Жесткость технологической системы и ее влияние на точность обработки.
13. Экономическая и достижимая точность обработки.
14. Методы учета случайных погрешностей при механической обработке.

**Теоретические вопросы, направленные на оценку знаний, формирующих компетенцию ПК-15**

1. Технологическая подготовка производства. Ее состав и значение.
2. Понятие о систематических и случайных погрешностях при обработке.
3. Основные этапы технологического процесса изготовления осей и валов.
4. Обработка конических поверхностей.
5. Обработка фасонных и эксцентричных поверхностей.
6. Методы учета случайных погрешностей при механической обработке.
7. Основные этапы технологии изготовления корпусных деталей.
8. Технология изготовления рычагов.
9. Методы изготовления зубчатых колес.
10. Нарезание зубчатых колес по методу обкатки.
11. Нарезание зубчатых колес по методу копирования.
12. Отделочная обработка зубчатых колес.

13.Методы нарезания наружной и внутренней резьбы.
14.Методы обработки шлицевых поверхностей.
15.Выбор вариантов при разработке технологического процесса.
16.Технологическая документация, ее виды и области применения.
17.Структура себестоимости изготовления деталей в машиностроении.

*Критерии оценки:*

оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если обучающийся правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы

оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если обучающийся ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов

оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, еслиобучающийся ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей

оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если обучающийся при ответе на теоретический вопрос билета продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.

# ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

*Задание 1.* При обработке нежестких валиков ($l/d$ = 10) в центрах. Часть учащихся работала проходными резцами с углом в плане $\varphi = 45^{o}$, другие – проходными упорными резцами. В результате детали, выточенные резцом с углом $\varphi = 45^{o}$, имели бочкообразную форму на наружной цилиндрической поверхности, а те, что обрабатывались упорным резцом, были сданы без дефекта. Ваши размышления о причине этого несовпадения.

*Задание 2.* В процессе обтачивания наружной цилиндрической поверхности и подрезания торца на заготовках обратил внимание, что
– при подрезании торца на заготовках у него остается не срезанный уступ;
– процесс резания сопровождается вибрациями и тонким свистящим звуком
– резец, которым он работал, быстро износился по задней поверхности и
требует переточки.
Станок, на котором он работал, был нормальной жесткости. В чем причина наблюдаемых токарем явлений?

*Задание 3.* Обработка заготовки из стали 20 проводилась резцами из быстрорежущей стали марки Р6М5 на следующем режиме резания: $t$ = 2 мм, $S$ = 0,4 мм/об, $V$ = 105 м/мин. Интенсивность износа этих резцов намного повысилась, что сказалось в сокраще-

нии периода стойкость с расчетных 40 минут до фактических 15 минут. Как вы думаете,почему?

*Задание 4.* Токарь в процессе обтачивания наружной цилиндрической поверхности и подрезания торца на заготовках обратил внимание, что
- при подрезании торца на заготовках у него остается не срезанный уступ
- процесс резания сопровождается вибрациями и тонким свистящим звуком;
- резец, которым он работал, быстро износился по задней поверхности и требует переточки. Станок, на котором он работал, был нормальной жесткости. В чем причина наблюдаемых токарем явлений?

*Задание 5.* При обработке нежестких валиков (*l/d* = 5) в патроне. Часть учащихся работала проходными резцами с углом в плане φ = 45°, другие – проходными упорными резцами. В результате детали, выточенные резцом с углом φ = 45°, имели конусную форму на наружной цилиндрической поверхности, а те, что обрабатывались упорным резцом, были сданы без дефекта. Ваши размышления о причине этого несовпадения.

*Задание 6.* Деталь (втулку) изготовляют в условиях серийногопроизводства и из горячекатаного проката, разрезанного на штучныезаготовки. Все поверхности обрабатываются однократно. Токарнаяоперация выполняется согласно двум операционным эскизам поустановкам (рис.1.).

Требуется: произвести анализ операционных эскизов и другихисходных данных; установить содержание операции и сформулироватьее наименование и содержание; установить последовательностьобработки заготовки в данной операции; описать содержание операции по переходам.

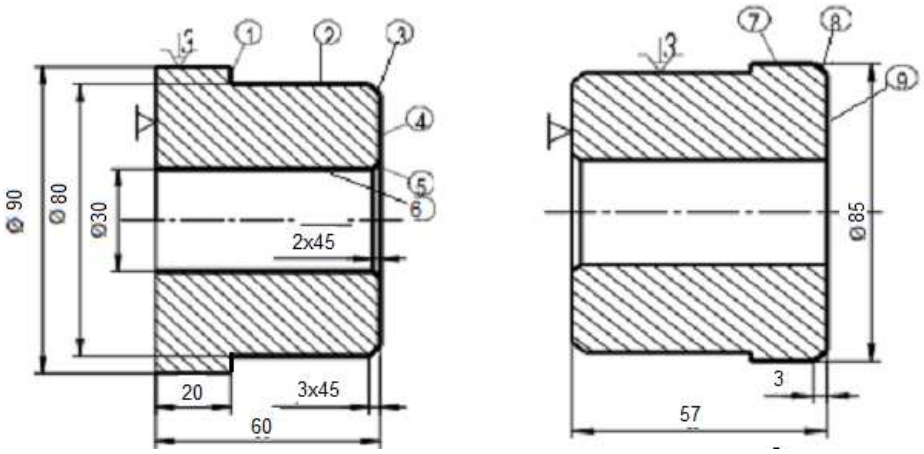
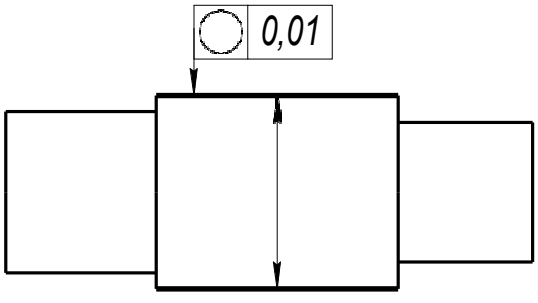



*Рис.1 Операционные эскизы*

*Задание 7.*На наружной поверхности вала (рис. 2.) задан допуск формы, обозначенный условным знаком по СТСЭВ 368–76. Окончательную обработку этой поверхности предполагается выполнить шлифованием на круглошлифовальном станке модели 3М151.

Требуется: установить наименование и содержание условного обозначения указанного отклонения; установить возможность выдержать требование точности формы этой поверхности при предполагаемой обработке.



Ø70

*Рис. 2.2. Эскиз вала*

*Задание 8*.. На рис. 3 изображено приспособление для обработки на станке. Нужно, пользуясь рисунком, выявить технологическую базу, принятую для базирования заготовки, и представить схему базирования заготовки; сделать вывод о правильности выбора опорных точек по количеству и размещению их.

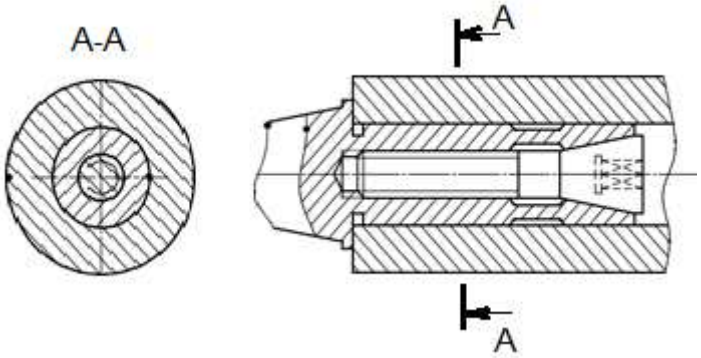



*Рис. 3 Приспособление – оправка.*

*Задание 9.* С целью повысить технико-экономическиепоказатели технологического процесса предложено два варианта выполнения у детали элементов в конструкции корпуса, изготовляемого из отливок (рис. 4 *а, б*).
Требуется оценить их технологичность.

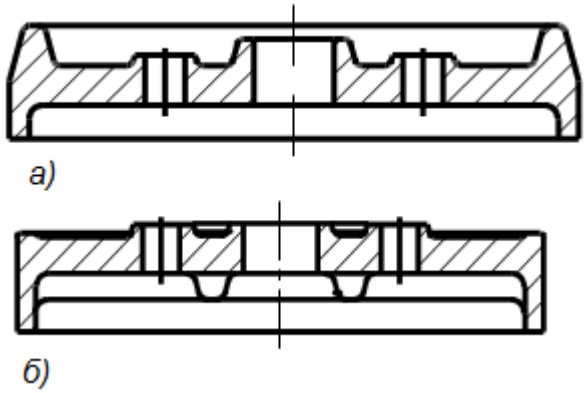



*Рис. 4. Варианты отливок*

*Задание 10.*Один и тот же элемент конструкции детали машины может быть, конструктивно решен различно. Эти решения представляют двумя эскизами (варианты на рис.5).

Требуется провести анализ сравниваемых эскизов конструкций на технологичность и обосновать выбор элемента конструкции детали.

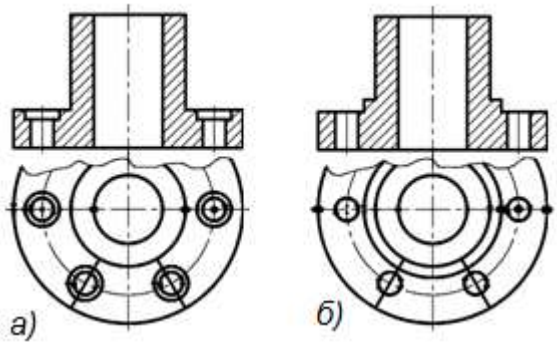



*Рис.5 Варианты конструкции*

*Задание 11.*Многоступенчатый вал (рис. 5) изготовляется из штампованной поковки повышенной точности (I класс). Заготовка прошла фрезерно-центровальную обработку, в результате которой были подрезаны торцы и созданы центровые отверстия.

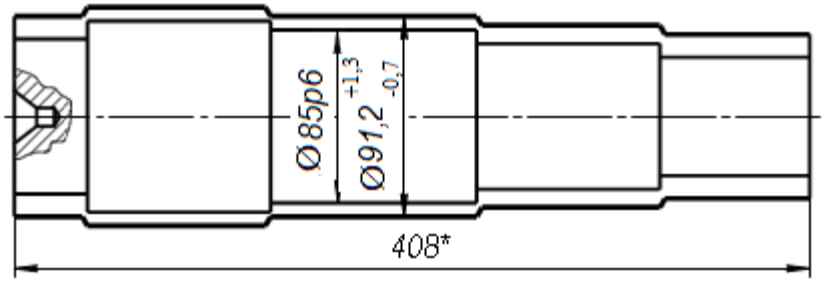



*Рис. 5.6. Заготовка – поковка*

Наружная цилиндрическая поверхность одной ступени вала имеет диаметр $d_д$= 85p6$\left(85^{+0,3}_{-0,1}\right)$ шероховатостьюRa 1,25. Ступеньисходной заготовки имеет диаметр $d_o = 91,2^{+1,3}_{-0,7}$, шероховатость Rz250 (Ra60).

Требуется: выбрать последовательность обработки и провести анализ исходных данных; установить статистическим методом (по таблицам) операционные припуски на каждый переход; рассчитать промежуточные размеры для выполнения каждого технологического перехода.

*Задание 12.*У цилиндрических втулок с наружным диаметром $d = 80_{-0,2}$ мм и внутренним $D = 40^{+0,05}$ мм требуется фрезеровать шпоночный паз шириной$B= 18^{+0,1}$ мм, выдерживая размер $H = 70_{-0,02}$ и $h = 90^{+0,3}$ мм (рис. 6). Смещение оси шпоночного паза е относительно диаметральной плоскости втулки не должно превышать 0,1 мм.

Для проектирования приспособления выбрать одну из шести показанных схем установки, для которой расчетная погрешность базирования при выполнении размеров*B*, *H* и *h* и отклонение от соосности минимально.

Максимальный зазор при установке заготовки на палец или во втулку $S_{max}$= 0,01 мм. Допуск на изготовление установочного пальца и центрирующей втулки равен 0,02 мм.

Оценить возможные преимущества каждого метода базирования с точки зрения простоты и надежности установки. Для всех шести способов показать теоретические схемы базирования.

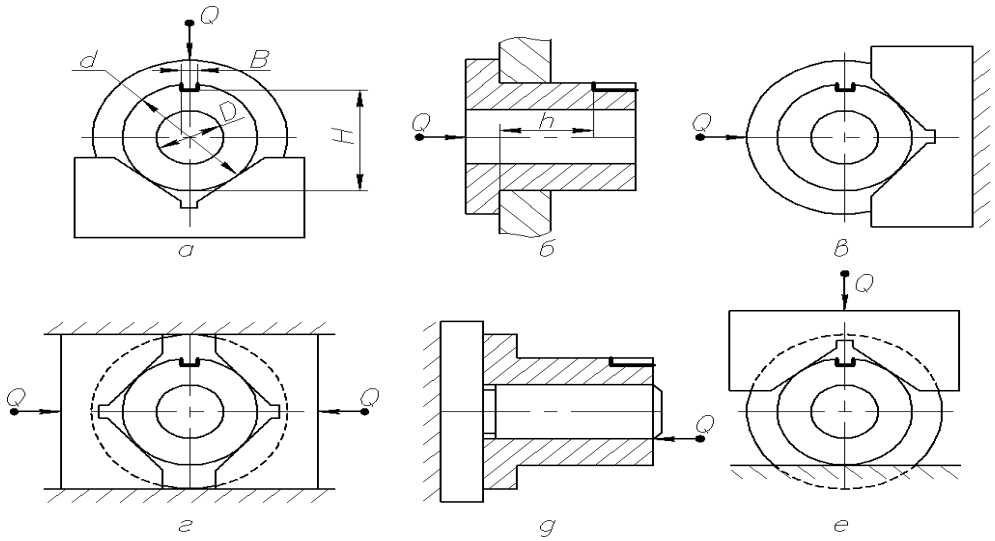



*Рис.6 Схемы установки*

*Задание 13.* На эскизе (рис. 7) обозначено техническое требование к точности взаимного расположения поверхностей детали.Предполагается окончательную обработку верхней плоскости выполнить чистовым фрезерованием на вертикально-фрезерном станке согласно операционному эскизу, изображенному на рис. 7.

Требуется: изложить наименование и содержание технического требования; установить по технологическим справочникам точность взаимного расположения поверхностей детали в зависимости от типа оборудования; сделать заключение о возможности выполнить указанное требование.

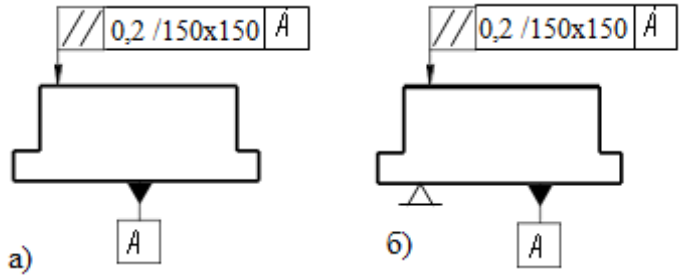



*Рис.7 а) конструктивные требования; б) операционный эскиз*

*Задание 14.* На рабочем чертеже детали «Вал ступенчатый» показаны допуски на взаимное расположение поверхностей вала (рис. 8).

Требуется: описать содержание указанного допуска; перечислить возможные способы обработки и условия выполнения указанных требований к точности; указать способ контроля.

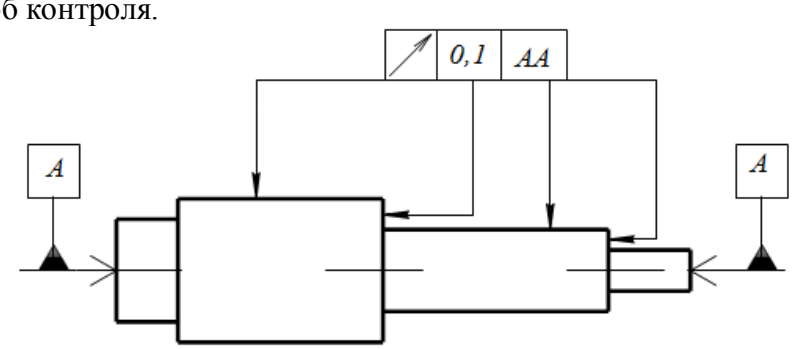



*Рис.8 Требования к расположению поверхностей*

*Задание 15.***.** Ступенчатый вал (рис. 9) подвергается черновой токарной обработке в условиях мелкосерийного производства. В качестве заготовки принимается

горячекатаный прокат круглого сечения нормальной точности. Исходная заготовка – штучная диаметром 80 мм, массой 17 кг. Токарной обработке предшествовала обработка торцов с выдерживанием размера 430 мм и зацентровка их с двух сторон. Материал детали – сталь 40Х ГОСТ 4543–74 ($\delta_B$ = 700МПа).

Требуется спроектировать токарно-винторезную операцию на указанную обработку.

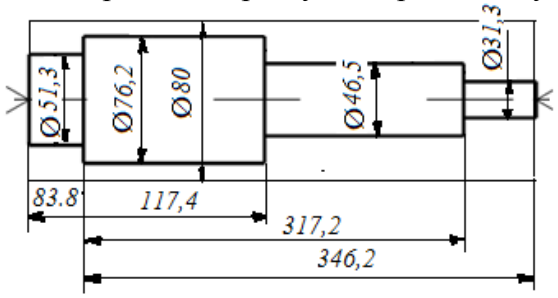



*Рис.9 Эскиз детали*




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

**Хазин М. Л., Глинникова Т. П., Волегов С. А.**

# Технология конструкционных материалов

## Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе по темам «Обработка металлов давлением», «Сварка», «Обработка металлов резанием»

**для студентов направления бакалавриата: 15.03.01- «Машиностроение», 15.03.02 - «Технологические машины и оборудование» (ТМО) и среднего профессионального образования 15.02.01 -«Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»**
***очного и заочного обучения***

**Екатеринбург**
**2016**

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

ОДОБРЕНО
методической комиссией
горно-механического факультета
«___» _____ 2016 г.
Председатель комиссии
_____проф. Барановский В. П.

Хазин М. Л., Глинникова Т. П., Волегов С.А.

# Технология конструкционных материалов

Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе по темам
«Обработка металлов давлением», «Сварка»,
Обработка металлов резанием»
для студентов направления бакалавриата:
150700 - «Машиностроение»,
151000 - «Технологические машины и оборудование» (ТМО) и среднего профессионального образования
151031 - «Монтаж техническая эксплуатация промышленного оборудования(по отраслям)»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2016

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

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 18 ноября 2016 г. (протокол № 3) и рекомендовано для издания в УГГУ.

**Хазин М. Л., Глинникова Т. П., Волегов С. А.**

Технология конструкционных материалов: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе по темам «Обработка металлов давлением», «Сварка», «Обработка металлов резанием», «Литье», «Металлургическое производство» для студентов направления бакалавриата: 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 / М. Л.Хазин, Т. П. Глинникова, С. А. Волегов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. 80 с.

Учебно-методическое пособие составлено для проведения практических и самостоятельных работ по дисциплине "Технология конструкционных материалов" В пособии изложены краткие теоретические сведения о получении металлов и методах их обработки давлением, сваркой, резанием, литьем. Приведены задания по каждой теме в соответствии с рабочей программой дисциплины «Технология конструкционных материалов», перечень основной и дополнительной литературы. В приложении приводятся справочные таблицы, необходимые для решения задач.

©Хазин М. Л., Глинникова Т. П., Волегов С. А.,
© Уральский государственный горный университет

# Оглавление

1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ ..... 5
19. Опишите технологию производства гнутых профилей. ..... 9
1.3. Волочение ..... 9
1.4. Ковка ..... 12
2. СВАРКА ..... 17
2.1. Ручная сварка покрытыми электродами ..... 21
3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ ..... 31
4. Литье
5. Получение металлов

# 1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

## 1.1. Общая характеристика способа

Обработка металлов давлением - один из прогрессивных способов получения заготовок и деталей сложной конфигурации. При этом методе повышается коэффициент использования металла, уменьшаются отходы, улучшаются свойства металла, 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.

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**.

Характер пластической деформации зависит от соотношения процессов упрочнения и разупрочнения. Принято 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.

Основными схемами деформирования объемной заготовки, применяемые в промышленности 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.

## 1.2. Методические указания

Изучая обработку металлов давлением, следует обратить внимание на различие между упругой и пластической видами деформации.

Основным видом обработки материалов давлением является прокатка. Рассматривая процесс прокатки, следует изучить схему и сущность процесса: как происходить захват металла валками и какие виды деформации различают при прокатке. При изучении технологии

изготовления отдельных видов проката надо обратить внимание на последовательность операций выполняемых отдельными машинами и механизмами.

Необходимо усвоить понятия горячей и холодной обработки давлением, явления, которыми они охарактеризуются: наклеп и рекристаллизация. Для обеспечения равномерного прогрева заготовки по высоте и сечению нужно правильно выбрать режим нагрева.

Путем прессования, в отличие от проката, когда используются пластичные материалы, при деформации сплавов пониженной пластичности, можно получать сложные по форме и точные по размеру профили. При изучении прессования необходимо запомнить, что этот способ применяют для обработки давлением труднодеформируемых сталей и сплавов цветных металлов.

Прессование производят на прессах. Изготовление изделий малых сечений методами проката и прессования обычно энергетически нецелесообразно.

Для производства проволоки, прутков, фасонных профилей и труб малого сечения более рационально использовать процесс ***волочения*** материалов. Необходимо понять сущность процесса волочения при получении прутков, фасонных профилей и труб, а также изучить устройство инструмента (волоки) и оборудования (волочильные станы). Технологические операции волочения проводят после предварительной подготовки металлических заготовок: применяют различные виды смазки в зависимости от обрабатываемого металла и его назначения. Волочение проводят обычно в холодном состоянии, что приводит к появлению в металле наклепа. Для снятия наклепа на некоторых этапах волочения применяют промежуточный или так называемый межоперационный отжиг.

Крупные изделия сложной формы изготавливают методом ковки. Рассматривая технологию свободной ковки, обратите внимание на необходимость учета припусков, допусков и напусков, их размеров и назначения изделий.

При знакомстве с горячей и холодной объемной штамповкой изучите два способа: в открытых и закрытых штампах. Затем следует рассмотреть устройство и принцип работы штамповочных молотов и прессов.

При рассмотрении технологии листовой штамповки следует различать штампы простого, последовательного и совмещенного действия, механизмы подачи и перемещения листового материала, уда-

ления изделий и отходов. Обратите внимание на новые и специальные методы листовой штамповки, их преимущества и недостатки, перспективы развития.

## Вопросы для самопроверки:

1. На чем основана обработка металлов давлением? Опишите сущность обработки металлов давлением.
2. В чем заключается преимущество обработки металлов давлением по сравнению с обработкой резанием?
3. Как влияет обработка давлением на структуру и свойства металла?
4. Как изменяется микроструктура металла после обработки давлением? Какие нагревательные устройства применяются перед обработкой металла давлением? Опишите их устройство и назначение.
5. Объясните сущность процесса прокатки. Рассмотрите основные виды прокатки.
6. Опишите технологию производства сортовых профилей.
7. Опишите технологию производства листового проката.
8. Опишите технологию производства бесшовных труб.
9. Опишите технологию производства сварных труб.
10. Опишите технологию производства специальных видов проката.
11. Опишите основные операции ковки и применяемый инструмент. Приведите эскизы.
12. Какое оборудование применяется для ковки? Рассмотрите последовательность операций процесса ковки. Опишите их содержание и назначение.
13. В чем заключается сущность процесса горячей объемной штамповки? Приведите схемы штамповки в открытых и закрытых штампах.
14. Какое применяется оборудование для горячей объемной штамповки?
15. Дайте описание технологии холодной штамповки. Ответ иллюстрируйте схемами выдавливания.
16. Рассмотрите технологический процесс прессования (выдавливания) труб.

17. Что такое волочение? Сущность процесса волочения проволоки, применяемое оборудование и порядок выполнения технологических операций.

18. Дайте описание технологического процесса волочения труб, применяемого при этом оборудования и инструментов.

19. Опишите технологию производства гнутых профилей.

## Работа №1. Волочение

### Краткие теоретические сведения

**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 инструмента определяет форму получаемого профиля изделия.

Схемы волочения прутка и трубы и примеры профилей представлены на рис. 1.1. Волочение труб можно производить без оправки и на оправке, если требуется уменьшить наружный диаметр и толщину стенки.

В связи с тем, что величина деформации за один проход ограничена, то величина вытяжки не должна превышать 1,05 ... 1,5.

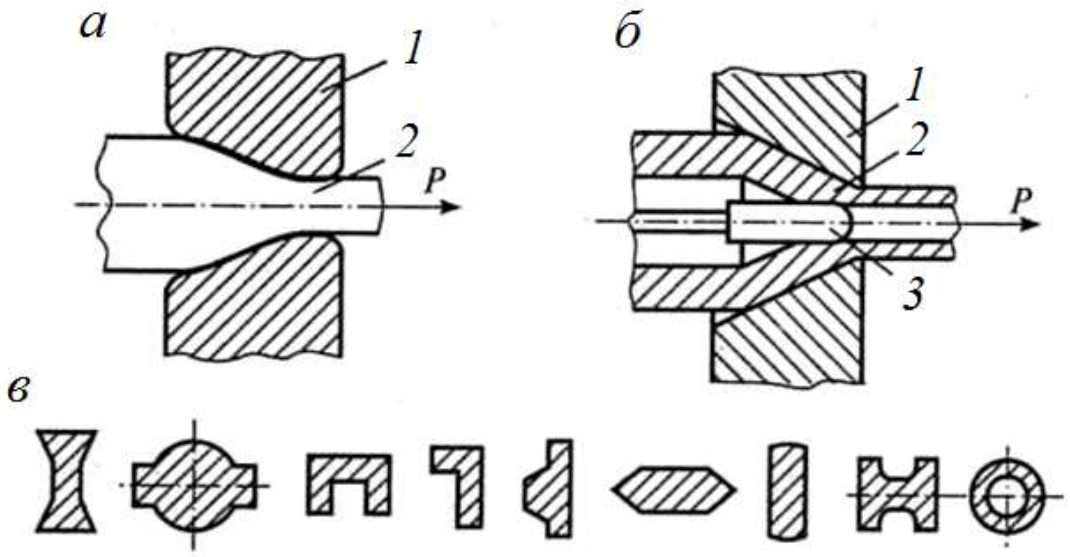



Рис. 1.2. Схемы волочения прутка (*а*), трубы (*б*) и примеры профилей, получаемых волочением (*в*):
*1* – фильера; *2* – заготовка; *3* – оправка

Если суммарная деформация металла превышает предельную пластичность (сужение) металла, то необходимо проведение промежуточного рекристаллизационного отжига заготовки перед следующим волочением для устранения пластической деформации и восстановления пластичности металла заготовки. При необходимости отжиг проводится несколько раз.

Истинная деформация, в отличие от относительной деформации, отражает смысл процесса деформирования. При больших деформациях (> 60 %) значения истинной и условной деформаций существенно различаются (истинное удлинение меньше относительного).

Относительное сужение

$$\psi = \frac{S_0 - S_к}{S_к}.$$

Истинное сужение заготовки

$$\varphi = \ln \frac{S_0}{S_к}.$$

Истинная и относительная деформация металла заготовки связаны между собой соотношением

$$e = \ln\left(\frac{1}{1-\psi}\right).$$

Общая вытяжка заготовки за весь цикл обработки составляет

$$\mu_{общ} = \left(\frac{d_0}{d_к}\right)^2.$$

Общее истинное сужение заготовки

$$\Psi_{общ} = \psi_1 + \psi_2 + \ldots + \psi_i + \ldots + \psi_n = \sum_{i=0}^{n} \psi_i .$$

Диаметр проволоки после одного прохода

$$d_{п1} = d_0 z = d_0 \sqrt{\frac{1}{\mu_1}}$$

Количество проходов для достижения предельной величины истинной деформации

$$n = \frac{\ln \frac{d_к}{d_0}}{\ln z}.$$

где $d_0$; $d_к$ – начальный и конечный диаметр прутка, мм;

$\varphi$ – относительная деформация (сужение) заготовки;

$n$ – число проходов;

$\psi_i$ – относительное сужение металла заготовки за $i$-проход;
$\mu_i$ – вытяжка заготовки за $i$-проход;
$S_0$ и $S_к$ – начальная и конечная площадь основания заготовки, мм$^2$.

## Задача № 1

Определить количество проходов $n$ заготовки, необходимых для получения волочением прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка за проход для материала заготовки составляет $\mu_i$. Определить вытяжку за последний проход, чтобы выдержать заданный диаметр готового изделия $d_к$.

**Варианты исходных данных к задаче № 1**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 2

Обосновать необходимость промежуточного отжига заготовки при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Определить расчетом, после какого прохода необходим рекристаллизационный отжиг, если предельная пластичность (сужение) металла составляет $\psi$ (%), а допустимая вытяжка металла за проход - $\mu_i$. Определить также количество отжигов за полный цикл обработки.

**Варианты исходных данных к задаче №2**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 3

Определить необходимое число проходов $n$ и диаметр $d_{in}$ (мм) волоки на отдельных проходах при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка металла заготовки за проход составляет $\mu_i$.

**Варианты исходных данных к задаче №3**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

## Работа №2. Ковка

### Краткие теоретические сведения

**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 и машинную, осуществляемую с помощью молотов и прессов.

К основным операциям машинной ковки относятся осадка, протяжка, прошивка, гибка, сварка, скручивание, отрубка и раскатка (рис. 1.3).

**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.

Относительная деформации в направлении осадки

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_1},$$

где $h_0$ – высота образца до осадки; $h_1$ – высота образца после осадки.

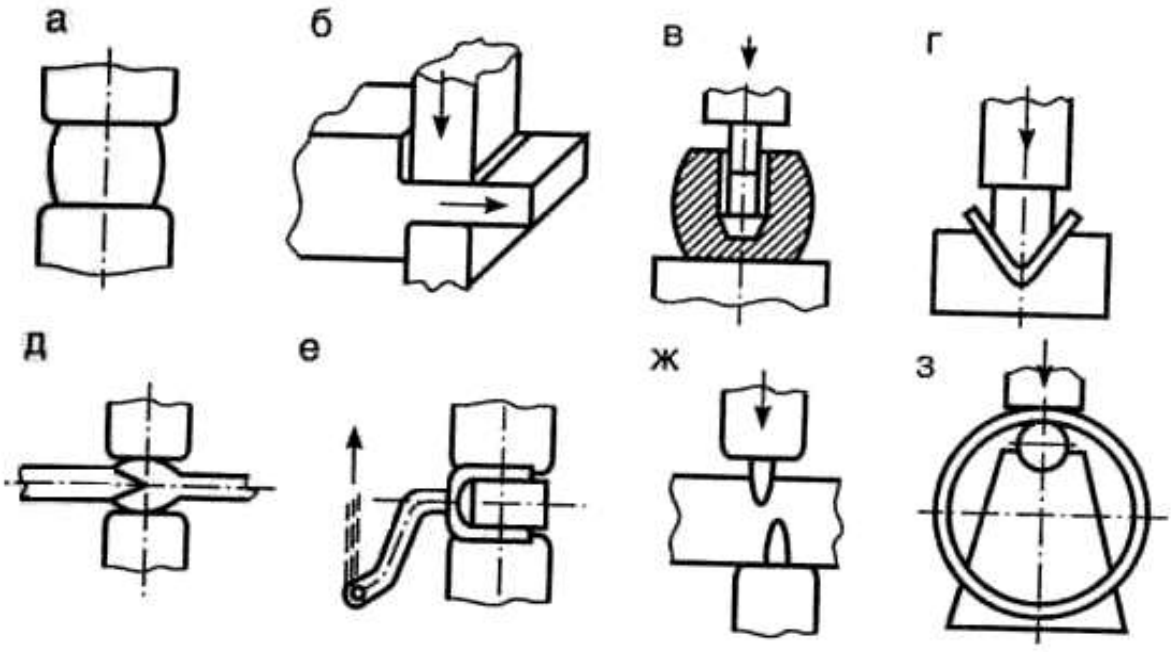



Рис. 1.3. Схема основных операций машинной ковки:
*а* – осадка; *б* – протяжка; *в* – прошивка; *г* – гибка; *д* – сварка;
*е* – скручивание; *ж* – отрубка; *з* – раскатка

Удельное усилие при осадке заготовок цилиндрической формы может быть определено по формуле

$$P = \sigma_т \left(1 + \frac{f \cdot d_1}{4h_1}\right),$$

где $\sigma_т$ – предел текучести металла при температуре деформации; $f$ – коэффициент трения между заготовкой и инструментом (0,3 - 0,5); $h_1$ – высота заготовки после осадки; $d_1$ – диаметр заготовки после осадки.

Сила деформирования при осадке

$$P_д = P \cdot W \cdot \psi_м \cdot S, \text{ (Н)},$$

где $W$ – скоростной коэффициент при осадке ($W$ = 1 при осадке прессом, $S$ – площадь заготовки при осадке; $W$ = 2,5 при осадке молотом); $\psi_м$ – масштабный коэффициент (табл.1).

Работа деформации

$$A_д = W\psi_м PV\ln\frac{h_0}{h_1}, \text{ (Дж)},$$

где $V$ – объем заготовки, м$^3$.

Энергия одного удара молота

$$E = mgH\eta, \text{ (Дж)},$$

где $m$ – масса молота, кг;

$H$ – высота падения молота, м;

$g$ – ускорение свободного падения 9,8 м/с$^2$;

$\eta$ – коэффициент полезного действия, 0,85.

Средний диаметр осаженной поковки

$$d_1 = d_0\sqrt{(h_0/h_1)}, \text{ мм}.$$

Число ударов молота

$$n = \frac{A_д}{E}.$$

Объем осаживаемой заготовки

$$V_0 = \frac{\pi d_0^2 h_0}{4}.$$

Поскольку объем заготовки не изменяется, то диаметр заготовки после осадки

$$d_1 = \sqrt{\frac{4V_0}{\pi h_1}}.$$

Таблица 1.1

**Масштабный коэффициент $\psi_м$ для определения усилия деформирования при обработке давлением**

| Масса поковки, кг | 0 - 1500 | 1500 - 60000 | 60000 - 80000 | 80000 -200000 |
|---|---|---|---|---|
| $\psi_м$ | 10 | 9 - 8 | 7 - 6 | 5 - 4 |

Таблица 1.2.

**Временное сопротивление разрыву (МПа) некоторых сталей при повышенных температурах**

| Марка стали | Температура испытаний, °С | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 700 | 800 | 1000 | 1100 | 1200 |
| 20 | 145 | 96 | 54 | 38 | 23 |
| 45 | 170 | 110 | 50 | 34 | 27 |
| 30ХГС | 175 | 85 | 37 | 21 | 10 |
| 40Х | 175 | 98 | 24 | 11 | 11 |

Примечание: для отожженной углеродистой стали отношение $\sigma_т/\sigma_в$ составляет примерно 0,5; а для отожженной легированной стали – 0,5-0,6.

Таблица 1.3

**Температурные интервалы ковки и штамповки конструкционных, углеродистых и легированных сталей**

| Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки в $^0$С | Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки, $^0$С |
|---|---|---|---|
| Ст.0 – Ст.3 | 1300 - 700 | 35Х, 38ХА, 40ХА | 1180 - 820 |
| Ст.4, Ст.5 | 1250 - 750 | 25Н, 30Н, 25НА, 30НА, 12Х18Н12Т | 1220 - 800 |
| Ст.6, Ст.7 | 1200 - 750 | 40ХГ, 40ХГА | 1180 - 800 |
| 10, 15 | 1300 - 750 | 12ХН2, 12ХН2А, 12ХН3 | 1180 - 800 |
| 20, 25, 30, 35 | 1250 - 750 | 30ХН3, 30ХН3А, 37ХН3А | 1160 - 850 |
| 40, 45, 50, 55 | 1200 - 750 | 37ХС, 40ХС, 40ХСА | 1150 - 830 |
| 15Г, 20Г, 30Г | 1230 - 800 | 27СГ, 35СГ | 1230 - 800 |
| 40Г, 50Г | 1200 - 800 | 70Г | 1180 – 780 |
| 40Г2, 45Г2, 50Г2 | 1180 - 830 | 15ХГ, 30ХГС | 1230 – 850 |

**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 |

## 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 | 30ХГС | 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 | 12Х18Н12 | 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 молота $m$ и число ударов $n$, необходимых для осадки стальной заготовки с начальными размерами $d_0$ (мм), $h_0$ (мм) до высоты $h_1$ (мм). Расчет $m$ выполнить для температуры окончания ковки, расчет $n$ выполнить для средней температуры ковки при высоте падения молота $H$ = 0,8 м.

**Варианты исходных данных к задаче № Д.2.2**

| № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ | № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 45 | 100 | 140 | 70 | 11 | 12Х18Н12 | 100 | 140 | 70 |
| 2 | 40Х | 120 | 300 | 80 | 12 | 30 | 120 | 300 | 80 |
| 3 | 20 | 150 | 350 | 100 | 13 | 30ХГС | 150 | 350 | 100 |
| 4 | 30ХГС | 100 | 150 | 80 | 14 | 30 | 100 | 150 | 80 |
| 5 | 45 | 120 | 250 | 70 | 15 | 40Х | 120 | 250 | 70 |
| 6 | 40Х | 130 | 200 | 100 | 16 | 20 | 130 | 200 | 100 |
| 7 | 20 | 110 | 210 | 80 | 17 | 12Х18Н12 | 110 | 210 | 80 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 30ХГС | 120 | 250 | 120 | 18 | 30 | 120 | 250 | 120 |
| 9 | 45 | 90 | 80 | 90 | 19 | 40Х | 130 | 180 | 90 |
| 10 | 40Х | 100 | 150 | 80 | 20 | 12Х18Н12 | 100 | 150 | 80 |

# 2. СВАРКА

## 2.1. Общая характеристика способа

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*** – технологический процесс получения неразъемных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением.

Сварка плавлением обычно возможна только в тех случаях, когда свариваемые металлы образуют при расплавлении единую сварочную ванну, т. е. растворяются друг в друге в жидком состоянии. Поэтому она применяется для сварки однородных металлов.

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.

При дуговой сварке 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*).

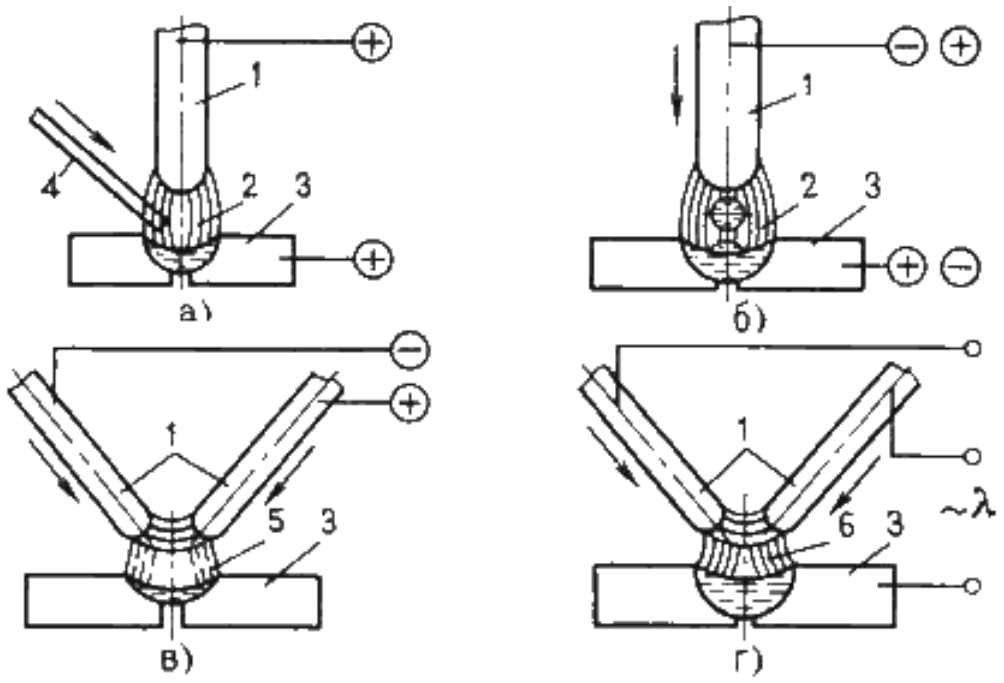



Рис. 2.1. Схемы дуговой сварки

Разновидности дуговой сварки различают по способу защиты дуги и расплавленного металла и степени механизации процесса.

Ручную дуговую сварку (РДС) 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 (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150) (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; Э42А – 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).

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. Дефекты швов являются следствием неправильного выбора или нарушения режима сварки. Виды внешних и внутренних дефектов сварных швов устанавливают методами дефектоскопии.

## 2.2. Методические указания

Следует ознакомиться с классификацией способов сварки, их краткой характеристикой и особенностями применения в машиностроении, отметив преимущества сварки по сравнению с другими способами изготовления и ремонта деталей.

Обратить внимание на виды дефектов сварки и пайки, причины их возникновения и методы предупреждения.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Опишите физические основы получения сварного соединения.
2. Приведите классификацию методов сварки. Опишите их преимущества и недостатки.
3. Что называется свариваемостью металлов?
4. Какие типы сварных соединений Вы знаете?
5. Изложите различные способы электродуговой сварки.
6. Какие виды автоматизированных процессов сварки Вы знаете?
7. В чем сущность способа автоматической сварки? Начертите ее технологическую схему.

8. Опишите процесс электрошлаковой сварки.

9. Опишите принципиальную схему аргоно-дуговой сварки и ее преимущества перед другими способами сварки в среде защитных газов.

10. В чем состоит сущность газовой сварки?

11. Изложите сущность электродуговой резки металлов. Какое при этом применяется оборудование и каковы принципы его работы?

12. Расскажите о газовой резке металлов и областях ее применения.

13. Приведите примеры контроля качества сварных швов.

14. Опишите технологию контактной роликовой сварки стальных листов.

15. Опишите технологию дуговой сварки под слоем флюса труб большого диаметра из стали 18ХГТ в условиях серийного производства.

16. Начертите схему контактной роликовой (шовной) сварки. Опишите, в чем состоят ее достоинства и недостатки.

17. Изобразите схему контактной точечной сварки. Опишите области ее применения.

18. В чем заключаются физические основы холодной сварки и сварки трением. Области их применения.

19. Изложите способы сварки ультразвуком и взрывом, диффузионной сварки в вакууме, газопрессовой сварки.

20. Расскажите о структурных превращениях стали в зоне термического влияния.

21. Каковы особенности сварки и контроля углеродистых и низколегированных сталей?

22. Каковы особенности сварки чугунных отливок?

23. Расскажите о способах сварки Cu, Al и их сплавов.

24. Опишите технологию сварки емкостей из стали 14Х17Т толщиной 8 мм. В чем состоит особенность сварки высокохромистых сталей?

25. Какие физические явления сопутствуют пайке металлов? Какие применяются припои и каков их состав?

26. В чем состоят различия в технологии пайки мягкими и твердыми припоями?

27. Приведите примеры дефектов сварных швов и способы их контроля.

28. Опишите методы устранения дефектов сварки и пайки.

## 2.1. Ручная сварка покрытыми электродами

### Краткие теоретические сведения

Основной задачей при проведении процесса сварки является разработка режима сварки. Режим дуговой сварки – совокупность факторов, обеспечивающих получение сварочного шва хорошего качества и заданных размеров. К таким факторам относятся род и полярность **сварочного** тока, его величина, тип и марка электрода, его

диаметр, напряжение на дуге, положение шва в пространстве, скорость **сварки**.

Род **сварочного** тока – постоянный или переменный – и его полярность зависит от марки и толщины свариваемого металла. Эти данные, а также типы и марки электродов приводятся в справочных таблицах.

Диаметр электрода в зависимости от толщины свариваемых деталей можно выбрать по табл. 4.

При сварке многослойных швов первый шов сваривают электродом диаметром не более 4 мм, а при диаметре электрода большем этого может быть непровар корня шва.

Диаметр электрода при сварке вертикальных швов не более 5 мм, потолочных – не более 4 мм независимо от толщины свариваемого металла. При выборе диаметра электрода для сварки угловых и тавровых соединений принимается во внимание катет шва. Диаметр электрода при катете шва – 3...5 - 3...4 мм, при катете 6...8 - 4...5 мм.

Величина сварочного тока в зависимости от диаметра электрода печатается на упаковке электродов.

Для сварки в нижнем положении величину сварочного тока можно определить по формуле:

$$I_{св} = (40...60)\, d,$$

где $I_{св}$ – величина **сварочного** тока, А; 40...60 – коэффициент, зависящий от типа и диаметра электрода; $d$ – диаметр электрода, мм.

При сварке конструкционных сталей:

- для электродов диаметром 3...6 мм величина **сварочного** тока: $\boldsymbol{I_{св} = (20 + 6d)\, d;}$
- для электродов диаметром менее 3 мм: $\boldsymbol{I_{св} = 30d.}$

Величина **сварочного** тока зависит как от диаметра электрода, так и от длины его рабочей части, состава покрытия, его положения в пространстве **сварки**.

Интервал изменения $I_{св}$ = 150 ... 400 А, напряжение $U$ = 16 ... 30 В.

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$^2$.

Учитывая заданную марку стали и временное сопротивление разрыва стали (табл. 1), выберите тип электрода (табл. 5). Если сварное соединение должно работать при ударных нагрузках, выбирайте электрод с повышенными пластическими свойствами.

Одним из основных параметров режима ручной дуговой сварки является диаметр электрода $d_э$ (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.

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

$$L_д = 0{,}5(d_э + 2), \qquad (2.2)$$

где $d_э$ – 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.

$$U_д = a + pL_д, \quad (2.3)$$

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 создания сварного шва $Q_н$ (г)

$$Q_н = 10^{-3} lS\gamma, \quad (2.4)$$

где $l$ – длина свариваемого шва (мм), $S$ – площадь поперечного сечения шва (мм$^2$), $\gamma$ – плотность электродного металла (для стали $\gamma$ = 7,8 г/см$^3$). Для одностороннего стыкового шва без скоса кромок площадь поперечного сечения $S$:

$$S = bh, \quad (2.5)$$

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 $S$:

$$S = h\,(b - 1) + 0{,}5(h^2 + 1), \quad (2.6)$$

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) составляет

$$t_о = Q_н/(I_{св} \cdot \alpha_н), \quad (2.7)$$

где $Q_н$ – масса наплавленного металла (г), $I_{св}$ – сила сварочного тока (А), $\alpha_н$ – коэффициент наплавки (г/А-ч), (табл. 7).

Скорость сварки $V_{св}$ (м/ч)

$$V_{св} = 10^{-3} l/t_о, \quad (2.8)$$

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

$$t_п = t_о/M, \quad (2.9)$$

где $t_о$ − основное время горения дуги (ч), $M$ – коэффициент производительности, ($M$ = 0,6 – 0,8).

Массу расплавленного металла $Q_р$ (г) можно определить, подчитав массу расплавленных электродов

$$Q_р = 10^{-3} \gamma \pi d^2\,(l_э - l_{ог})\,n/4, \quad (2.10)$$

где γ – плотность электродного металла, $d_э$ диаметр электрода (мм), $l_э$ – длина электрода (мм) (табл. 4), $l_{ог}$ – длина огарка (мм), (принимают $l_{ог}$ = 50 мм), $n$ – число электродов. Расход электродов (кг) на 1 кг наплавленного металла – 1,6 -1,7.

В заключении, определяют полный расход электроэнергии на сварку А (кВт·ч)

$$A = I_{св}U_д t_о, \qquad (2.11)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока (А), $U_д$ – напряжение дуги (В), $t_о$ – основное время горения дуги (ч).

Для расчета основных параметров режима электродуговой сварки воспользоваться табл. 2*.

## 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 2.1

**Исходные данные для выполнения задания С.1**

| № варианта | Марка стали | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа | Толщина свариваемой стали, Н, 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 |
| 226 | 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 режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

**Варианты исходных данных для задачи С.2**

| № вар | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ | № вар. | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ст3 | 6 | 500 | 1000 | 11 | 10 | 8 | 700 | 2000 |
| 2 | 10 | 7 | 700 | 1500 | 12 | 20 | 9 | 800 | 2100 |
| 3 | 20 | 8 | 800 | 1600 | 13 | Ст3 | 6 | 650 | 2000 |
| 4 | Ст3 | 9 | 900 | 2000 | 14 | 10 | 7 | 650 | 2200 |
| 5 | 10 | 6 | 550 | 1500 | 15 | 20 | 8 | 850 | 2500 |
| 6 | 20 | 7 | 600 | 2000 | 16 | Ст3 | 9 | 1000 | 2500 |
| 7 | Ст3 | 8 | 750 | 2200 | 17 | 10 | 6 | 700 | 1700 |
| 8 | 10 | 9 | 950 | 2500 | 18 | 20 | 7 | 550 | 1600 |
| 9 | 20 | 6 | 600 | 1900 | 19 | Ст3 | 8 | 900 | 2000 |
| 10 | Ст3 | 7 | 500 | 1200 | 20 | 10 | 9 | 1100 | 2300 |

## Задача С.3

Для изготовления из листа толщиной $h$ (мм) конического днища для обечайки диаметром $D$ (мм) с углом конуса α (град) разработать 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

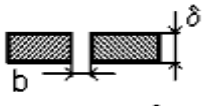
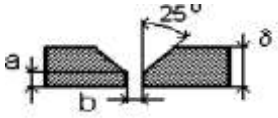
Для изготовления из листа толщиной $h$ (мм) конического перехода длиной $L$ (мм) между трубопроводами $D$ (мм), $d$ (мм) разработать режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

**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 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 | С2 |  | 1,5–2,5<br>3,0–4,0 | 1<br>2 |  |
| Шов стыковой односторонний с $V$-образным скосом двух кромок | С17 |  | 4,5–7,5<br>8,0–13,5<br>14,0–16,0 | 3<br>4<br>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 2.5

**Тип электрода**

| Тип электрода | Механические свойства металла сварного шва | | |
|---|---|---|---|
| | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа | Относительное удлинение $\varepsilon$, % | Ударная вязкость $KCU$, МДж/м$^2$ |
| Э38 | 380 | 14 | 0,3 |
| Э42 | 420 | 18 | 0,8 |
| Э42А | 420 | 22 | 1,5 |
| Э46 | 460 | 18 | 0,8 |
| Э46А | 460 | 22 | 1,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Э50 | 500 | 16 | 0,7 |
| Э50А | 500 | 20 | 1,3 |
| Э55 | 550 | 20 | 1,2 |
| Э60 | 600 | 18 | 1,0 |
| Э70 | 700 | 14 | 0,6 |
| Э85 | 850 | 12 | 0,5 |
| Э100 | 1000 | 10 | 0,5 |
| Э125 | 1250 | 8 | 0,4 |
| Э150 | 1500 | 6 | 0,4 |

Таблица 2.7

**Марка электрода**

| Тип электрода | Марка электрода | Диаметр электрода $d_э$, мм | Коэффициент наплавки $\alpha_н$, г/А·ч |
|---|---|---|---|
| Э42 | ОЗС-23 | 2; 3 | 8,5 |
| | ВСЦ-4 | 3; 4 | 9,5 |
| | ОМА-2 | 2; 2,5; 3 | 8 |
| | АНО-6 | 4; 5 | 10 |
| Э42А | УОНИ-13/45 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |
| | СМ-11 | 3; 4; 5 | 10 |
| Э46 | 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 |
| Э46А | ВН-48 | 2,5; 3; 4; 5; 6 | 11 |
| | ОЗС-22Р | 3; 4; 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/55К | 3; 4; 5 | 9,5 |
| Э50 | ВСЦ-4А | 3; 4 | 9,5 |
| Э50А | УОНИ-13/55 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9 |
| | АНО-11 | 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ДК-50 | 4; 5 | 10 |
| Э55 | УОНИ-13/55У | 4; 5; 6 | 10 |
| Э60 | ВСЦ-60 | 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/65 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ОЗС-24 | 3; 4 | 9,5 |
| Э70 | ВСФ-75У | 4 | 9 |
| Э85 | 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 |
| Э100 | ОЗШ-1 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |

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$^2$ | $S = b \cdot h$ <br> $S = 8(h - 1) + 0{,}5(h_2 + 1)$ | 94 |
| 10 | Масса наплавленного металла | $Q_н$, г | $Q_н = 10\text{-}3lS\gamma$ | 337,27 |
| 11 | Коэффициент наплавки | $\alpha_н$, г/А·ч | табл. 7 | 10 |
| 12 | Основное время горения дуги | $t_о$, ч | $t_о = Q_н / I_{св}\,\alpha_н$ | 0,11 |
| 13 | Скорость сварки | $V_{св}$, м/ч | $V_{св} = 10\text{-}3l/t_о$ | 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 | $Q_р = 10\text{-}3\gamma\pi d_э^2(l_э - l_{ог})n/4$ | 352,68 |
| 18 | Коэффициент потерь | $\psi$, % | $\psi = 10^2(Q_р - Q_н)/Q_р$ | 4,4 |
| 19 | Расход электроэнергии на сварку | А, кВт-ч | $А = I_{св}U_д t_о$ | 594 |
| 20 | Зазор (расстояние) между свариваемыми деталям | В, 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; $M = 0{,}5$

# 3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

## 3.1. Общая характеристика способа

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*).

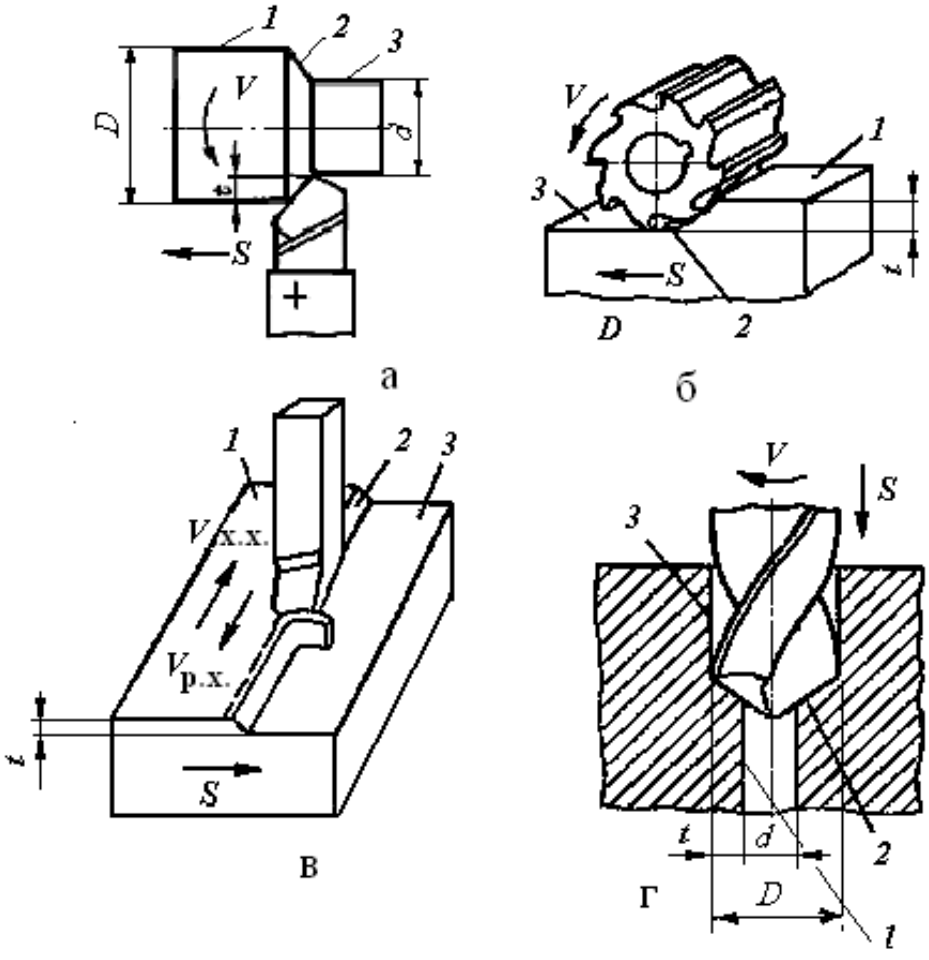


Рис. 3.1 Схемы обработки заготовок:
*а*) точением. *б*) фрезерованием, *в*) строганием,
*г*) сверлением (рассверливанием)

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 ($k = V_{рх}/V_{хх}$).

***К элементам процесса резания относится также основное технологическое время*** $T_о$, затрачиваемое непосредственно на обработку резанием данной поверхности (изменение формы и размеров заготовки).

Основное время определяется по формуле:

$$T_о = L \cdot i / S \cdot n,$$

где$L = l + l_1 + l_2$,

$l$ – длина обрабатываемой поверхности,

$l_1$ – величина врезания инструмента,

$l_2$ – величина перебега инструмента.

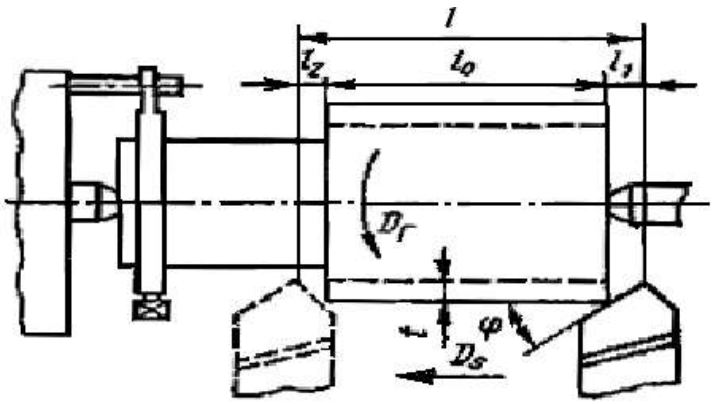



Рис. 1.2. Схема к расчёту $T_о$ при обработке цилиндрической поверхности

## 3.2. Методические указания

Обработка металлов резанием связана с превращением в стружку значительного количества металлов. Это привело к тому, что обработка резанием в некоторой степени потеснена малоотходными технологиями (точное литье, обработка давлением и др.). Однако обработка резанием остается главным средством изготовления высокоточных деталей в машиностроении с заданной точностью и чистотой поверхности. Резание металлов представляет собой сложный процесс, включающий ряд взаимодействующих явлений, к которым относится: упругое и пластическое деформирование, интенсивное трение, выделение тепла, образование нароста, явление наклепа, износ инструмента, усадка стружки.

При изучении этой темы следует обратить внимание на физико-химические процессы, происходящие при резании, и их роль в формировании поверхностного слоя обрабатываемой детали. Необходимо разбираться в видах режущих инструментов и способах их эффективного использования.

Необходимо ознакомиться с современным состоянием развития теории и технологии обработки материалов резанием, классификацией поверхностей и методов их обработки, требованиями к технологичности деталей, обрабатываемых резанием, кинематикой процесса резания, классификацией движений и геометрией срезаемого слоя.

Следует запомнить определение, обозначения и размерности элементов режима резания, элементы резца и его углы.

Изучите силы, действующие на резец, влияние различных показателей на скорость резания, а также скоростное и силовое резание как резерв повышения производительности труда.

При изучении материалов, из которых изготовляются резцы, следует обратить внимание на марки быстродействующих и твердых сплавов, особенно на минералокерамические сплавы, имеющие высокую износостойкость и дешевые в изготовлении.

Высокие требования, предъявляемые к технико-эксплуатационным характеристикам современных машин, обеспечиваются высокой точностью размеров и другими показателями качества деталей этих машин. Поэтому роль металлорежущих станков для высококачественной обработки деталей в машиностроении не уменьшается.

Современные станки – это сложные разнообразные механизмы, использующие различные методы осуществления движений и управ-

ления рабочим циклом, обеспечивающие обработку деталей любой конфигурации и различных размеров.

При изучении темы следует обратить внимание на движения инструмента и детали при обработке на различных станках. Необходимо разбираться в технологических возможностях станков разных видов.

Следует изучить принятую в России классификацию металлорежущих станков, подробно рассмотреть приводы и передачи станков различных групп. Для чтения кинематических схем станков нужно знать условные обозначения различных узлов в соответствии с ГОСТами.

Необходимо рассмотреть основные виды токарных, сверлильных, расточных, строгальных, долбежных, протяжных, фрезерных, шлифовальных работ, применяемые инструменты, а также технологические требования, предъявляемые к деталям, обрабатываемым на различных станках.

Все металлорежущие станки разделяют на группы по характеру выполняемых работ и виду применяемых инструментов. Подробно рассмотрите принятую в России классификацию и уясните единую систему условного обозначения станков, понимаемую как нумерация. Затем подробно рассмотрите технологии обработки резанием, выполняемые на разных металлорежущих станках.

**Обработка на токарных станках.** С использованием рисунков рассмотрите основные узлы токарно-винторезного станка и поймите, почему токарные станки часто называют универсальными. Проанализируйте типы станков токарной группы.

**Обработка на сверлильных и расточных станках.** Поймите, что понимают под обработкой круглых отверстий на станках сверлильной группы.

**Обработка на фрезерных станках.** Уясните, что такое фрезерование и какие типы фрез для этого используют.

**Обработка на строгальных, долбежных и протяжных станках.** С учетом видов обработки поверхностей строганием выделите особенности этой группы станков. Изучите типаж инструментов, используемых для этих целей. Составьте схему работ на станках этой группы.

**Обработка на шлифовальных и отделочных станках.** Изучите процесс шлифования и инструмент, используемый для этих целей. Обратите внимание, что шлифование также относится к операциям

резания и разберите с чем это связано. Рассмотрите методы шлифования и типы шлифовальных станков. Для всех рассмотренных технологийрезания изучите возможные виды работ.

**Вопросы для самопроверки**

1. Для чего используют станки токарной группы?
2. Почему токарные станки часто называют универсальными?
3. Что понимают под зенкованием и развертыванием крупных отверстий.
4. Какие основные типы фрез существуют?
5. В чем особенности строгальных станков?
6. Что понимают под процессом шлифования?
7. Что понимают под абразивным инструментом?
8. Для каких целей используют в механообработке роботы и манипуляторы?

## Токарная обработка

Задача. На токарно-винторезном станке производится наружное продольное точение заготовки $D$ = 68 мм до $d$ = 62 мм (рис. 2). Длина обрабатываемой поверхности $l$ = 280мм, длина заготовки $L$ = 430 мм. Шероховатость обработанной поверхности $Ra$ = 25 мкм. Заготовка - поковка стальная 40Х с пределом прочности 700 МПа. Способ крепления заготовки - в центрах. Обработка ведется с охлаждением.

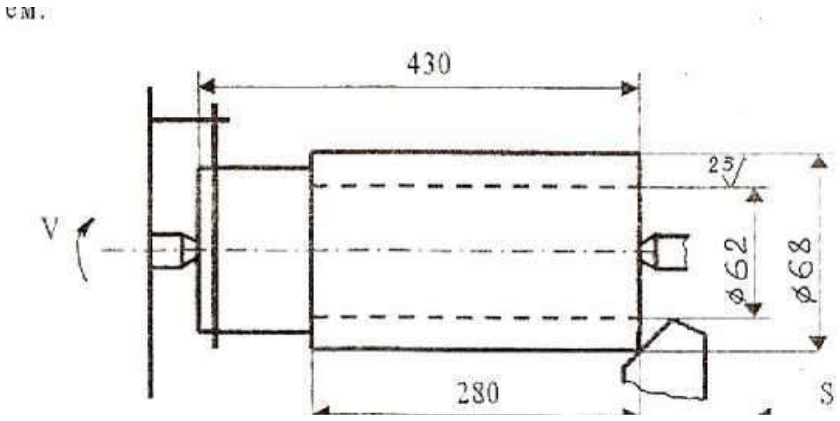



Рис. 2. Схема обработки

Необходимо:
Выбрать токарный станок;
Выбрать режущий инструмент;

Выполнить эскиз резца;
Назначить режимы резания;
Определить машинное время.

Решение

Исходя из условий задачи (размеров заготовки, характера обработки), выбираем токарно-винторезный станок модели 16К20, имеющий следующие технические характеристики: мощность двигателя $N_{дв}$ =10 КВт, к.п.д.= 0,75, высота центров = 215 мм, расстояние между центрами 2000 мм.

Материал режущей части инструмента выбираем исходя из физико-механических свойств обрабатываемого материала и характера обработки (Приложение таблица 1). При черновом обтачивании конструкционной стали марки 40Х с глубиной резания $t$ = 3 мм на средних станках рекомендован твердый сплав марки Т15К6 (WC-79%, TiC-15%, Co-6%) либо быстрорежущая сталь марки Р6М5 (W-6%, Mo-5%, C-1%). Так как в последнее время большее предпочтение отдано инструменту из твердого сплава, выбираем материал пластинки Т15К6. Державка резца изготавливается из качественной конструкционной стали группы 1 марки 45 ($\sigma_в$ = 610 МПа, НВ = 197).

При выборе значений геометрических параметров резца следует учитывать материал заготовки, вид обработки, материал режущей части инструмента, сечение державки и жесткость системы СПИД (Приложение таблицы 2, 3). Выбираем форму передней поверхности резца - радиусную с фаской. Фаску с отрицательным передним углом делают для упрочнения режущей кромки резца с пластинками из твердого сплава. Радиусная лунка обеспечивает завивание сходящей стружки. Геометрические параметры режущей части (рис. 3): передний угол $\gamma$ = 10° (при черновой обработки конструкционных материалов с НВ < 240), задний угол $\alpha$ = 6° (при черновой обработке), угол наклона главной режущей кромки $\lambda$ = 0 (точение без ударных нагрузок), углы в плане $\varphi$ = 45°, $\varphi'$ =15° (при жесткой системе СПИД), угол фаски $\gamma_ф$ = -5°, ширина фаски $f$ = 0,8 мм.

Используя выбранные данные геометрических параметров режущей части резца, выполним эскиз токарного проходного резца с пластинкой из твердого сплава марки Т15К6, сечение державки 16 × 25 мм.

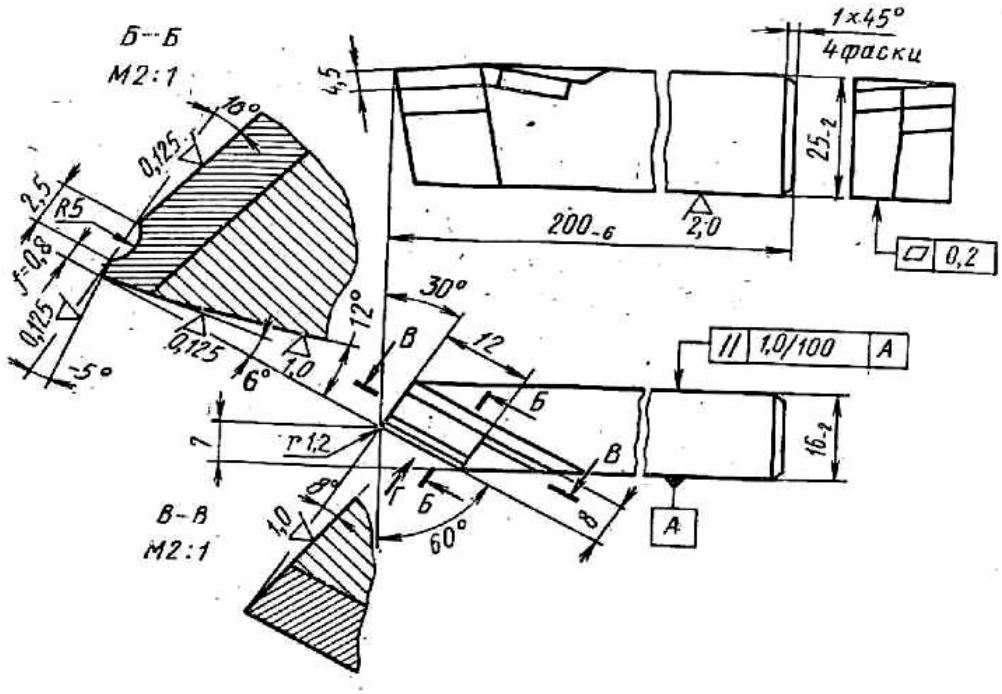



Рис. 3. Эскиз резца

Назначаем режимы резания.

Глубину резания определяем по формуле

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{68-62}{2} = 3 \text{ (мм)}$$

Т. к. при черновой обработке за один проход инструмента можно снять $t$ = 5-7 мм, то данная обработка будет проходить за один проход. Причем шероховатость обработанной поверхности $Ra$ = 25 мкм будет обеспечена.

Подачу назначаем по таблице 4 (Приложения). Для обработки заготовки из конструкционной стали, диаметром до 100 мм, глубинной резания $t$ = 3мм, сечением державки 16×25 мм - подача $S_{таб}$ = 1,2 мм/об.

Данную подачу корректируем по паспорту станка 16К20, выбрав ближайшее меньшее значение:

$$S_ф = 1 \text{ мм/об.}$$

Период стойкости определим по таблице 9 (Приложения):

$$T = 30 \text{ мин.}$$

Скорость резания при наружном точении определяем по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{30^{0,2} 3^{0,15} 1^{0,45}} 0,97 = 142 \text{ (м/мин).}$$

$K_V$ = 1,07 · 1 · 1 · 1 · 0,97 · 0,94 = 0,97 , где

$K_{MV} = \frac{750}{700} = 1{,}07$ , $K_{ПV} = 1$, $K_{ИV} = 1$, $K_{\varphi V} = 1$, $K_{\varphi W} = 0{,}97$, $K_r = 0{,}94$.

(Приложение таблицы 11,12,15,16 согласно заданным условиям). Определяем частоту вращения шпинделя, соответствующую найденной скорости резания, по формуле (3)

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D} = \frac{100 \cdot 142}{3{,}14 \cdot 68} = 665 \text{ (об/мин).}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка 16К20, выбрав фактическое значение частоты вращения из ближайшего меньшего.

$$n_ф = 500 \text{ об/мин.}$$

Определяем действительную скорость резания по формуле (5)

$$V_д = \frac{\pi D n_ф}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 68 \cdot 500}{1000} = 107 \text{(м/мин).}$$

Определяем мощность, затраченную на резание, по формуле (6) и силу резания по

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t \cdot S_Ф \cdot V_Д \cdot K_{PZ}, \quad (5)$$

Из таблицы 16 (Приложения) выписываем коэффициенты и показатели степеней для данных условий обработки. $C_{PZ} = 300$, $x = 1$, $y = 0{,}75$, $n = 0{,}15$.

Учитываем поправочный коэффициент на силу резания $K_{PZ}$, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_{PZ} = K_{MPZ} K_\varphi K_\gamma K_\lambda K_r = 0{,}94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}94$$

Численные значения этих коэффициентов выбираем в таблице 15, 16 (Приложения):

$K_{MPZ} = \left(\frac{700}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}94$ , $K_\varphi = 1$, при $\varphi = 45^o$; $K_\gamma = 1$ при $= 10^o$; $K_\lambda = 1$ при $\lambda = 0^o$;

$K_r$ на силу резания при заданных условиях обработки не влияет.

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^X \cdot Sj \cdot V_Д \cdot K_{PZ} = 300 \cdot 3^1 \cdot 1^{0{,}75} \text{-} 107^{-0{,}15} \cdot 0{,}94 = 419 \text{(Н).}$$

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_д}{60 \cdot 1020} = 7{,}1 \text{ кВт.}$$

Проверяем достаточность мощности привода станка по условию:

$$N_e < N_{CT}$$

На станке 16К20 $N_{CT} = 10 \cdot 0{,}75 = 7{,}5$ кВт.

7,1 < 7,5, т.е. обработка возможна.

• Определяем основное технологическое время по формуле

$$L = I + y + \Delta = 280 + 3 + 2 = 285 \text{ (мм)},$$

где длина обрабатываемой поверхности $l$ =280 мм, величина врезания $y = t \cdot \text{ctg}\varphi = 3 \cdot \text{ctg}45^0 = 3 \cdot 1 = 3$(мм), величину перебега принимаем $\Delta$ = 2 мм.

Тогда

$$t_0 = \frac{Li}{n_ф S_ф} = \frac{285 \cdot 1}{500 \cdot 1} = 0{,}57 \text{ (мин)}.$$

## Задача Р.1.

Определить минутную подачу резца $S_м$ (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 Р.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 Р.2.

Определить основное время $T_0$ при подрезании сплошного торца заготовки диаметром $D_0$(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 $\varphi = 45°$. Перебег резца $\Delta = 1 \ldots 3$ мм. Начертить схему обработки поверхности.

### Варианты исходных данных к задаче Р.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 Р.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 $\Delta = 1 \ldots 2$ мм. Начертить схему обработки поверхности.

### Варианты исходных данных к задаче Р.3

| № | *D* | *h* | *n* | *S* | № | *D* | *h* | *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 Р.4.

Определить мощность $N_{рез}$, затрачиваемую на резание и момент сопротивления резанию $M_{ср}$, если при продольном точении заготовки диаметром $D$(мм) со скоростью резания $V$(м/мин) тангенциальная сила резания составила $P_z$(Н). Начертите схему расположения составляющих силы резания для рассматриваемого случая обработки резанием.

**Варианты исходных данных к задаче Р.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 |

Для решения предлагаемых задач по резанию металлов и режущему инструменту следует пользоваться справочными таблицами [5-9] и справочными материалами Приложения В, а также источниками [1;4].

## 5. Литейное производство

### 5.1. Общая характеристика способа

Литьё - получение изделий путем заливки жидкого металла в формы и его последующего затвердевания.

Теоретически, литьем можно получить сколь угодно сложное по форме изделие. На практике, литьё, как и все методы формообразования, имеет существенные ограничения.

Они связаны:

- с трудностями изготовления формы для заливки жидкого металла;

- с невозможностью заполнения жидким металлом сколь угодно тонкого

рельефа; это технологическое свойство металла, называемое

"жидкотекучестью", связано с вязкостью жидкого металла, его поверхностным натяжением, смачиваемостью материала формы жидким металлом и рядом других факторов;

- с усадкой металла при застывании, которая определяется разностью объемов, занимаемых жидким и затвердевшим металлом и изменением его объема (размеров) при охлаждении до комнатной температуры. Усадка, а особенно неравномерное охлаждение отливки в форме, приводит к ее короблению, возникновению внутренних напряжений, а, иногда, даже к разрушению.

Однако литьё позволяет получать самые сложные по форме изделия, в том числе и произведения искусства…

Литьё - древнейший технологический процесс. В средние века литьем изготавливали колокола для церквей, пушки, монументы и т. д.

## 5.2. Методические указания

Литейное производство - отрасль машиностроения, использующаяся для изготовления фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали).

При изучении этой темы необходимо рассмотреть такие явления как жидкотекучесть, усадка, трещинообразование, газовые раковины и пористость отливок.

Затем необходимо разобраться в технологических процессах получения отливок различными способами: в песчано-глинистых формах, в оболочковых формах, по выплавляемым моделям, в металлических формах (кокилях), центробежным литьем под давлением, специализированными способами.

Студент должен последовательно рассмотреть литье в металлические формы (кокиль), центробежное литье, точное литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы.

Далее необходимо рассмотреть технологические этапы получения отливки, то есть сборку и заливку литейных форм, охлаждение отливок, их выбивку и очистку.

Затем следует ознакомиться с особенностями изготовления отливок из различных сплавов.

Изучить оборудование, применяемое в литейных цехах для плавки и проведения других технологических операций.

Особое внимание следует обратить на основные виды дефектов отливок, отметив влияние нарушений технологического процесса и нетехнологичности конструкций отливок на появление различных видов брака литья. Рекомендуется ознакомиться с современными методами и аппаратурой, применяемой для контроля всех стадий процесса изготовления отливок и используемых материалов. Следует четко уяснить, какие дефекты можно подвергнуть исправлению, и какие отливки являются окончательным браком.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что понимается под жидкотекучестью литейных сплавов? Как проводят испытания на жидкотекучесть сплавов?

2. Что такое усадка литейных сплавов? Опишите способы предупреждения усадочныхраковин и пористости отливок.

3. В результате, каких явлений образуются трещины в отливках? Как бороться с этим видом брака?

4. Какие применяются меры для уменьшения возможности образования газовых раковин и пористости отливок?

5. Какие формовочные и стержневые смеси используют в литейном производстве? Их характеристики и методы испытания.

6. Дайте описание схемы работы литейного конвейера. Рассмотрите вопросы механизации и автоматизации изготовления литейных форм.

7. Машины для получения отливок под давлением, схема их устройства и принцип действия. Области применения отливок, изготовленных способом литья под давлением.

8. Перечислите свойства серого чугуна как литейного и конструкционного материала.

Укажите, для каких целей применяются в машиностроении чугунные отливки? Приведите химические составы нескольких марок

серого и модифицированного чугунов с указанием их механических свойств.

9. Изложите способы получения ковкого чугуна: виды ковкого чугуна, в чем особенности изготовления литейных форм для получения ковкого чугуна?

10. Опишите технологию изготовления отливок из алюминиевых сплавов.

11. Опишите технологию изготовления отливок из магниевых сплавов.

12. Опишите технологию отливок из медных сплавов.

13. Назовите виды дефектов при получении отливок и способы их устранения. Как, с применением какой аппаратуры и на каких стадиях изготовления производится контроль отливок?

# 6. Основы металлургического производства

## 6.1. Общая характеристика способа

Металлы и их сплавы в настоящее время являются основным материалом для производства машин, приборов и других технических устройств.

Это определяется сочетанием их свойств, которым в данное время не обладают другие конструкционные материалы.

К таким свойствам относятся:

- механические: прочность, твердость, пластичность, ударная вязкость ...

- теплофизические: жаропрочность, теплопроводность, низкий коэффициент линейного расширения...

- химические: устойчивость в агрессивных средах, биологическая инертность

- технологические: свариваемость, литейные свойства (жидкотекучесть, степень усадки при затвердевании, склонность к ликвации элементов), пластичность...

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.

## 6.2. Методические указания

Получение чугуна в доменных печах относится к пирометаллургическому способу. Исходными материалами являются руды, флюсы и топливо. Изучите виды руд, флюсы и их назначение, топливо, используемое при производстве чугуна, принцип работы доменной печи и физико-химические процессы, протекающие при получении чугуна. Ознакомьтесь со способами прямого восстановления железа из руды, этапами этого процесса.

Ознакомьтесь с рудами для получения меди, алюминия, магния, титана; способами их обогащения. Изучите работу агрегатов для получения этих металлов, способы рафинирования.

**Краткие теоретические сведения**

Процессы получения стали из чугуна и скрапа сводятся к снижению примесей и углерода путем окислительных процессов с сталеплавильных печах. Ознакомьтесь с принципом работы современных конвертеров, мартеновских и электродуговых печей. Изучите физико-химические процессы, протекающие в печах. Изучите способы разливки стали и ознакомьтесь с технико-экономическими показателями различных способов получения стали.

Восстановление металла проводится несколькими способами.

**Термохимическое восстановление металла о**существляется воздействием на соединение металла каким-либо восстановителем при высокой температуре. Термохимическим способом восстанавливают многие металлы.

Например, железо обычно содержится в руде в виде окислов $Fe_2O_3$ или $Fe_3O_4$ и восстанавливается угарным газом (CO), образующимся при горении кокса (продукта переработки каменного угля) в доменных печах. В зонах 4-6 происходит горение кокса в потоке воздуха поступающего через фурмы и образуется угарный газ при температуре 1600-1750 °C, который, воздействуя на окислы железа, приводит к их восстановлению:

$$Fe_2O_3 + CO \text{ --- } Fe_3O_4 + CO_2 + Q$$
$$Fe_2O_3 + CO_2 \text{ --- } FeO + CO_2 - Q$$
$$FeO + CO \text{ --- } Fe + CO_2 + Q$$

Образующееся железо, в виде капель, стекает в горн, откуда периодически выпускается. Сверху печи также периодически происходит подсыпка шихты (смеси руды, кокса и флюсов). Таким образом горение в печи поддерживается непрерывно в течении длительного времени, от 5 до 10 лет.

В образующемся железе при высокой температуре растворяется углерод кокса, что приводит к получению сплава железа с углеродом, при содержании последнего выше 2 % (но не более 6,67 %). Такой сплав весьма тверд и хрупок и называется чугуном.

Суточная производительность доменной печи достигает 2500 тонн чугуна. Хотя чугун, как конструкционный материал, применяется для отливки заготовок различных деталей машин (станины, корпуса двигателей, зубчатые колеса и т.д.) , но большая его часть перерабатывается в сталь – сплав железа с углеродом при содержании углерода менее 2 %.

Понизить содержание углерода в чугуне и, тем самым, превратить его в сталь можно окисляя избыточный углерод в жидком чугуне. Для этого применяются конвертерный и мартеновский методы получения стали.

Плавку медных руд ведут в пламенных печах, в которых происходит восстановление меди, но из-за высокого содержания в руде соединений железа и серы образуется "медный штейн", в котором содержится 20-50% меди, 20-40% железа и 22-25% серы.

Полученный штейн перерабатывается в черновую медь в конвертерах. Продувая через жидкий штейн воздух, проводят окисление железа, которое всплывает на поверхности в виде окислов, сера выгорает с образованием огромного количества окиси серы, используемой как сырьё для производства серной кислоты.

В результате процесса получают черновую медь (98,5-99,5 % Cu), которую можно использовать для производства медных сплавов, но которая не пригодна для электротехнической промышленности (для производства проводов).

***Конвертерный способ получения стали*** состоит в окислении избыточного углерода продувкой через жидкий чугун кислорода.

При этом, естественно, сгорает и некоторая часть железа. Реакция является экзотермической, поэтому в жидкий чугун можно добавить некоторую часть металлического лома, который при продувке кислородом расплавляется.

Процесс протекает довольно быстро (менее 20 мин). Производительность процесса зависит от объема конвертера (от 3 до 250 тонн).

При таком производстве стали химический состав ее зависит от содержания примесей в руде. Невозможно получить высококачественные легированные стали и переработка стального лома возможна только в ограниченных количествах, в то время как в промышленности накапливается его огромная масса.

***Мартеновский способ получения стали*** заключается в плавке шихты за счет горения топлива, в качестве которого используются

горючие газы, мазут, угольная пыль. При этом возможно производить контроль состава, вводить легирующие элементы.

В зависимости от вида процесса, в печь загружаются:

- жидкий чугун + руда - "рудный процесс".
- твердый чугун + металлический лом - "скраппроцесс"
- жидкий чугун+ металлический лом + руда -"скрапрудный процесс".

**Вопросы для самопроверки:**

1. В чем заключается сущность производства стали из чугуна? Какие существуют разновидности процессов получения стали?
2. Поясните сущность современных способов повышения качества стали: вакууммированием при разливке, электрошлаковым и вакуумно-дуговым методами переплавки и укажите области применения каждого из них.
3. Охарактеризуйте продукты доменного производства и укажите область применения каждого из них.
4. Опишите существующие способы разливки стали. Чем отличается спокойная сталь от кипящей? Опишите процесс кристаллизации спокойной стали в изложнице.
5. Опишите способы разливки стали. Укажите преимущества и недостатки каждого способа.

Задача №8.1.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 0,9 % Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК1, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.2.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2 % C, 2,4 % Si, 1,1% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК2, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.3.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 1,5% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК3, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара *Si* и Mn при выплавке.

Задача №8.4.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 0,9 % Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК4, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.5.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2 % C, 2,1 % Si, 1,2 % Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК5, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.6.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,1% C, 2,2% Si, 1,1% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК6, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.7.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0% C, 2,3% Si, 0,9% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК7, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Таблица 1

## Материал режущей части резца

| материал режущей части – пластины из ТС, РК, СТМ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| условие эксплуатации | | | материал пластины | | |
| обработка | припуск | глубина резания, мм | рекомендуемы й для усредненных условий | повышенной износостойкости | повышенной прочности |
| обтачивание и подрезание | | | | | |
| 1. конструкционные, подшипниковые и инструментальные стали (НВ 110-130) | | | | | |
| 1.1 мелкие и средние станки | | | | | |
| черно-вая | непрерывный | св. 1,5 до 3 | т15к6,мс111 | вок- 60,в3, тн20,кнт 16, вп1195 | т14к8, вп1255 |
| | | св. 3 до 7 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,КНТ16,МС111 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС2215, ВП1255 | Т5К12, | МС146 |
| | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,МС111, ВП1195 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 3 до 7 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2210 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К12,МС146 | Т5К10,МС1460 | ТТ7К12 |
| Чистовая | Непрерывный | До 1 | ВО-13,ВШ-75 | Композит1 0 | Т30К4,ТН20 |
| | | св. 1 до 3 | Т30К4, | ВОК-71 | ТН20,ТТ5К6 |
| 1.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая | Непрерывный | св. 3 до 7 | Т14К8, МС2215 | Т15К6,МС111 | Т5К10,МС1465 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2215 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 15 до 45 | Т5К10 | - | ТТ7К12,Т5К12 |
| Черновая | Прерывитый | св. 3 до 7 | Т5К10, МС131 | Т15К6, МС2215 | МС1465,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10, МС131 | Т14К8,ВП5510 | Т5К12, МС146 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | св. 15 до 45 | Т5К12 | Т5К10 | ТТ7К12 |
| Чисто вая | Непрерывный | до 2 | ВОК-60, В3 | Композит1 0 | Т30К4,Т15К6 |
| | | св. 2 до 7 | Т30К4 | ВОК-60 | Т15К6 |
| 2. Коррозийно-стойкая сталь | | | | | |
| 2.1 Мелкие и средние станки | | | | | |
| Черно вая и чисто вая | Непрерывный | св. 1,5 до 3 | ВК6-М | ВК10-ОМ, ВК3,ТТ18 К6, Т15К6 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК6- М,ТТ18К6 | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| Черновая и чистова я | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М | ВК10-ХОМ |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| 2.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая и чистовая | Непрерывный | св. 3 до 7 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М, ВК6-ОМ | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15-ХОМ |
| | | св. 15 до 30 | ВК15- ХОМ,ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | Прерывистый | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| | | св. 7 до 15 | ВК15-ХОМ. ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | | св. 15 до 30 | ВК15-ХОМ, ВК8 | ВК10- ХОМ | - |

Таблица №2

## Геометрические параметры режущей части резца

| Операция | Обрабатываемый материал | | Обработка | Припуск | α | γ | γФ | Параметры лезвия при H, мм | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 16:20 | 25:32 | 40:50 | 63:80 |
| | группа | твердость | | | | | | r=f0, мм | | | |
| Резцы из твердого сплава | | | | | | | | | | | |
| Об та чи ва ние и по дре за ние | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | Чер-новая | непрер | 6 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -6 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис-товая | Непре рыв. | 8 | 15 | -5 | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | НВ<240 -330 | Чер новая | Непре рыв. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -8 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | Коррозийностойк ая сталь | | Чер новая | Непре рыв. | 6 | 15 | -3 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 20 | -3 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | | Чер новая | Непре рыв. Преры в. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | | Чер новая | Непре рыв. и пре рыв. | 6 | 15 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,0-1,2 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 25 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 0,8-1,0 | 1,2-1,6 |
| | Сталь закаленная и от-беленный чугун | | Чис товая | Непре рыв. | 12 | - 10 | - | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| От ре за ние про | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | - | - | 6 | 15 | -5 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,2 |
| | | НВ<240 -330 | - | - | 8 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 0,8-1,0 | 1,6-2,0 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Коррозийностойк | - | - | 8 | 15 | -3 | 0,4- | 0,6- | 1,0- | 1,0- |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ре за ние | ая сталь | | | | | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | - | - | 6 | 8 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | - | - | 8 | 30 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |

Таблица 3

**Геометрические параметры режущей части резца (углы в плане)**

| Типы резцов | Условия работы | Главный угол в плане, φ | Вспомогательный угол в плане, φ1 |
|---|---|---|---|
| Резцы проходные | Жесткая система СПИД; L/D<6 | 10-30 | 5-10 |
| | Средняя жесткая система СПИД; L/D=6-12 | 45-60 | 10-15 |
| | Нежесткая система СПИД; L/D=12-15 | 75-90 | 15-20 |
| Резцы подрезные (S поперечная) | - | 30-70 | 25-45 |
| Резцы отрезные, прорезные | - | 80-90 | 1-3 |
| Резцы расточные | Жесткая система СПИД | 40-60 | 20-25 |
| | Нежесткая система СПИД | 60-75 | 20-25 |

Таблица 4

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

| Диаметр детали, мм | Размеры державки резца, мм | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочня | | | | | Чугун и медные сплавы | | | | |
| | | Подача S мм/об, при глубине t мм | | | | | | | | | |
| | | До 3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св.8 до 12 | Св.12 | До.3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св. 8 до | Св. 12 |
| До 12 | От16*25 до25*25 | 0,3-0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Св.20 до | От16*25 | 0,4- | - | - | - | - | 0,4- | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | до25*25 | 0,5 | | | | | 0,5 | | | | |
| >40>60 | От16*25 до25*25 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | 0,3-0,7 | - | - | 0,6-0,9 | 0,5-0,8 | 0,4-0,7 | - | - |
| >60 >100 | От16*25 до25*25 | 0,6-1,2 | 0,5-1,1 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | - | 0,8-1,4 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - |
| >100 >400 | От16*25 до25*25 | 0,8-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - | 1,0-1,5 | 0,8-1,9 | 0,8-1,1 | 0,6-0,9 | - |
| >400 >500 | От20*30 до40*60 | 1,1-1,4 | 1,0-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,2 | 0,4-1,1 | 1,3-1,6 | 1,2-1,5 | 1,0-1,2 | 0,7-0,9 | - |
| >500 >600 | От20*30 до40*60 | 1,2-1,5 | 1,0-1,4 | 0,8-1,3 | 0,6-1,3 | 0,1-1,2 | 1,5-1,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,4 | 0,9-1,2 | 0,8-1,0 |
| >600 >1000 | От25*40 до40*60 | 1,2-1,8 | 1,1-1,5 | 0,9-1,4 | 0,8-1,4 | 0,7-1,3 | 1,5-2,0 | 1,3-1,8 | 1,0-1,4 | 1,0-1,3 | 0,9-1,2 |
| >1000 >2500 | От30*40 до40*60 | 1,3-2,0 | 1,3-1,8 | 1,2-1,6 | 1,1-1,5 | 1,0-1,5 | 1,6-2,4 | 1,6-2,0 | 1,4-1,8 | 1,3-1,7 | 1,2-1,7 |

Примечание: 1. Нижнее значения подач соответствует меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхнее значение подач- большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.

При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударными нагрузками табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,75- 0,85.

При обработке закаленных сталей табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,8 для стали HRC 44-56 и на коэффициент 0,5 для стали с HRC 57-62.

Таблица 5

**Подачи при прорезании канавок и отрезании**

| Диаметр обработки, мм | Шири на резца, мм | Обрабатываемый материал | |
|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | Чугун, медные и алюминиевые сплавы |
| Токарные, токарно-револьверные станки | | | |
| До 20 | 3 | 0,06-0,08 | 0,11-0,14 |
| Св.20до 40 | 3-4 | 0,1-1,12 | 0,16-0,19 |
| Св.40до 60 | 4-5 | 1-0,13-0,16 | 0,20-0,24 |
| Св.60до 100 | 5-8 | 0,16-0,23 | 0,24-0,32 |
| Св.100до 150 | 6-10 | 0,18-0,26 | 0,3-0,4 |
| Св.150 | 10-15 | 0,28-0,36 | 0,4-0,55 |
| Карусельные станки | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| До 2500 | 10-15 | 0,35-0,45 | 0,55-0,60 |
| Св. 2500 | 16-20 | 0,45-0,60 | 0,60-0,70 |

Примечание: 1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм приближение резца к оси детали до 0,5 радиуса; табличные значения подач следует уменьшить на 40%-50%.
Для закаленной конструкционной стали. Табличные значения подач следует уменьшить на 30% при HRC < 50 и на 50% - при HRC>50.
При обработке резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения следует умножать на коэффициент 0,8

Таблица 6 Подачи при обтачивании, подрезании и растачивании. Чистовая обработка

| Форма пластины | Радиус при вершине r, мм | Подача S мм/об при требуемой шероховатости поверхности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ra=12.5 | | | Ra=6.3 | | | Ra=3.2 | | | Ra=1.6 | | |
| | | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | | | |
| | | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун |
| Многогранная | 0,5 | 0,51 | 0,29 | 0,44 | 0,34 | 0,2 | 0,29 | 0,21 | 0,12 | 0,19 | 0,13 | 0,09 | 0,1 |
| | 0,8 | 0,60 | 0,34 | 0,52 | 0,39 | 0,24 | 0,34 | 0,24 | 0,14 | 0,22 | 0,15 | 0,11 | 0,1 |
| | 1,2 | 0,69 | 0,41 | 0,61 | 0,45 | 0,38 | 0,39 | 0,29 | 0,17 | 0,27 | 0,18 | 0,13 | 0,1 |
| | 1,6 | 0,77 | 0,46 | 0,58 | 0,50 | 0,32 | 0,44 | 0,31 | 0,19 | 0,29 | 0,1 | 0,14 | 0,1 |
| | 2,0 | 0,82 | 0,50 | 0,71 | 0,55 | 0,35 | 0,47 | 0,34 | 0,21 | 0,31 | 0,21 | 0,16 | 0,2 |
| | 2,5 | 0,90 | 0,55 | 0,77 | 0,59 | 0,38 | 0,51 | 0,37 | 0,23 | 0,34 | 0,23 | 0,17 | 0,2 |
| Круглая | 6,0 | - | - | - | 0,80 | - | 0,69 | 0,50 | - | 0,45 | 0,32 | - | 0,3 |
| | 9,5 | - | - | - | 0,91 | - | 0,81 | 0,57 | - | 0,53 | 0,37 | - | 0,3 |
| | 11 | - | - | - | 1,0 | - | 0,85 | 0,63 | - | 0,56 | 0,42 | - | 0,37 |

| |
|---|
| Поправочный коэффициент KS= KS1+ KS2+ KS3, на подачу для измененных |

| условий работы | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вид обработки | | Обтачивание | | Подрезание | | Растачивание |
| KS1 | | 1,0 | | 0,9 | | 0,8 |
| Налич ие СОЖ | БЕЗ сож | С использованием СОЖ | Материал пластины | | БРС | ТС | РК |
| KS2 | 1,0 | 1,15 | KS3 | | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

Таблица 7

## Период стойкости резцов

| Черновая обработка | | | | Чистовая обработка | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Резцы токарные | Высота державки Н,мм | Пери од стой кости Т, мин для ТС | Пери од стой кости Т, мин для БРС | Резцы токарные | Высота дер-жавк и Н,мм | Период стой кости Т, мин для ТС | Пери-од стой-кос ти Т, мин для БРС |
| Проход ные | С20по40 | 30 | 30 | Проход ные | С20по40 | 60 | 60 |
| Подрез ные | С50по80 | 60 | 60 | Подрез ные | С50по80 | 90 | 90 |
| Расточ ные | С16по40 | 30 | 30 | Расточ ные | С16по40 | 60 | 60 |
| Отрезные | С16по40 | 30 | 30 | - | - | - | - |
| Прорезные | С50по80 | 60 | 60 | - | - | - | - |

Таблица 8

Значение коэффициента CV и показателей степени в формуле скорости резания при обработке резцами

| Вид обработки | Материал режущей части резца | Характеристи ка подачи S, мм/об | Коэффициент и показатели степени | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CV | x | y | n |
| Конструкционная углеродистая сталь | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными резцами | ТС | До 0,3 | 420 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | Св.0,3 до0,7 | 350 | | 0,35 | |
| | | Св.0,7 | 340 | | 0,45 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 292 | 0,30 | 0,15 | 0,18 |
| | | S>t | | 0,15 | 0,30 | |
| Отрезание | ТС | - | 47 | - | 0,80 | 0,18 |
| | БРС | - | 23,7 | - | 0,66 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Фасонное точение | БРС | - | 22,7 | - | 0,50 | 0,3 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 0 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 244 | 0,23 | 0,30 | 0,20 |
| | БРС | Черновые ходы: P<2 мм | 14,8 | 0,70 | 0,30 | 0,11 |
| | | P>2 мм | 30 | 0,60 | 0,25 | 0,08 |
| | | Чистовые ходы | 41,8 | 0,45 | 0,30 | 0,13 |
| Серый чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 292 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 243 | | 0,40 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 324 | 0,40 | 0,20 | 0,28 |
| | | S>t | | 0,20 | 0,40 | |
| Отрезание | ТС | - | 68,5 | - | 0,40 | 0,20 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 83 | 0,45 | - | 0,33 |
| Ковкий чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 317 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 215 | | 0,45 | |
| Отрезание | ТС | - | 86 | - | 0,4 | 0,20 |

Таблица 9

**Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца на скорость резания**

| Главный угол в плане | Коэффициент $K_{\varphi V}$ | Вспомогательный угол в плане $\varphi_1^0$ | Коэффициент $K_{\varphi 1 V}$ | Радиус при вершине | Коэффициент $K_{rV}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 1,4 | 1 | 1,0 | 1 | 0,9 |
| 30 | 1,2 | 1 | 0,97 | 2 | 1,0 |
| 45 | 1,0 | 2 | 0,94 | 3 | 1,0 |
| 60 | 0,9 | 3 | 0,91 | 5 | 1,3 |
| 75 | 0,8 | 4 | 0,87 | | |
| 90 | 0,7 | 5 | | | |

Таблица 10

**Поправочный коэффициент $K_{MV}$, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания**

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части инструмента | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Твердый сплав | Быстрорежущая сталь | | |
| | Расчетная формула | | | |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | KMV=750/σB | nV<br>K =Cm□ 750 □ ——<br>MV □□ □□<br>□ □ B □ | | |
| Чугун серый | 1, 25<br>KMV= □ 190 □¯¯<br>¯ ¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ——<br>¯ ¯ | | |
| Чугун ковкий | 1, 25<br>KMV= □ 150 □¯¯<br>¯ ¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ——<br>¯ ¯ | | |
| Обрабатываемый материал | Коэффициент обрабатываемости Cm | Показатели степени nv | | |
| | | точение | сверление | фрезерование |
| Сталь: Углеродистая (C<0,6%) | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 0,9 |
| Углеродистая (C>0,6%) | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Автоматная | 1,2 | 1,75 | 1,0 | - |
| Никелевая | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Хромистая | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,45 |
| Хромоникелевая | 0,9 | 1,50 | 0,9 | 1,35 |
| Хромомолибденовая, хром | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Алюминиевая и близкие к ним | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Хромомарганцевая, хромкремневая близкие к ним | 0,7 | 1,50 | 0,9 | 1,0 |
| Инструментальная быстрорежущая | 0,6 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Чугун: Серый | - | 1,70 | 1,3 | 0,95 |
| Ковкий | - | 1,70 | 1,3 | 0,85 |

Таблица 11

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозийно-стойких сталей и сплавов на скорость резания**

| Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усредненное значение коэф. KMV | Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усредненное значение коэф. KMV |
|---|---|---|---|---|---|
| 12Х8Н9Т | 550 | 1,0 | ХН60ВТ | 750 | 0,48 |
| 13Х11Н2В2М Ф | 1100-1460 | 0,8-0,3 | ХН77ТЮ | 850-1000 | 0,40 |
| 14Х17Н2 | 800-1300 | 1,0-0,75 | ХН35ВТ | - | 0,26 |
| 13Х14Н3В2Ф Р | 700-1200 | 0,5-0,4 | ХН70ВМТЮ | 950 | 0,50 |
| 17Х12Н8Г8М ФБ | - | 0,95-0,72 | ХН55ВМТК Ю | 1000-1250 | 0,25 |
| 45Х14Н14В2 М | 700 | 1,06 | ХН65ВМТЮ | 1000-1250 | 0,20 |
| 10Х11Н20Т3Р | 720-800 | 0,85 | ХН35ВТЮ | 900-1000 | 0,22 |
| 12Х21Н5Т | 820-10000 | 0,65 | ВТ3-1; ВТ3 | 900-950 | 0,40 |
| 20Х23Н18 | 600-620 | 0,80 | ВТ5; ВТ4 | 950-1200 | 0,70 |
| 31Х19Н9МВБ Т | 600-620 | 0,40 | ВТ6; ВТ8 | 750-950 | 0,35 |
| 15Х18Н12С4Т Ю | 730 | 0,50 | ВТ14 | 900-1200 | 0,53-0,43 |
| ХН78Т | 780 | 0,75 | 12Х13 | 900-1400 | 1,5-1,2 |
| ХН75МБТЮ | - | 0,53 | 30Х13; 40Х13 | 600-1100 | 1,3-0,9 |

Таблица 12

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико- механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания**

| Медные сплавы | KMV | Алюминиевые сплавы | KMV |
|---|---|---|---|
| Гетерогенные: НВ>140<br>НВ 100-140 | 0,7<br>1,0 | Силумин и литейные сплавы (закаленные), σВ=400-500 МПа, НВ>60 | 0,8 |
| Свинцовистые при основной гетерогенной структуре | 1,7 | Дюралюминий (закаленный), σВ=400-500 МПа, НВ>100 | 0,8 |
| Гомогенные | 2,0 | Силумин и литейные сплавы σВ=100-200 МПа, НВ>65 | 1,0 |
| Сплавы с содержанием свинца <10% при основной гомогенной структуре | 4,0 | Дюралюминий, σВ=300-400 МПа, НВ<140 | 1,0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Медь | 8,0 | Дюралюминий, σВ=200-300 МПа, | 1,2 |
| Сплавы с содержанием свинца >15% | 12,0 | | |

Таблица 13 Поправочный коэффициент $K_{nV}$, учитывающий состояние поверхности заготовки на скорость резания

| Состояние поверхности заготовки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Без корки | С коркой | | | | |
| | Прокат | поковка | Стальное и чугунное литье | | Медные и алюминиевые сплавы |
| | | | обычное | С загрязненной коркой | |
| коэффициент KnV | | | | | |
| 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,8-0,6 | 0,5-0,6 | 0,9 |

Таблица 14

## Поправочный коэффициент КИV, учитывающий влияние материала режущей части инструмента на скорость резания

| Обрабатываемый материал | Значение коэффициент КИV в зависимости от марки инструментального материала | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сталь конструкционная | Т15К12В 0,35 | Т5К1 0 0,65 | Т14К 8 0,8 | Т15К6 1,0 | Т30К4 1,4 | ВК8 0,4 | |
| Сталь коррозийно- стойкая и жаропрочная | ВК8 1,0 | Т5К1 0 1,4 | Т15К 6 1,9 | Р18 0,3 | | | |
| Сталь закаленная | HRC 35-50 | | | | HRC 51-62 | | |
| | Т15К6 1,0 | Т30К 4 1,25 | ВК6 0,85 | ВК4 1,0 | ВК6 0,92 | ВК8 0,74 | ВК8 0,83 |
| Серый и ковкий чугун | ВК8 0,83 | ВК6 1,0 | ВК4 1,1 | ВК3 1,15 | ВК2 1,25 | | |
| Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы | Р18, Р9 1,0 | ВК4 2,5 | В68 2,7 | 9ХС 0,6 | ХВГ 0,6 | У12 А 0,5 | |

Таблица 15

## Поправочный коэффициент КМР для стали и чугуна, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на силовые зависимости

| Обрабатываемый материал | Расчетная формула | Показатель степени мр при определении | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Составляющей PZ силы резания при обработке резцами | Крутящего момента М и осевой силы Ро при сверлении | Окружной силы резания PZ при фрезеровании |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная | | | | |
| σВ<600 МПа | | 0,75/0,35 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| σВ>600 МПа | $K_{MP} = \square \square B$ | 0,75/0,75 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| Серый чугун | $K_{MP} = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| Ковкий чугун | $K_{MP} = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| В числителе приведены значения показателя степени мр для твердого сплава, в знаменателе- для быстрорежущей стали. | | | | |

Таблица 16

## Значение коэффициента CPZ и показателей степеней в формуле силы резания при обработке резцами

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части резца | Вид обработки | Коэффициент и показатели степеней | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CPZ | x | y | n |
| Конструкцион ная сталь и стальное литье | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 300 | 1,0 | 0,75 | -0,15 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 384 | 0,90 | 0,90 | |
| | | Отрезание и прорезание | 408 | 0,72 | 0,8 | 0 |
| | | Нарезание резьбы | 148 | - | 1,7 | 0,71 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 200 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и | 247 | | 1,0 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | прорезание | | | | |
| | | Фасонное точение | 212 | | 0,75 | |
| Сталь жаропрочная | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 204 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| Серый чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 92 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 123 | | 0,85 | |
| | | Нарезание резьбы | 103 | - | 1,8 | 0,82 |
| | БРС | Отрезание и прорезание | 158 | 1,0 | 1,0 | 0 |
| Ковкий чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 81 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 139 | | 1,0 | |
| Медные сплавы | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 55 | 1,0 | 0,66 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 75 | | 1,0 | |
| Алюминий и силумин | БРС | Отрезание и прорезание | 40 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 50 | | 1,0 | - |

Таблица 17 Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на силу резания PZ при обработке сталей и чугуна

| Параметры | | Материал режущей части инструмента | Коэффициенты | |
|---|---|---|---|---|
| Наименование | Вели чина | | Обозна чение | Величина коэффициента |
| Главный угол в плане φ0 | 30 | ТС | Кφ | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,94 |
| | 90 | | | 0,89 |
| | 30 | БРС | | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,98 |
| | 90 | | | 1,08 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Передний угол γ0 | -15<br>0<br>10 | ТС | К γ | 1,25<br>1,1<br>1,0 |
| | 12-15<br>20-25 | БРС | | 1,15<br>1,0 |
| Угол наклона режущей кромки λ0 | -5<br>0<br>5<br>15 | ТС | Кλ | 1,0<br>-<br>-<br>- |
| Радиус при вершине резца r,<br>мм | 0,5<br>1,0<br>2,0<br>3,0<br>4,0 | БРС | К r | 0,87<br>0,93<br>1,0<br>1,04<br>1,10 |

Таблица 18

**Поправочный коэффициент $К_{МР}$ для медных и алюминиевых сплавов, учитывающий влияние свойства обрабатываемого материала на силу резания**

| КМР для медных сплавов | | | | | | КМР алюминиевых сплавов | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гетерогенные | | С содерж. свинца <10% | С содерж. свинца >15% | Галогенные | Медь | Алюминий и силумин | дюралюмин | |
| НВ<12 0 | НВ<120 | | | | | | σВ<35 0 МПа | σВ>350 МПа |
| 1,0 | 0,75 | 0,65-0,70 | 0,25-0,45 | 1,8-2,2 | 1,7-2,1 | 1,0 | 2,0 | 2,75 |

**Министерство образования и науки РФ**
**ФГОБУ ВО**
**Уральский государственный**
**горный университет**

# *ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ*

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

**для студентов направления бакалавриата:**
**15.03.01 «Машиностроение»,**
**15.03.02 - «Технологические машины и оборудование» (ТМО) и среднего профессионального образования**
**(15.02.01) - «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования(по отраслям)»**
***очного и заочного обучения***

Екатеринбург
2021

Сборник чертежей деталей машин для выполнения домашнего задания по дисциплине «Технология конструкционных материалов»: Учебное пособие содержит чертежи типовых деталей машин: зубчатых колес, втулок, валов, рычагов и др., предназначенные для выполнения студентами домашнего задания по дисциплине «Технология конструкционных материалов» (ТКМ). Все чертежи выполнены с использованием программы твердотельного моделирования Autodesk Inventor Professional 10. Пособие может быть рекомендовано для решения технологических задач на зачетах и экзаменах по курсу ТКМ.

Содержание учебного пособия «Сборник чертежей деталей машин для выполнения домашнего задания по дисциплине ТКМ» соответствует утвержденной программе учебно-методического комплекса по дисциплине «Технология конструкционных материалов».

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Домашнее задание по дисциплине «Технология конструкционных материалов» (ТКМ) предназначено для закрепления студентами теоретических и практических знаний, полученных в курсе лекций, на семинарских занятиях, при выполнении практических работ учебно-технологического практикума; для овладения навыками самостоятельного использования методик решения типовых технологических задач и получения практического опыта работы со справочными материалами. Выполнение домашнего задания помогает также студентам получить умение находить связь между исходными данными по-

ставленной задачи и требуемым результатом, проводить анализ и на базе знаний общих подходов предложить варианты решений и составить рациональный путь решения конкретной задачи.

Настоящее учебное пособие направлено на улучшение технологической подготовки инженеров-конструкторов, технологов, а также специалистов других профессий. Оно содержит более 40 вариантов чертежей деталей машин, позволяющих решать такие задачи домашнего задания, как:

отработка на технологичность конструкции детали в зависимости от типа производства и вида выбранной заготовки;

выбор последовательности методов и видов обработки разных поверхностей детали с учетом технической оснащенности производства и возможности использования инновационных технологий; выбор средств технологического оснащения; разработка схем обработки;

выбор рациональной технологии обработки указанных на чертеже поверхностей детали по различным критериям, например, максимальной производительности, с использованием расчетных методов и др.

Чертежи деталей машин, составляющие содержание пособия, несут информацию, используемую при выполнении домашнего задания: материал детали, размеры, необходимое количество проекций, разрезы, сечения, требования по точности и шероховатости. Дополнительно каждый чертеж имеет несколько конструктивных неточностей. Ими могут быть, например, отсутствие канавок для свободного входа и выхода инструмента, размеры резьб, модулей, диаметров от-

верстий, отличные от предпочтительного ряда чисел и другие неточности, связанные с конструкцией детали. Все они направлены на овладение студентами навыков анализа рабочего чертежа детали с целью разработки наиболее технологичной конструкции.

Пособие может быть рекомендовано по направлению подготовки дипломированных специалистов «Машиностроительные технологии и оборудование» и Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов».

## Работа № 1. Определение режима резания при точении

К современным машинам предъявляются высокие эксплуатационные и технико-экономические требования, для обеспечения необходимого качества обработки деталей машин. Для выполнения этих требований необходимо иметь режущий инструмент с оптимальными параметрами: геометрией, материалом режущей части и режим резания.

**Задание по работе.**

Необходимо подобрать по размерам детали и инструмента станок; установить тип и вид инструмента, необходимый для обработки; выбрать оптимальные режимы резания и рассчитать основное технологическое время – $T_O$.

**Выполнение работы**

1. Получив задание (вариант № **) определить по справочнику [1] вид инструмента [1,4] и его назначение [2, 3].
2. Выполнить эскиз инструмента с указанием основных размеров и углов режущей части
3. Указать из какого материала может быть изготовлена режущая часть данного инструмента,
4. Изобразить схему обработки заготовки данным инструментом с указанием всех движений и установки.
5. Выбрать станок, на котором можно производить обработку данным инструментом, по выбранной схеме.

6. Рассчитать режим резания и основное технологическое время при обработке данным инструментом заданной поверхности [4], стр. 609 - 619.

Отчет выполняется на бланке, эскиз и схема обработки выполняется карандашом по линейке.

**Литература.**


1. Справочник инструментальщика, М. Машиностроение, 1987. 846 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя, т.2. М: Машиностроение. 1986. 496 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.

## Работа №2 Выбор режущего инструмента

**Цель работы**

Научиться правильно выбирать инструмент, металлорежущий станок, режимы резания для обработки заданной поверхности детали.

**Задание по работе.**

Необходимо подобрать по размерам детали и инструмента станок; установить тип и вид инструмента, необходимый для обработки; выбрать оптимальные режимы резания и рассчитать основное технологическое время – $T_O$.

**Ход работы**

1. Получив эскиз детали, с указанием поверхности (таблица), подлежащей обработке по размерам, конфигурации и виду обрабатываемой поверхности, пользуясь предложенной литературой, подобрать тип, вид и размеры режущего инструмента.
2. Исходя из материала обрабатываемой детали, вида и условий обработки установить оптимальную геометрию режущей части инструмента [2], [3].
3. Начертить эскиз режущего инструмента, используя типовые примеры, приведенные в альбоме [3]. На эскизе указать основные размеры инструмента, геометрию режущей части и материал режущей части.
4. Руководствуясь размерами детали и режущего инструмента, используя справочник технолога – машиностроителя [2], подобрать конкретный металлорежущий станок. Дать полную расшифровку мо-

дели станка. Ознакомиться с устройством данного станка [4] или, станка такого типа, с его технологическими возможностями.

5. Начертить схему обработки детали выбранным инструментом ( показать взаимное их положение при обработке, стрелками показать движения резания и подачи, вспомогательные движения).

6. **Выбрать** режим обработки [2]; выбранные значения **сверить** с данными станка. Рассчитать основное технологическое время на обработку заданной поверхности (или поверхностей) [1]. Полученные данные свести в таблицу (см. отчет). Допускается скорость резания **не рассчитывать, а принимать** рекомендуемую по таблицам [1].

## Оформление отчета

Эскиз инструмента и схема обработки вычерчиваются на специальном бланке.

**ЛИТЕРАТУРА**

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

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. - М.: Машиностроение, 1986, 496 с., ил.

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., ил..

4. Альбом «Металлорежущие инструменты». – М.: 1979. Кучер А. М., Киватицкий М. М., Покровский А. А. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1965.

## 3. Выбор шлифовального круга и режима резания

**Цель работы.**

Научиться выбирать шлифовальные круги в зависимости от материала детали и требований, предъявляемых к ней.

**Ход работы.**

По полученному заданию выбрать схему шлифования.

Начертить схему обработки детали на шлифовальном станке, указав стрелками движение резания, движение подачи и вспомогательные движения.

Выбрать станок для шлифования заданной поверхности детали по техническим характеристикам станка [1].

Выбрать тип круга по области применения (табл. П3.1.1).

Основные размеры круга принимаются по техническим характеристикам станка [1].

Выбрать примерную характеристику круга в зависимости от материала детали и ее шероховатости (табл. П3.1.2).

В выбранной примерной характеристике отсутствуют ряд параметров круга, предусмотренных стандартом, поэтому ее необходимо дополнить.

Все параметры, входящие в характеристику круга необходимо расшифровать, указав:

а) абразивный материал – (табл. П3.1.3), получение абразивного материала, микротвердость, теплоустойчивость (табл. П3.1.4);

б) зернистость инструмента (табл.П3.1.5), обозначается по ГОСТ

3647 – 80. Уточняется размер зерна основной фракции и выбирается индекс обозначения содержания зерна в основной фракции (процент).

в) твердость инструмента – параметр, характеризующий способность инструмента сопротивляться нарушению сцепления между зернами и связкой при сохранении характеристик инструмента в пределах установленных норм (табл. П3.1.6);

г) структура абразивного по таблице П3.1.7

д) связка абразивного круга выбрать по табл.П3.1.8

е) в полной характеристике абразивного круга указывается окружная скорость круга. Скорость ограничивается прочностью инструмента, принимается по табл.П3.1.8;

ж) класс точности инструмента.

з) класс неуравновешенности инструмента.

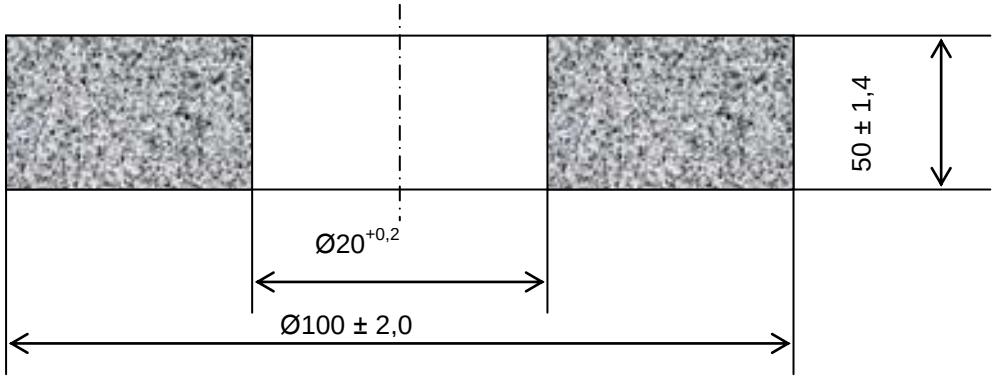
и) все выбранные параметры составляют полную характеристику абразивного круга.

к) По таблицам [1] или П3.1.9 определяются режимы резания.

л) По полученным данным изображают эскиз круга с предельными отклонениями (табл. П3.1.9 )

**Пример:**

*ПП 100 × 50 × 20 24А 10П С2 7 К5 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424 - 83*



Круг шлифовальный: тип ПП, $D$ = 100, $H$ =50, $d$ = 20, белого электрокорунда марки 24А, зернистости 10П, степень твердости С2, структура 7, связка керамическая К5, рабочая скорость 35 м/с, класс точности А, класс неуравновешенности 1.

Отчетность по работе.

Отчет выполняется на бланке. Все рисунки и подписи к ним выполняются аккуратно карандашом

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1986, 496 с., ил.
2. Справочник инструментальщика, М. Машиностроение, 1987. 846 с.

Таблица

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

| Вариант №№ | Номер рисунка | Работа № | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | | 2 | | 3 | |
| | | Состояние поверхности | Поверхность. Диаметр | | Поверх-ность | Припуск, мм | Поверх-ность | Припуск, мм |
| | | | после обработки | До обработки | | | | |
| 1. | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1. | 1 | прокат | 125 | 128 | Паз В | - | торец | 0,45 |
| 2. | 2 | отливка без корки | 108 | 110 | паз | - | 108 | 0,25 |
| 3. | 3 | поковка | 70 | 100 | паз | | 70 | 0,25 |
| 4. | 4 | штамповка | 73 | 60 | отверстие | | 73 | 0,3 |
| 5. | 4 | отливка с коркой | 212 | 230 | паз | | 212 | 0,18 |
| 6. | 5 | отливка без корки | 157 | 180 | паз | | торец | 0,25 |
| 7. | 6 | штамповка | 70 | 80 | Пов. В | | | 0,4 |
| 8. | 8 | отливка без корки | 184 | 190 | паз | | торец | 0,25 |
| 9. | 8 | отливка с отверст. | 63 | 90 | Пов. Б | | 36 | 0,2 |
| 10. | 9 | отливка без корки | Торец 215 | Припуск $h$ =1 | паз 14 | | 63 | 0,35 |

Продолжение таблицы

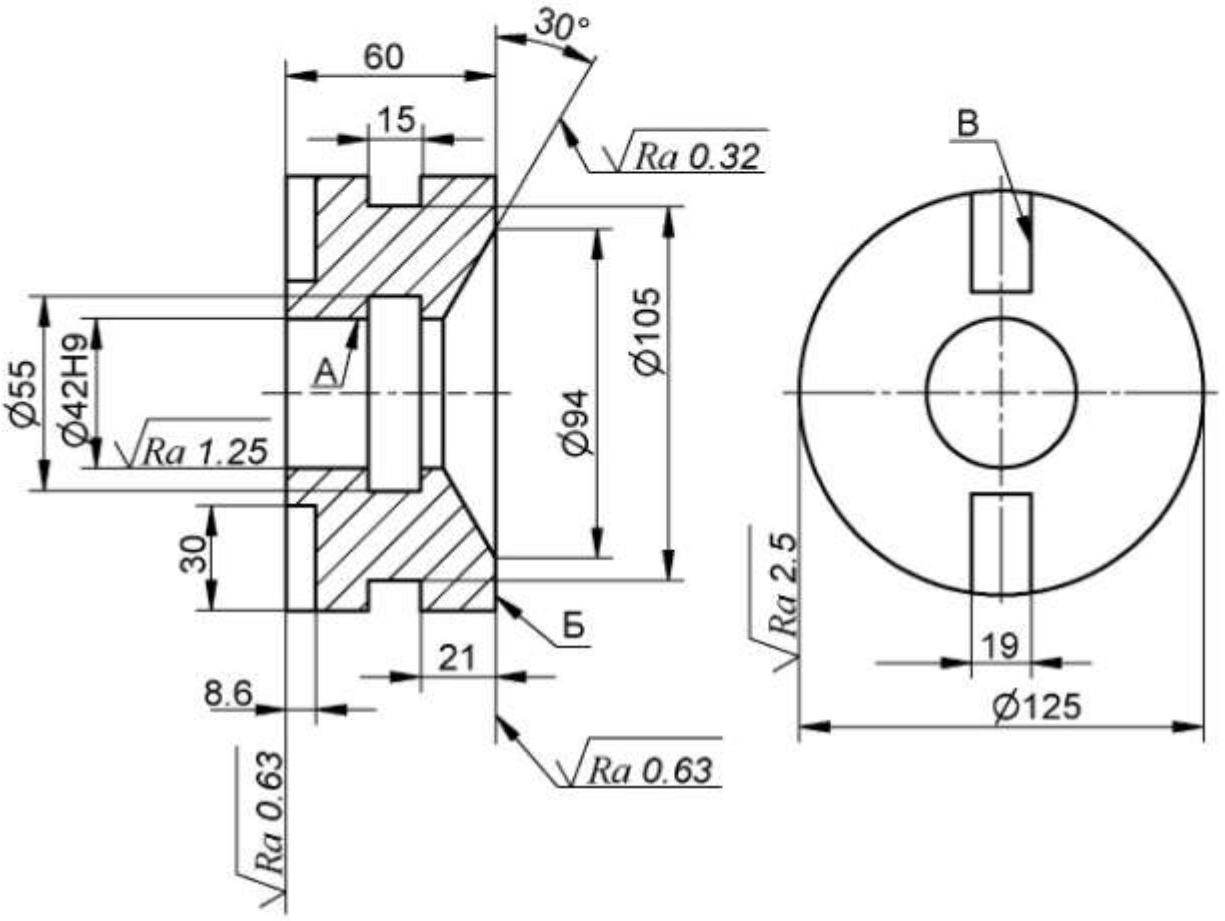
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11. | 9 | отливка с коркой | 63 | 60 | Паз 10 | | 91 | 0,25 |
| 12. | 15 | прокат с просверл. отверст. | 45 | 80 | паз | | 45 | 0,2 |
| 13. | 16 | штамповка | 48 | 50 | паз | | торец 48 | 0,3 |
| 14. | 18 | отливка с коркой | 76 | 90 | Пов. В | - | Пов. В | 0,15 |
| 15. | 19 | отливка без корки | 45,3 | 60 | Пов. В | | 60 | 0,2 |
| 16. | 20 | штамповка | 51 | 48 | Отв. 7 | | 60 | 0,5 |
| 17. | 20 | отливка с коркой | 61 | 70 | Отв. 3 | | 51 | 0,2 |
| 18. | 22 | штамповка | 200 | 210 | 160 | | 70 | 0,25 |
| 19. | 23 | прокат | 40 | Квадрат 75 | Паз 20 | | 40 | 0,2 |
| 20. | 24 | отливка с коркой | 56 | 70 | Пов. В | | 47 | 0,25 |
| 21. | 26 | поковка, об-работанная | 40 | 31 | Пов. В | | 52 | 0,2 |
| 22. | 27 | прокат | 180 | 200 | паз | | 90 | 0,3 |
| 23. | 29 | прокат | 37 | 42 | Паз 8,2 | | 37 | 0,2 |

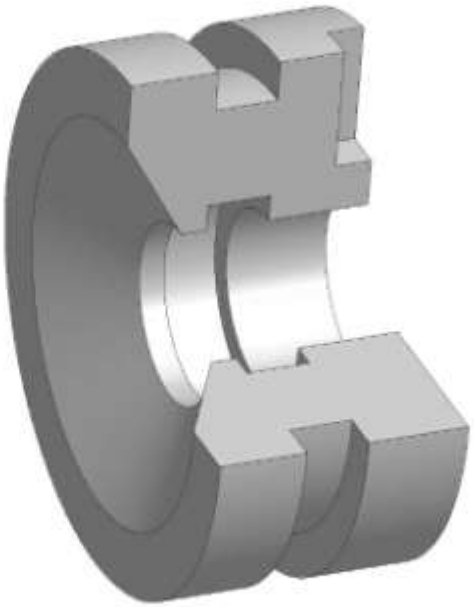
Окончание таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24. | 29 | прокат, обработан-ная | 40 | 45 | Отв. 8,2 | | 38 | 0,25 |
| 25. | 50 | прокат | 16 | 30 | паз | | Пов. Б | 0,25 |
| 26. | 49 | отливка с коркой | 30 | 40 | Паз А-А | | 20 | 0,25 |
| 27. | 49 | после сверления | 20 | 30 | Паз Б-Б | | 30 | 0,3 |
| 28. | 48 | поковка с коркой | 60 | 67 | паз | | 56 | 0,2 |
| 29. | 45 | прокат | 90 | 95 | Пов .В | | Пов. А | 0,3 |
| 30. | 44 | поковка | 50 | 60 | 40 | | 30 | 0,3 |

# Стопор

$\sqrt{Rz\ 40(\sqrt{})}$

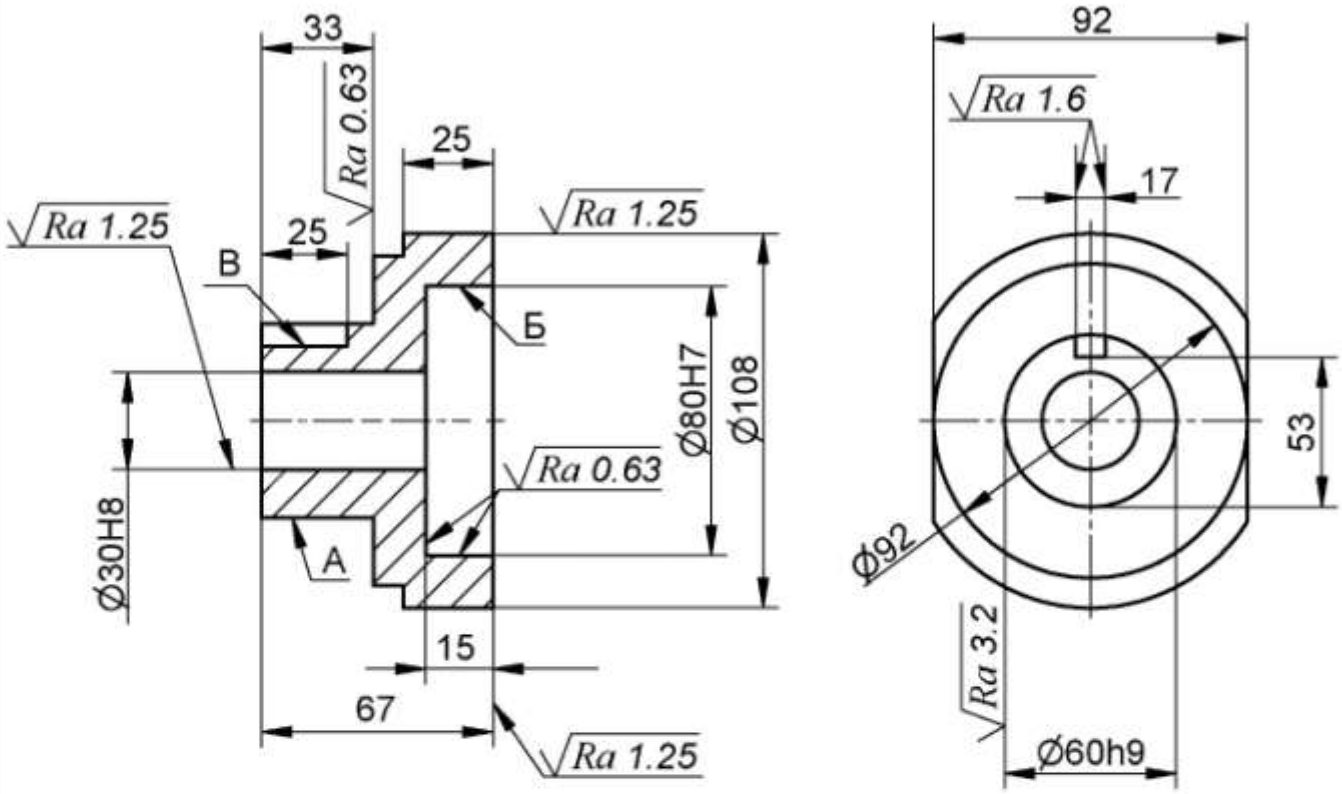


Материал: Чугун СЧ 18 (Сталь 40ХФА)
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

# Вал ведущий

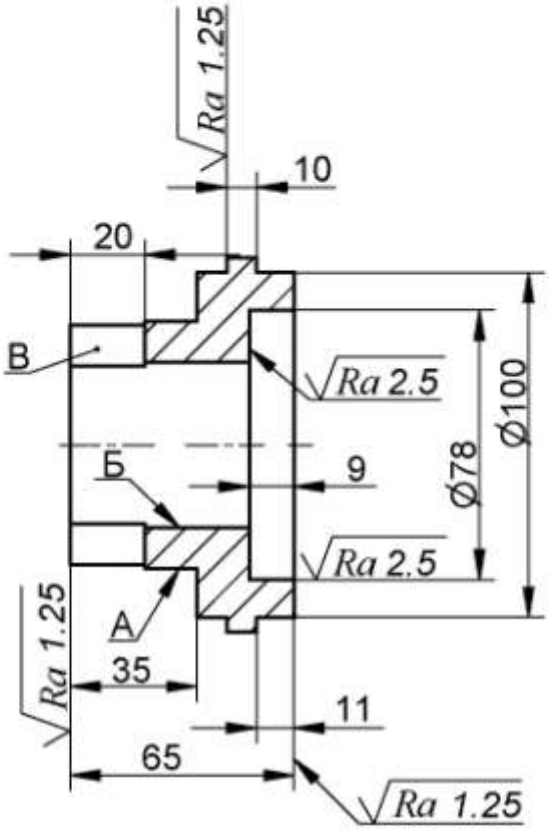
$\sqrt{Rz\ 40(\sqrt{})}$

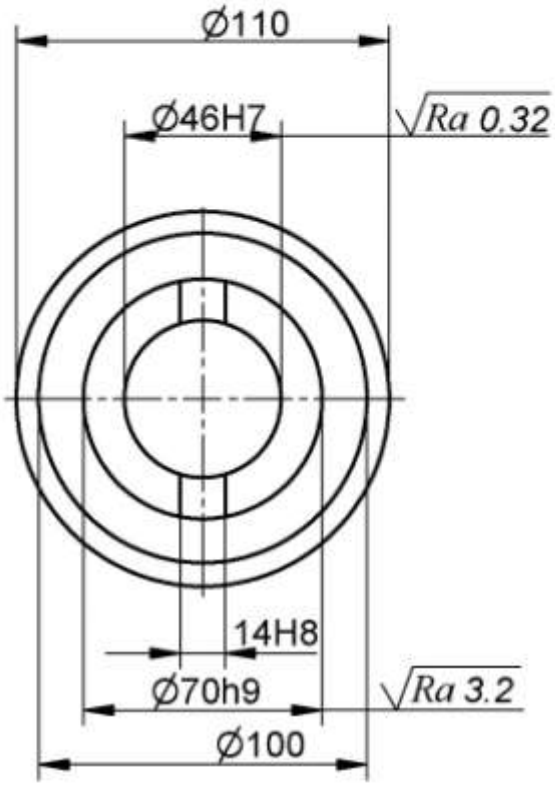


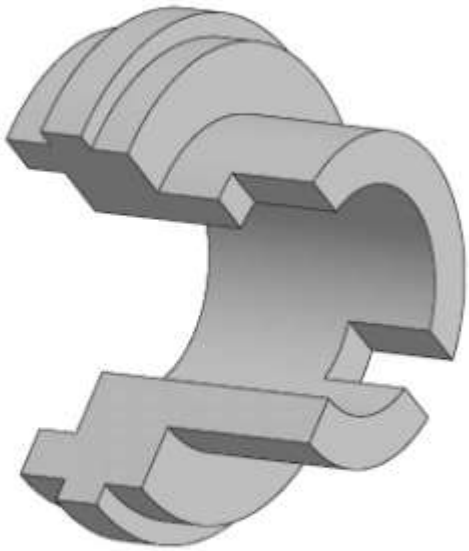



*Материал: Чугун СЧ 25 (Сталь 40Х)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Фрикцион

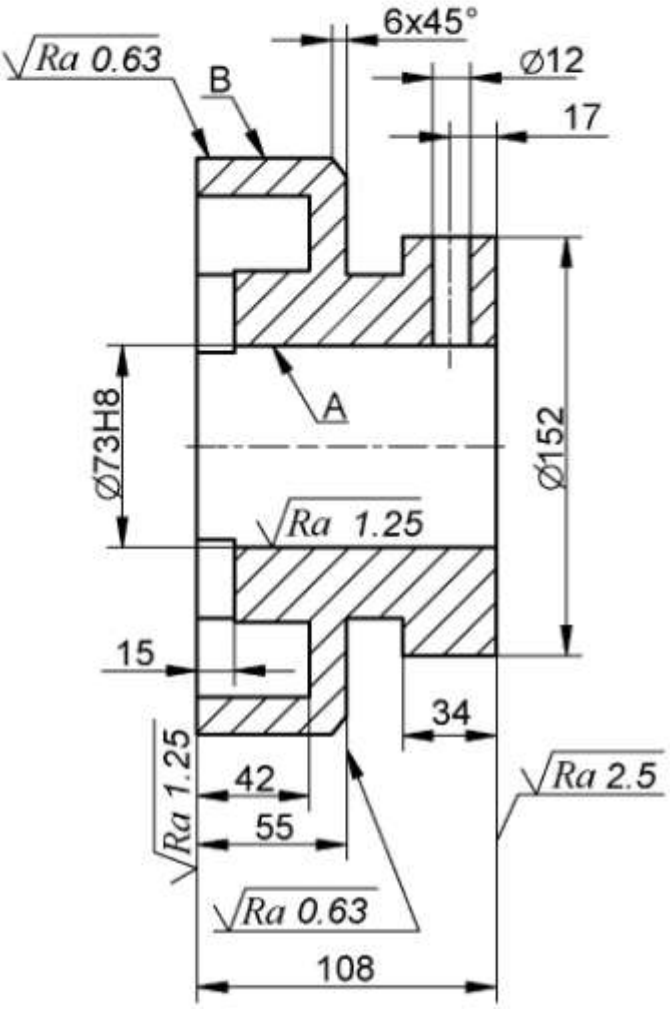


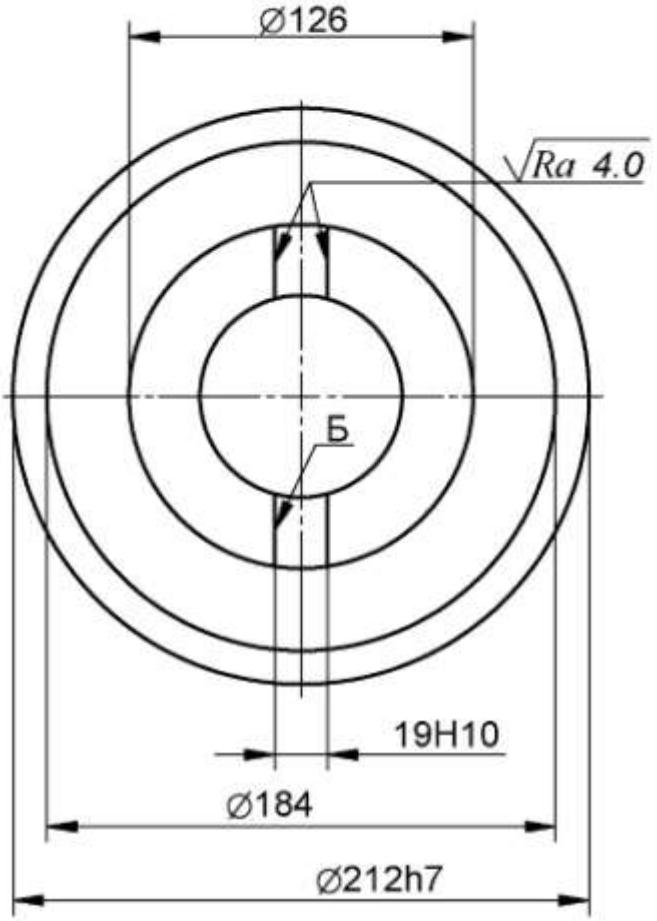



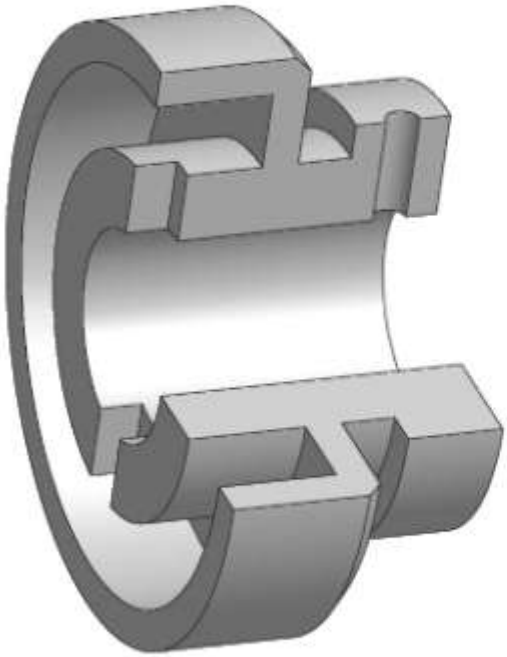



*Материал*: *Чугун СЧ 25 (Сталь 25)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: H12, h12, ± IT12/2

# Лимб

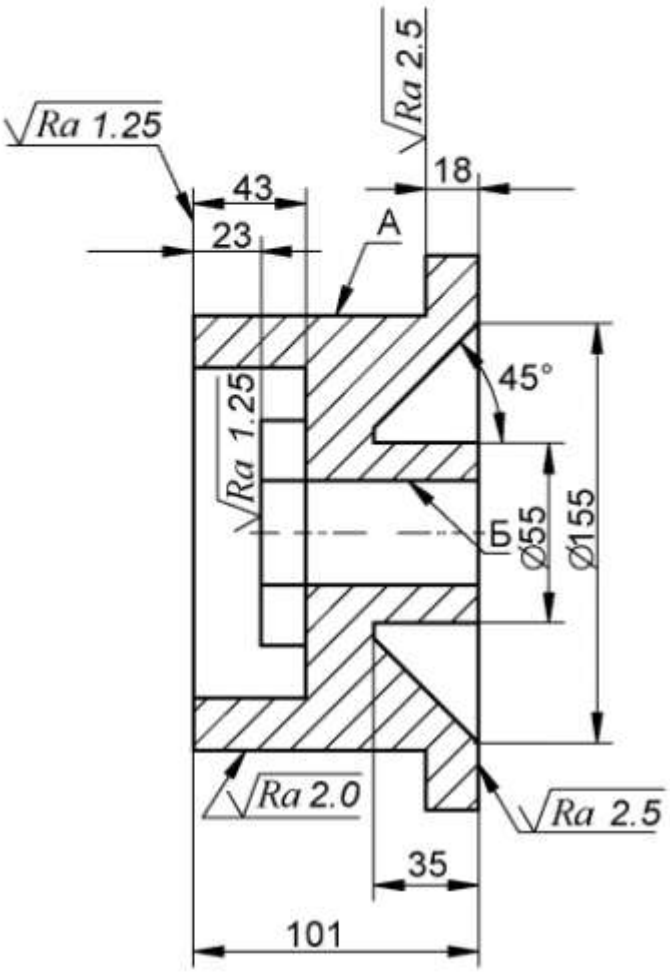


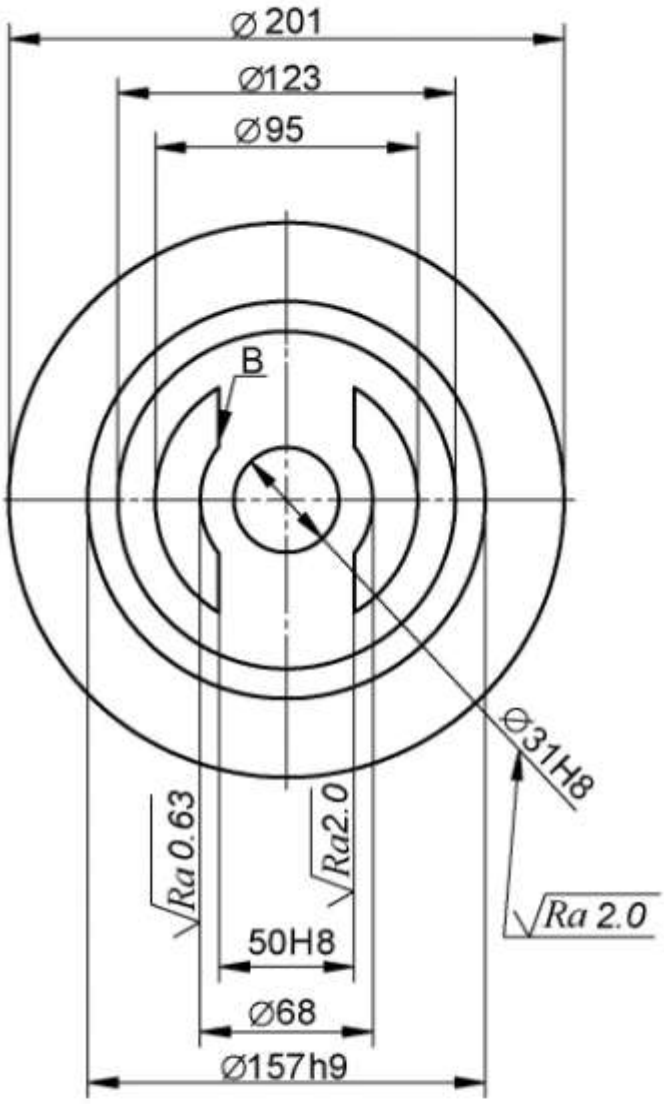



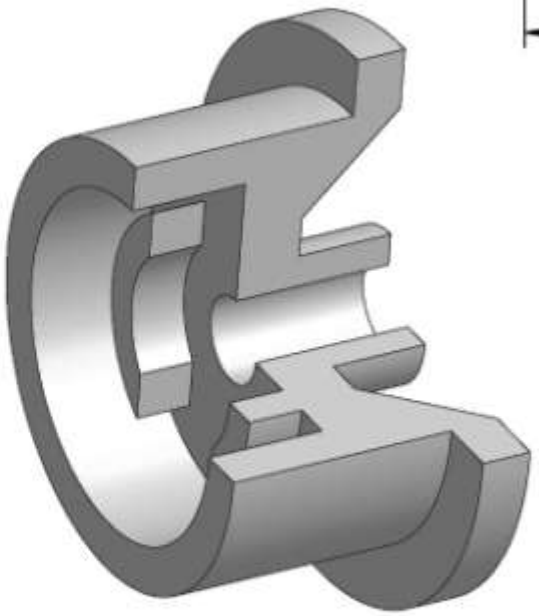



Материал: Чугун ВЧ 45 (Сталь 40ХФА)
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

# Насадка



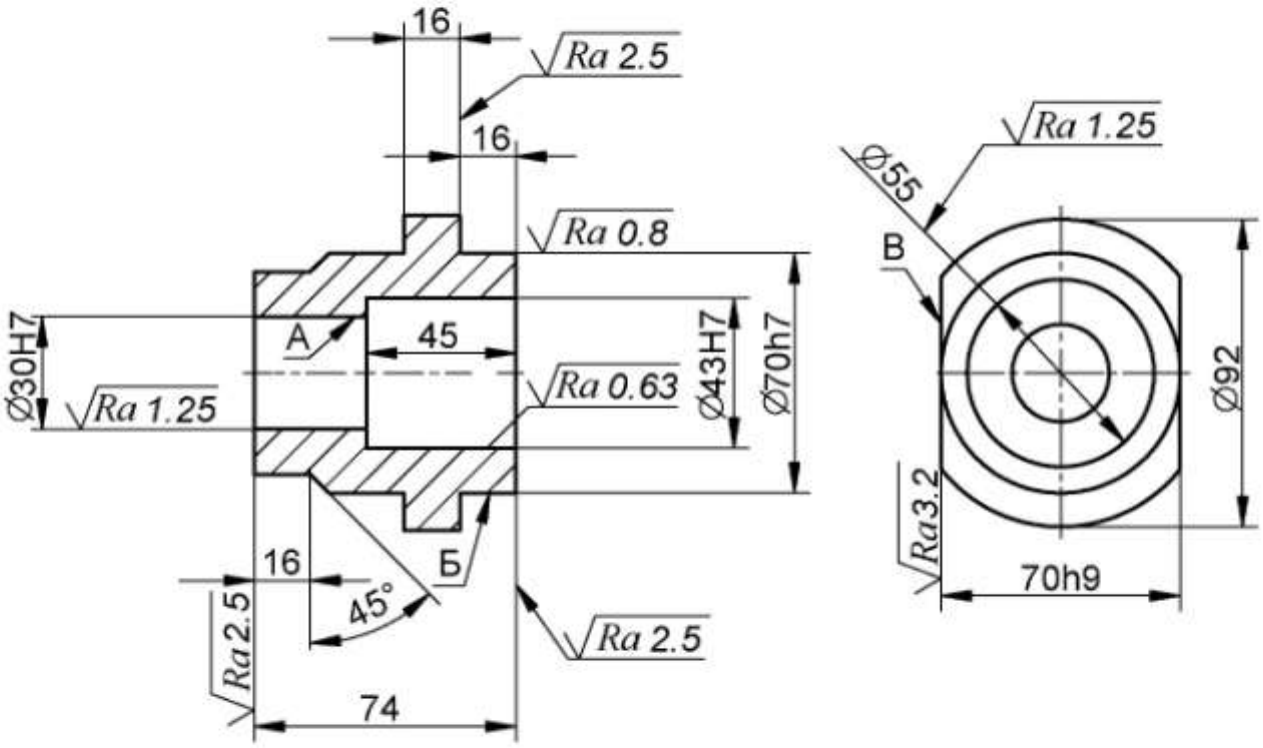



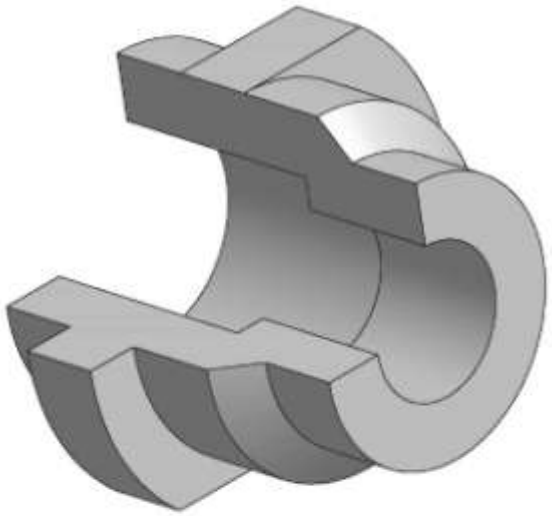



*Материал: Чугун СЧ 35 (Сталь 40ХФА)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Втулка опорная

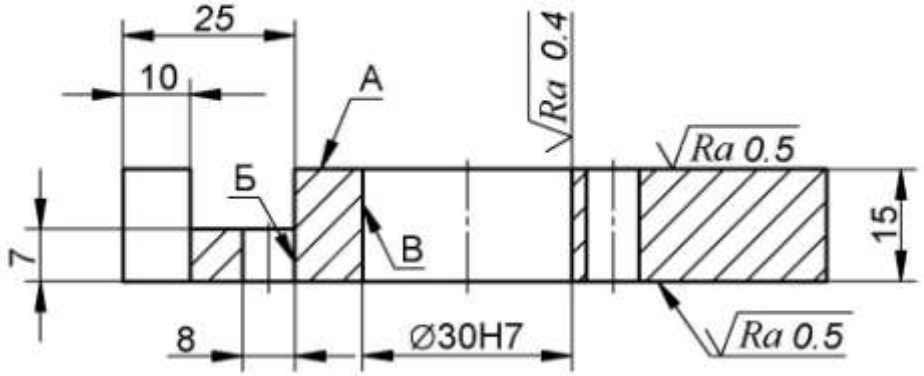
$\sqrt{Rz\ 80(\sqrt{})}$

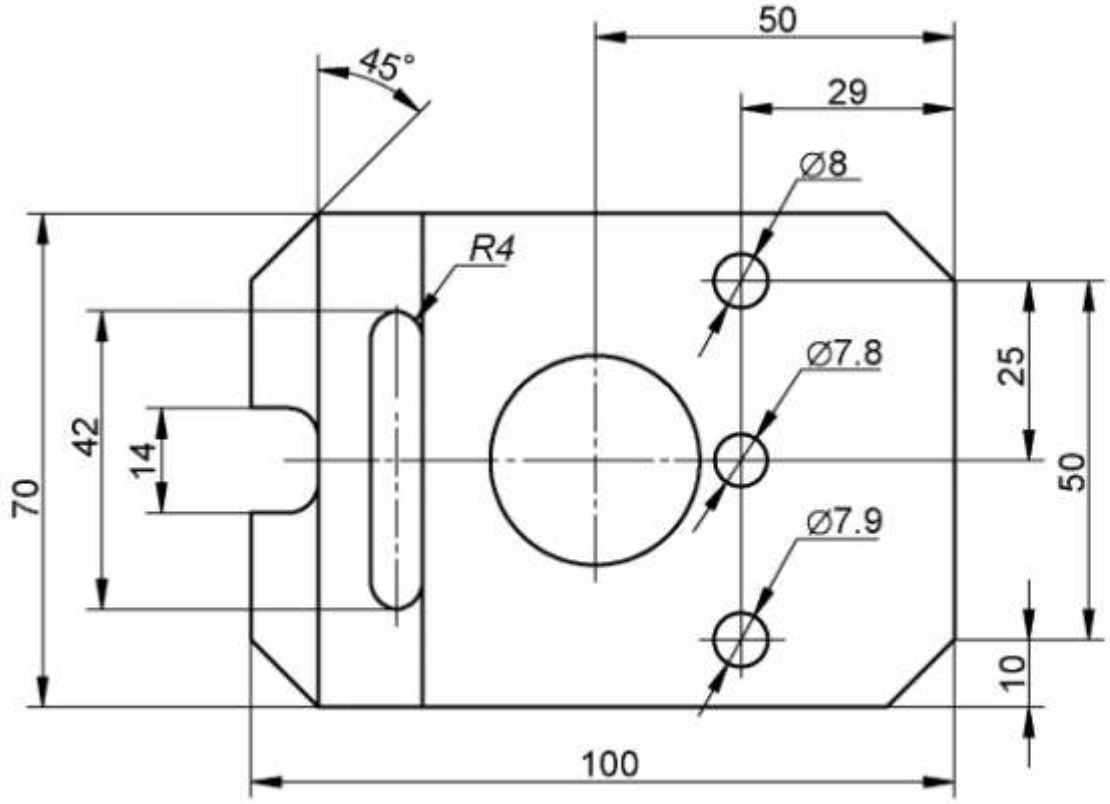


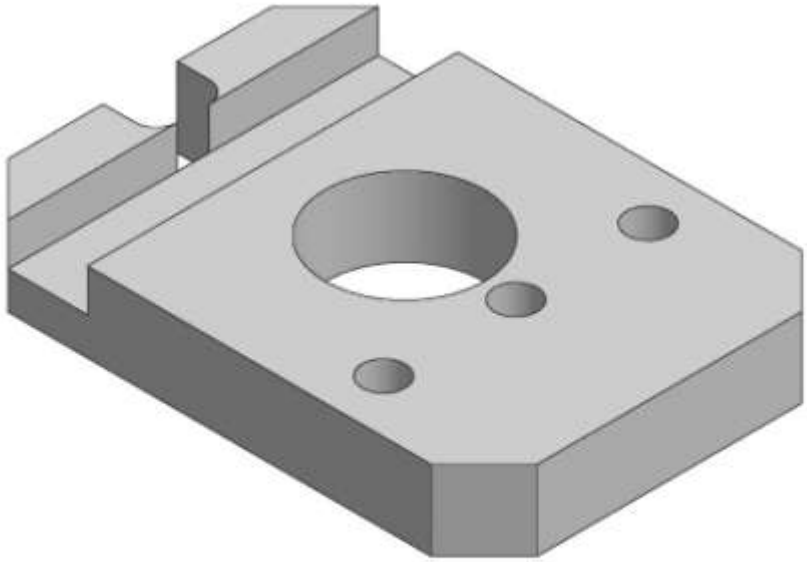



*Материал: Чугун СЧ 18 (Сталь 20Х)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Плита кондукторная $\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$



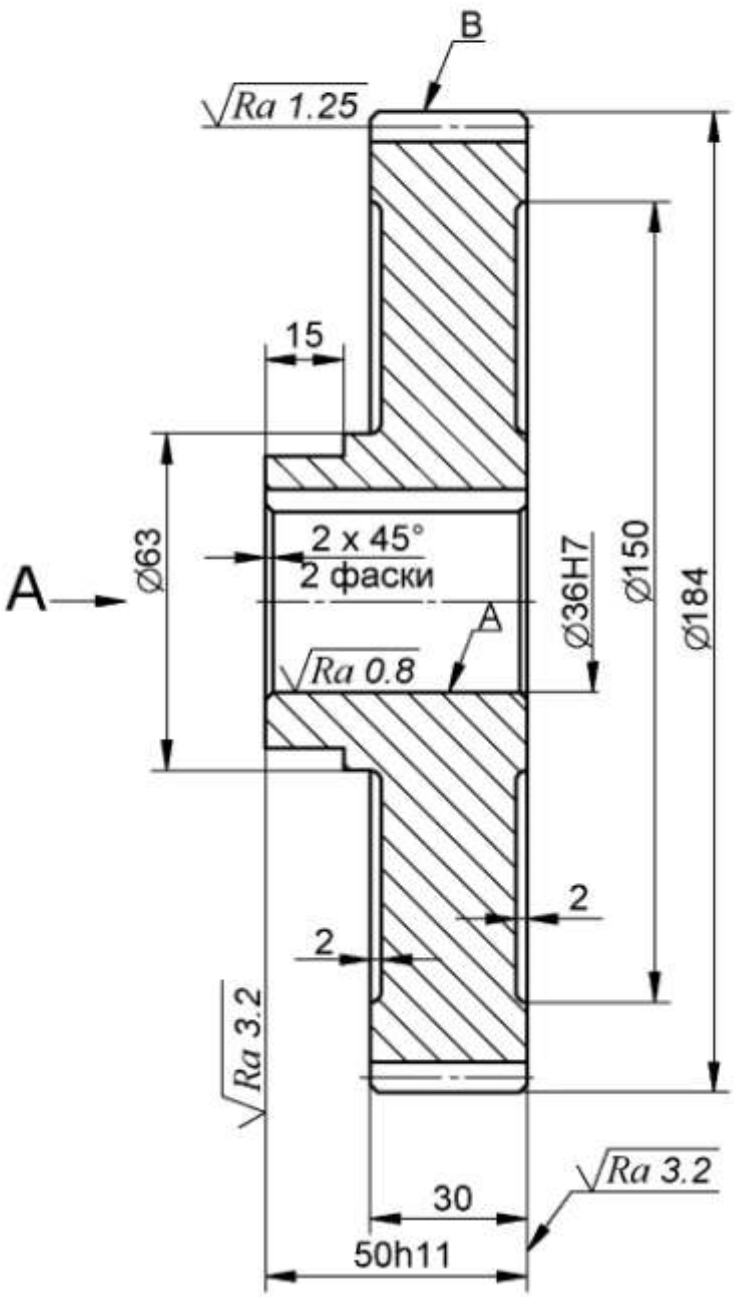



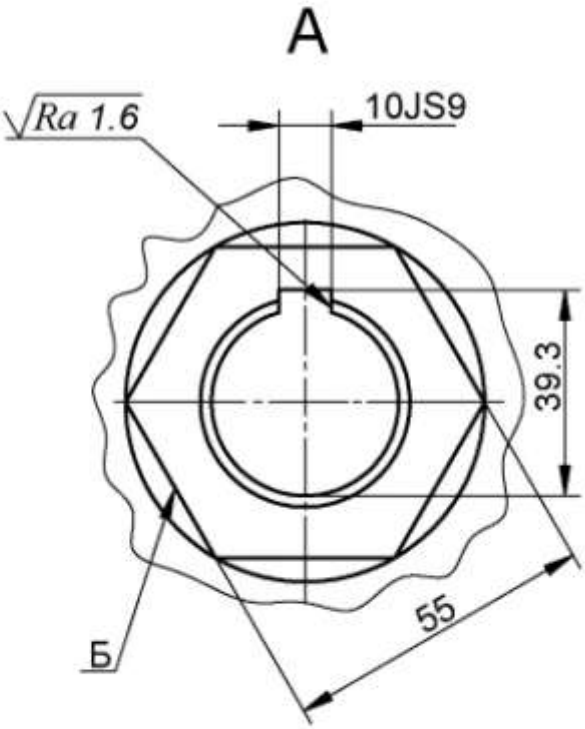
*Материал: Сталь 20*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

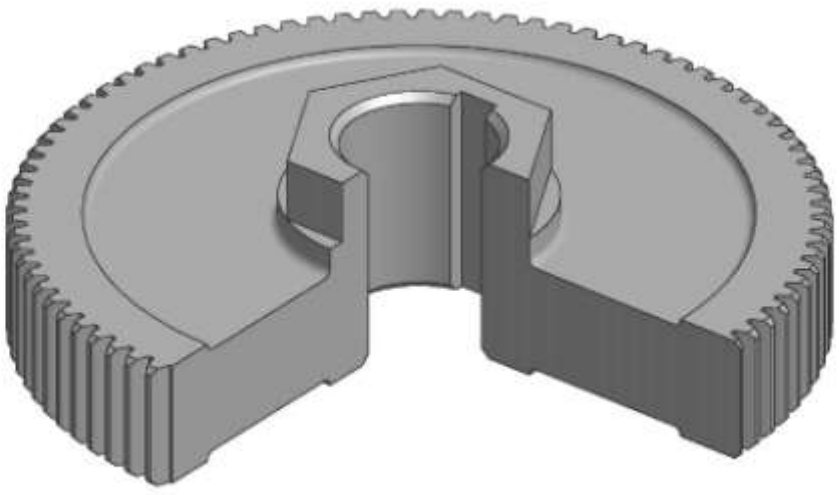
# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| Модуль | m | 2 |
|---|---|---|
| Число зубьев | z | 90 |
| Степень точности | | 8-С |
| Делительный диаметр | d | 180 |



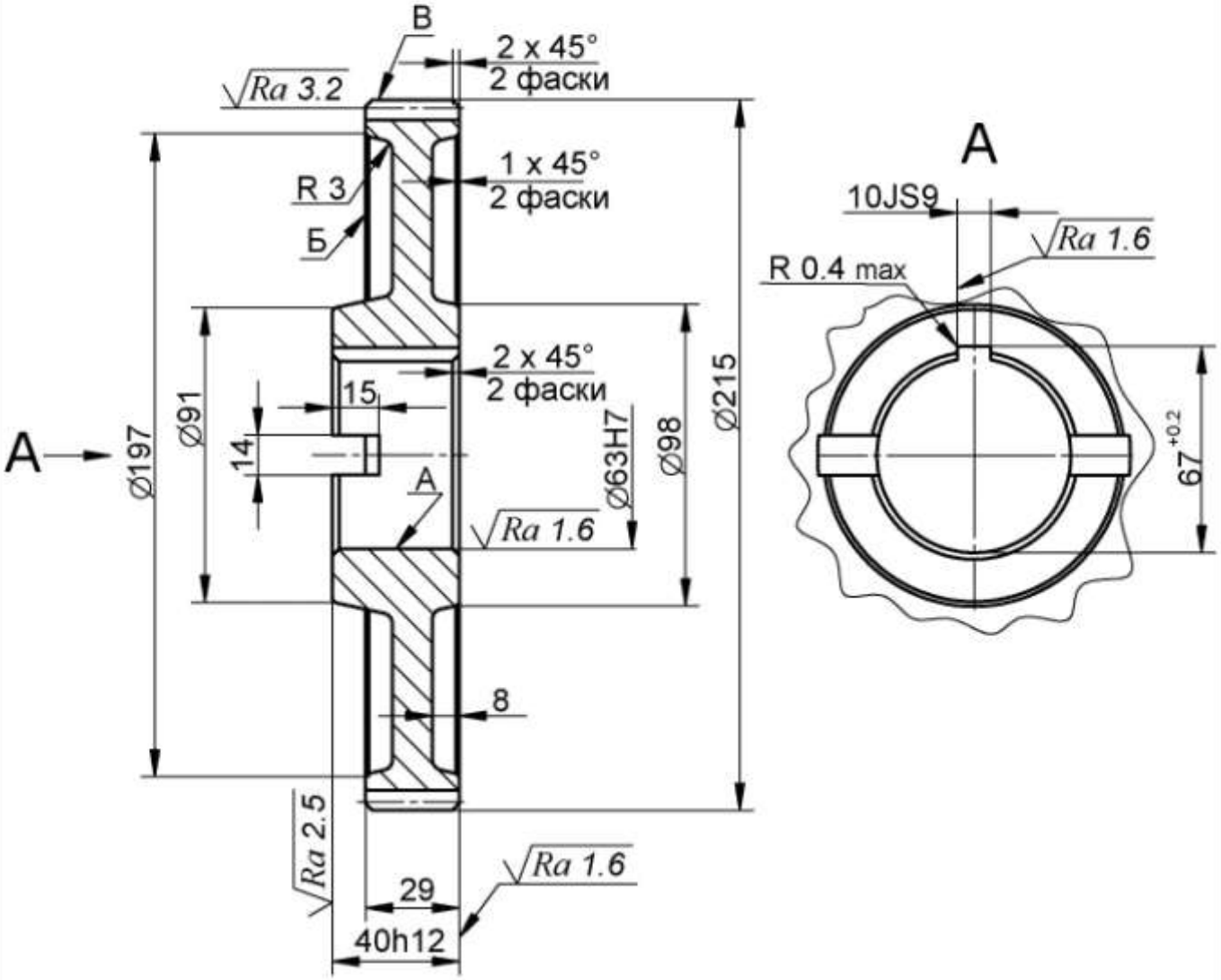
Материал: Сталь 40Х

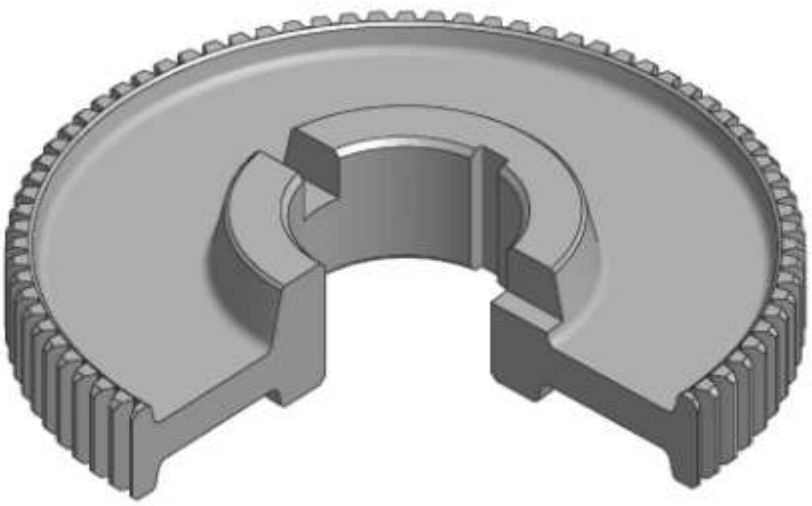
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | m | 2.5 |
| Число зубьев | z | 84 |
| Степень точности | | 8-В |
| Делительный диаметр | d | 210 |



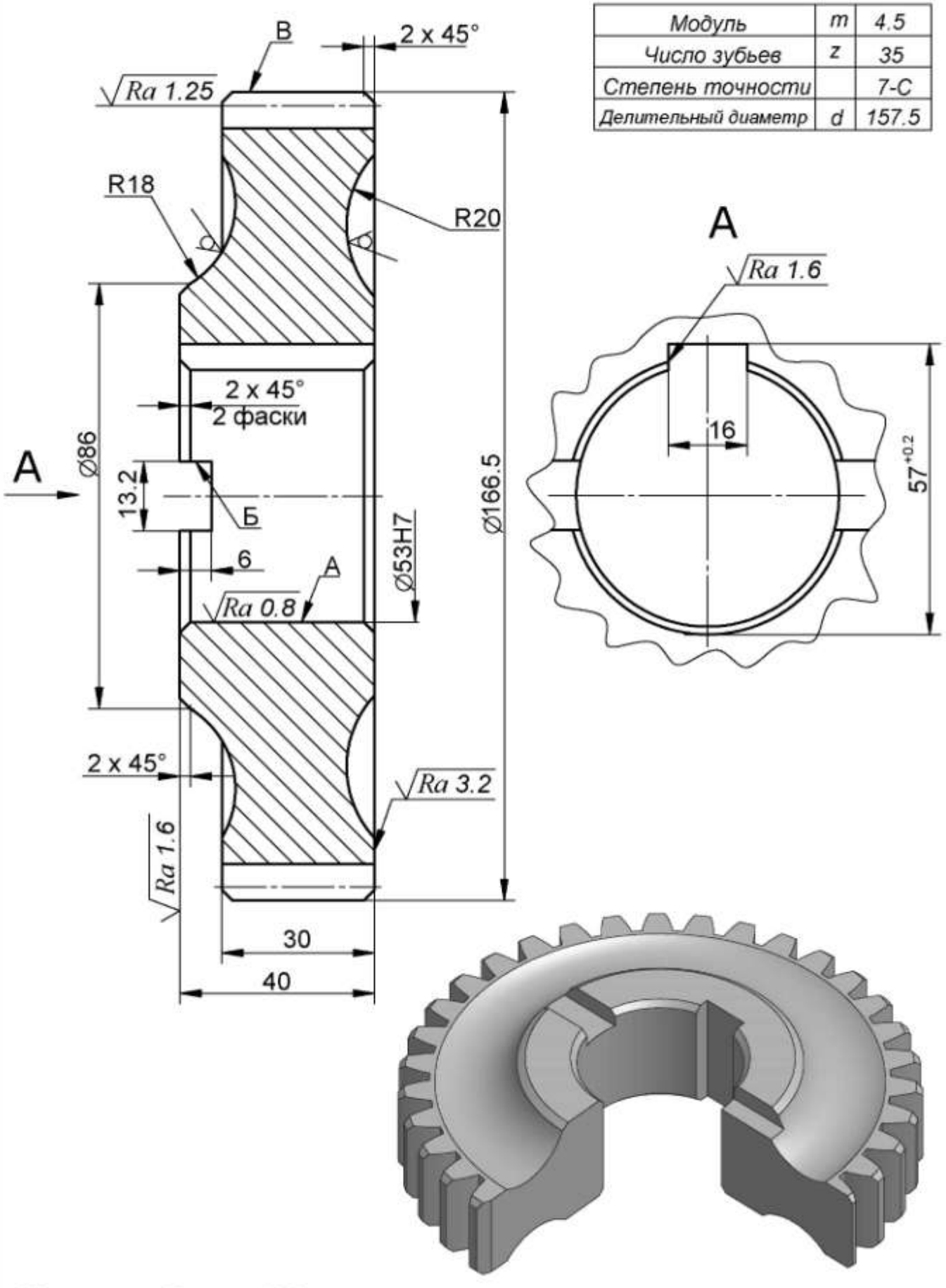
Материал: Сталь 40Х

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | m | 4.5 |
| Число зубьев | z | 35 |
| Степень точности | | 7-C |
| Делительный диаметр | d | 157.5 |





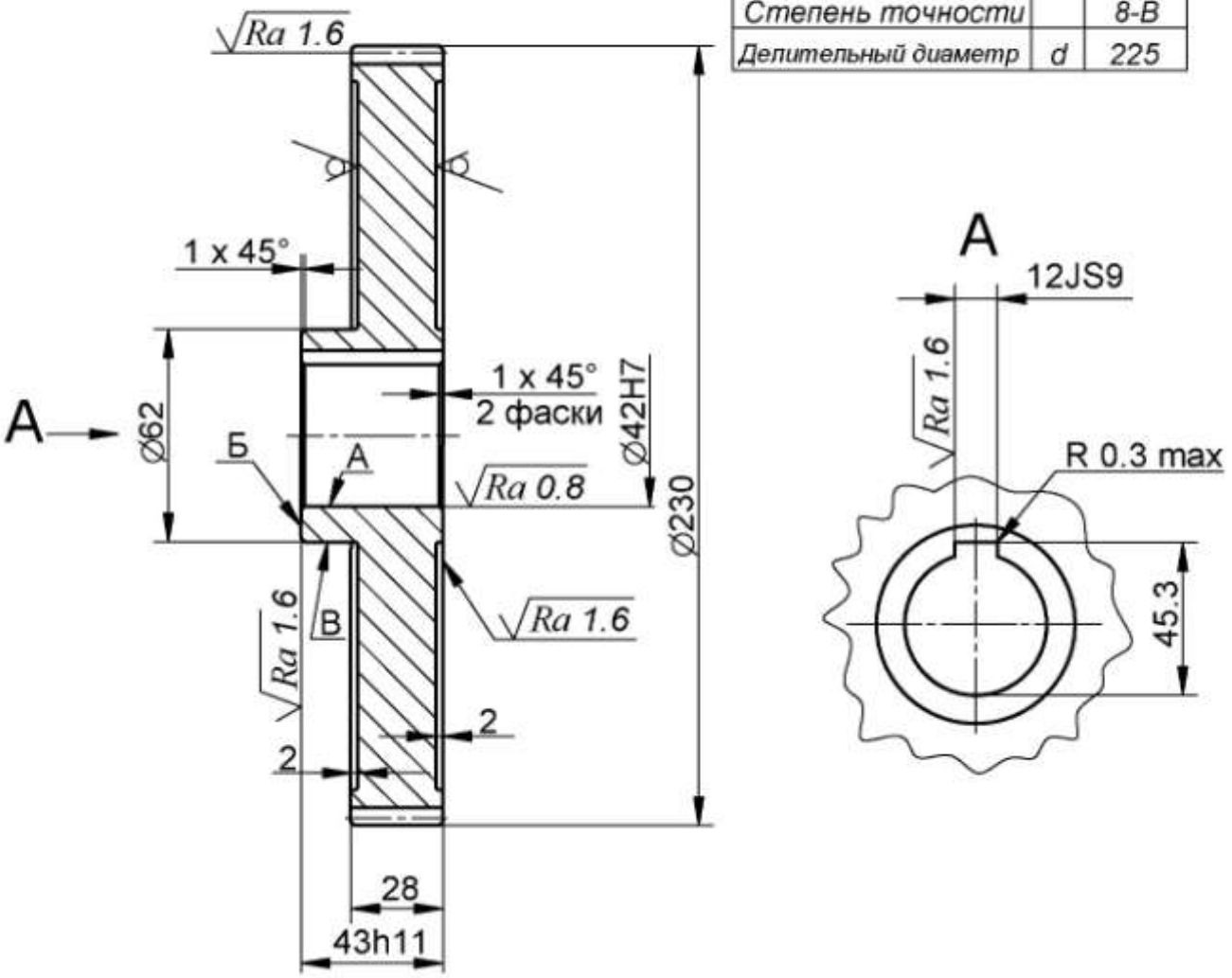

Материал: Сталь 40Х

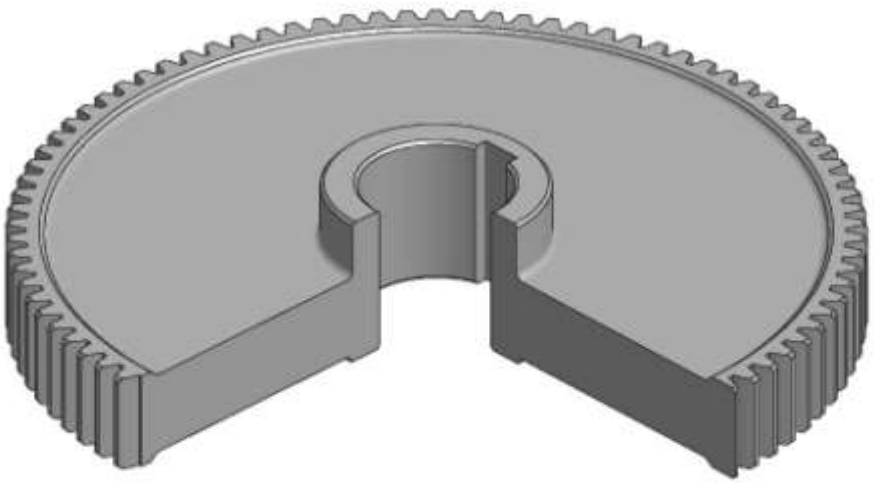
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | m | 2.5 |
| Число зубьев | z | 90 |
| Степень точности | | 8-В |
| Делительный диаметр | d | 225 |



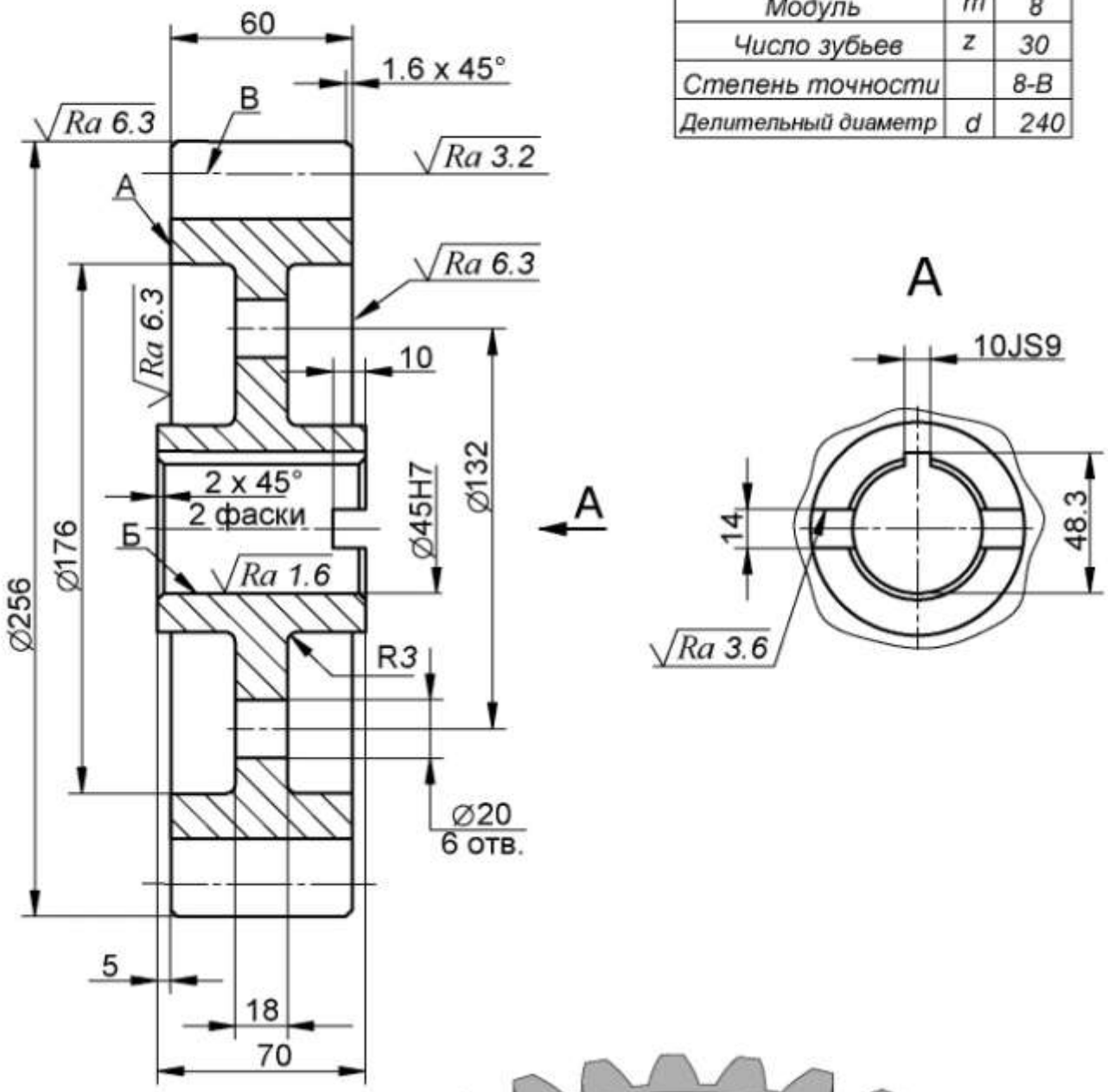
Материал: Сталь 20Х

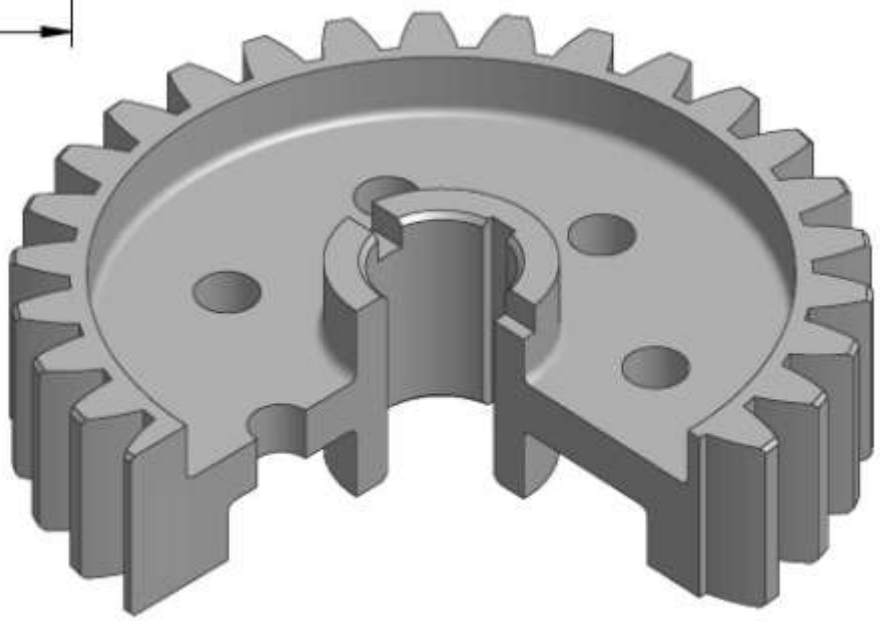
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$

| Модуль | m | 8 |
|---|---|---|
| Число зубьев | z | 30 |
| Степень точности | | 8-В |
| Делительный диаметр | d | 240 |



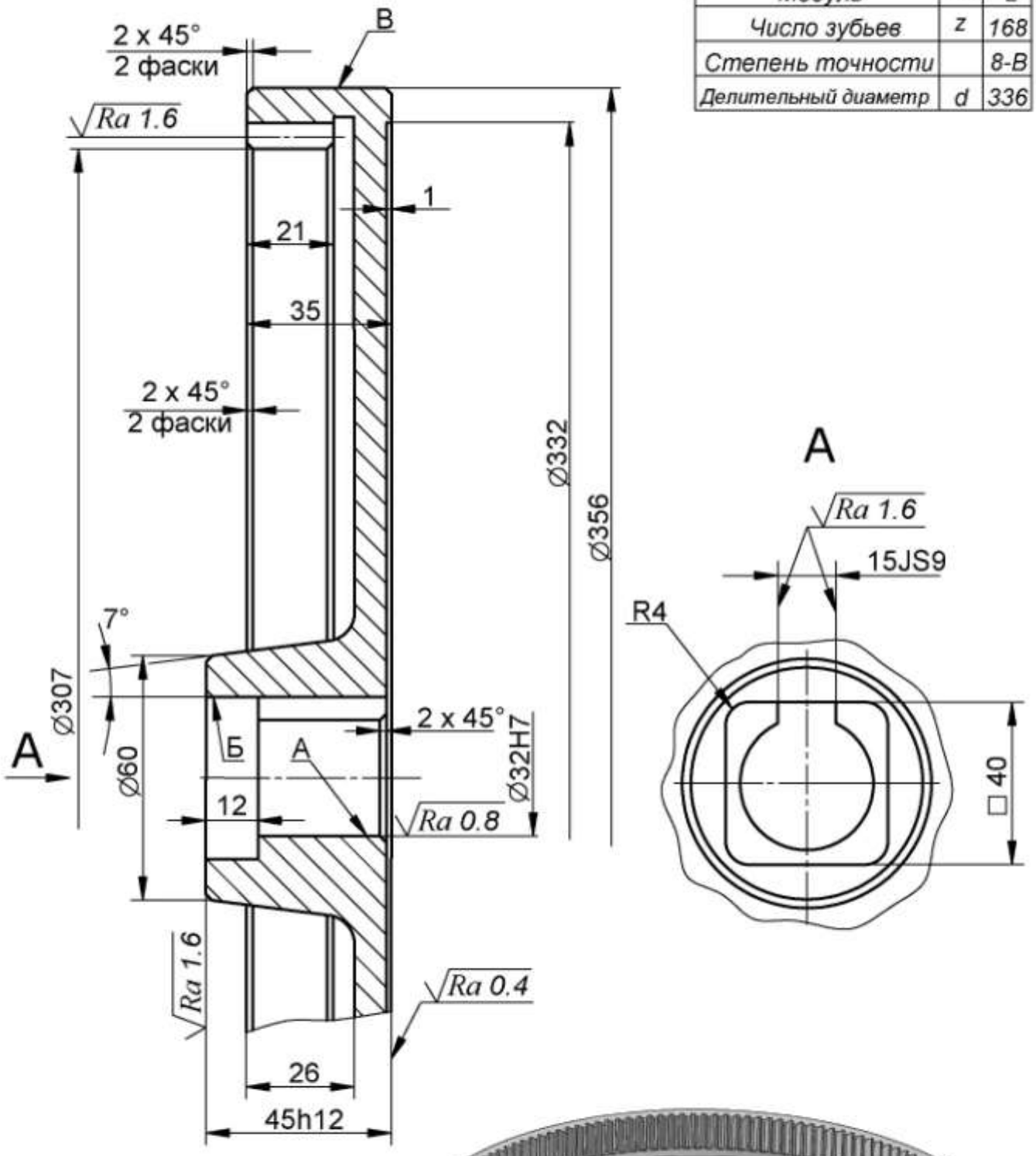



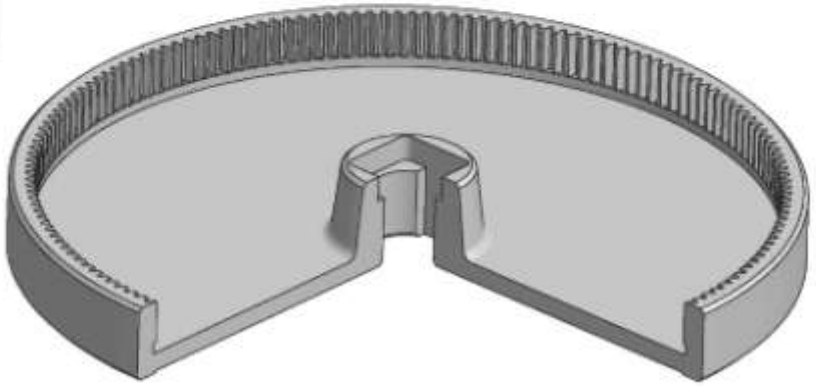
Материал: Сталь 45

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо с внутренним зацеплением $\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| Модуль | m | 2 |
|---|---|---|
| Число зубьев | z | 168 |
| Степень точности | | 8-B |
| Делительный диаметр | d | 336 |



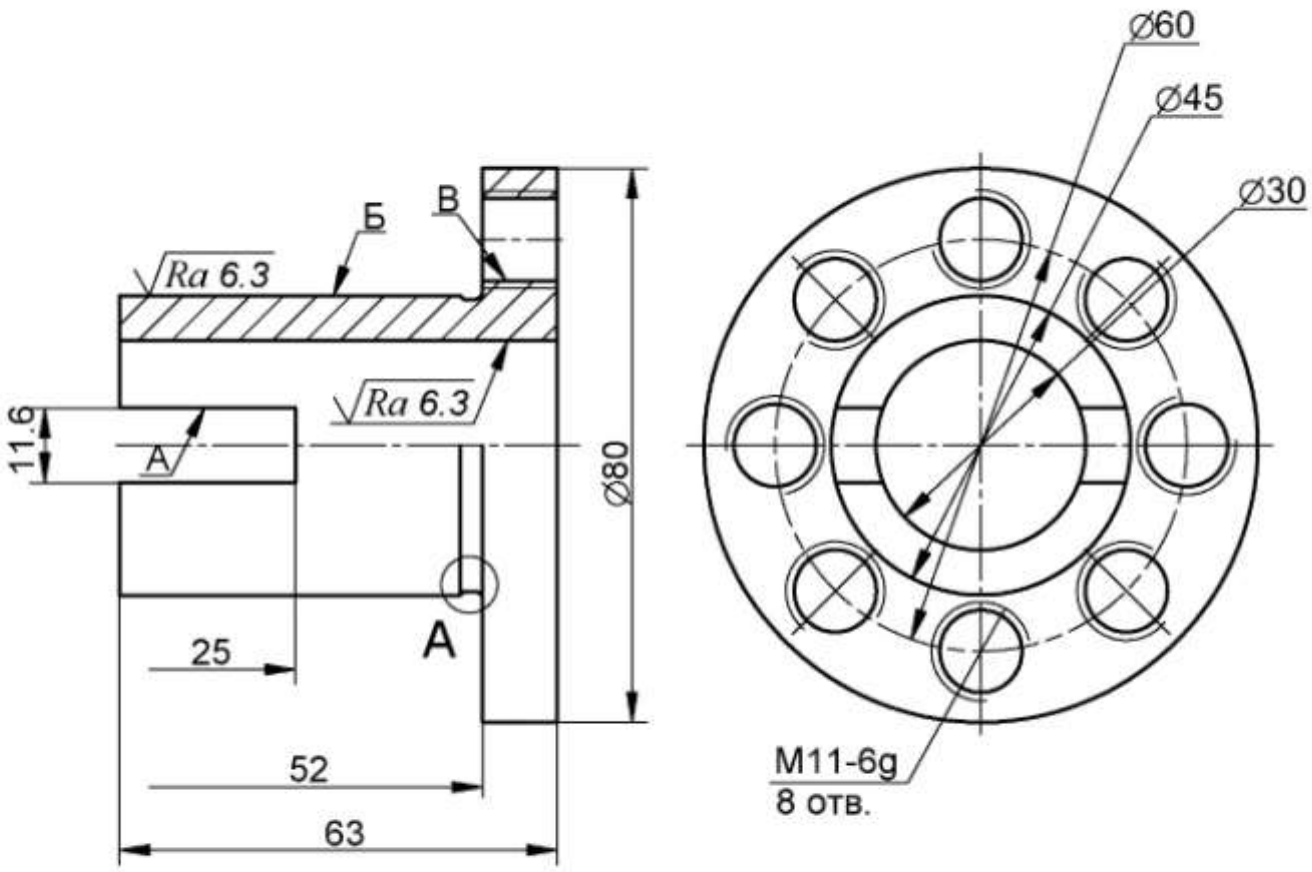



Материал: Сталь 40Х

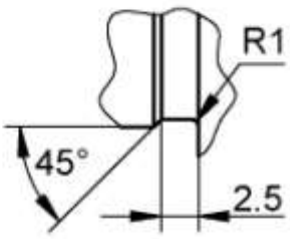
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

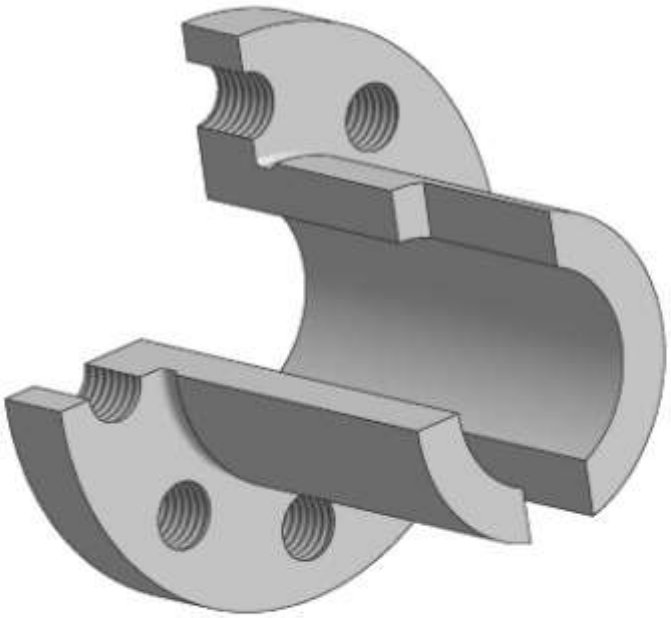
# Втулка

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$




А (2:1)

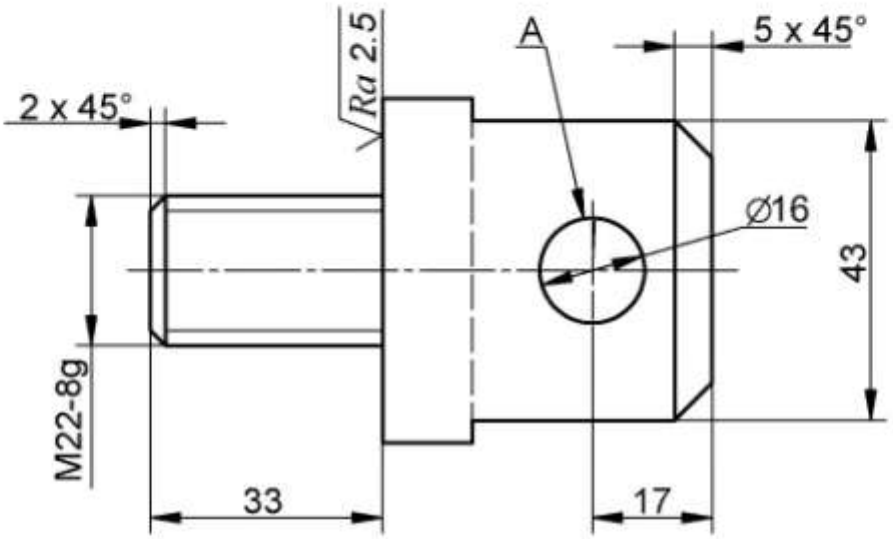


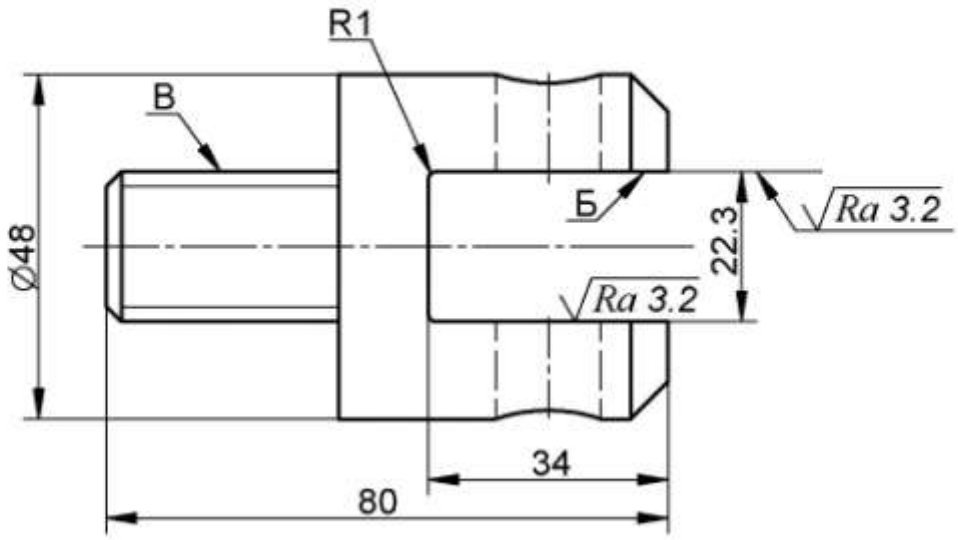



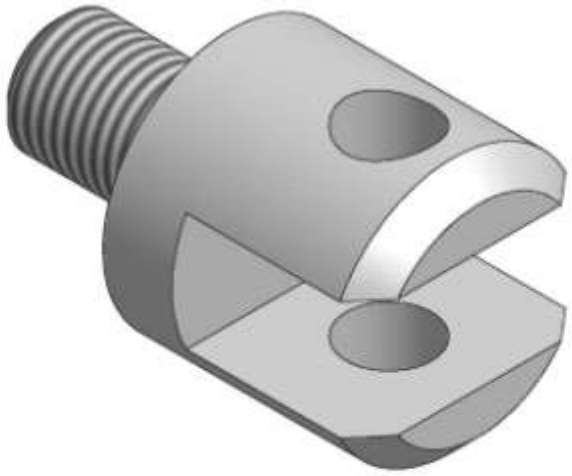
*Материал: ЛЦ40Мц3А*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Вилка шарнирная

$\sqrt{Rz\ 20(\sqrt{})}$



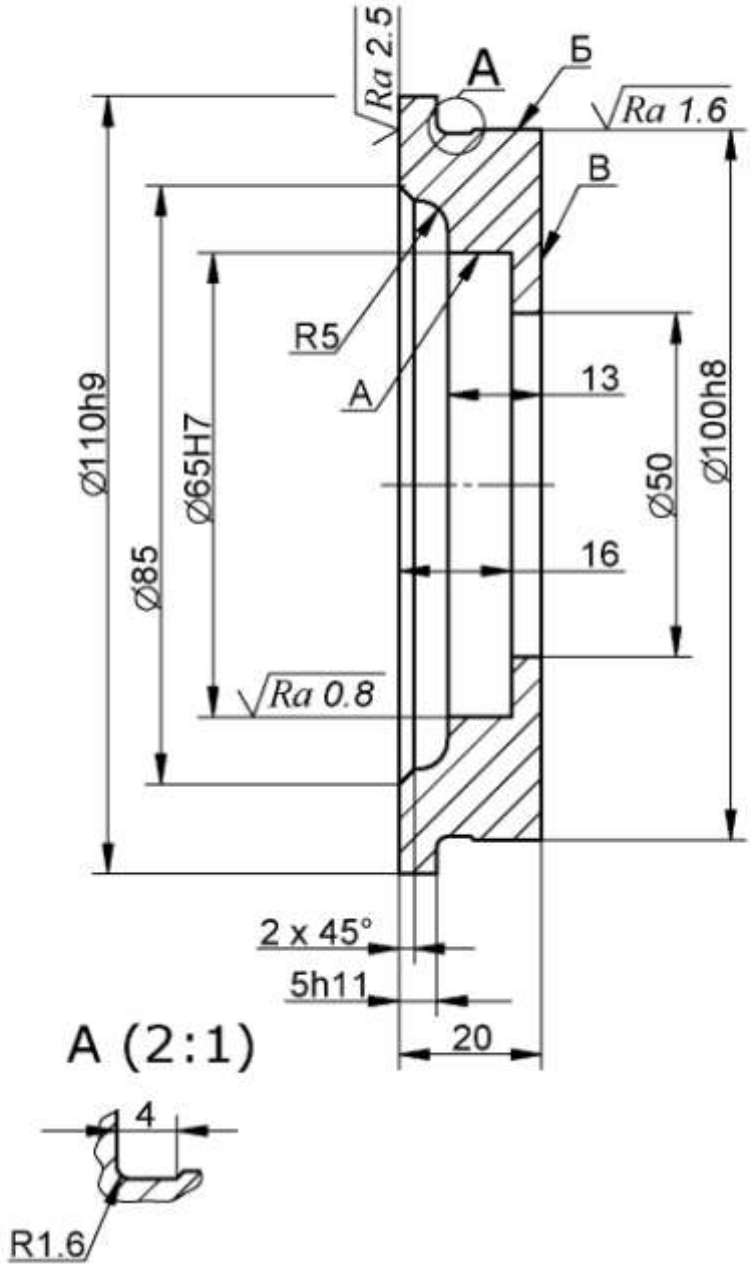



*Материал: Сталь 40Х*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

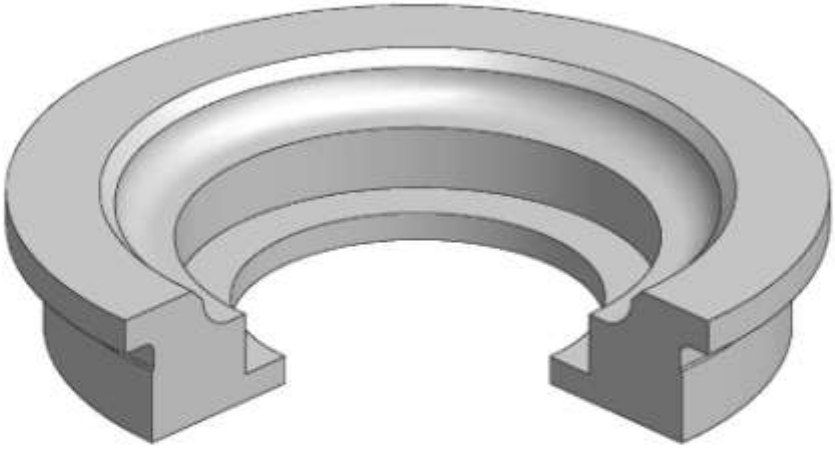
# Крышка подшипника

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$





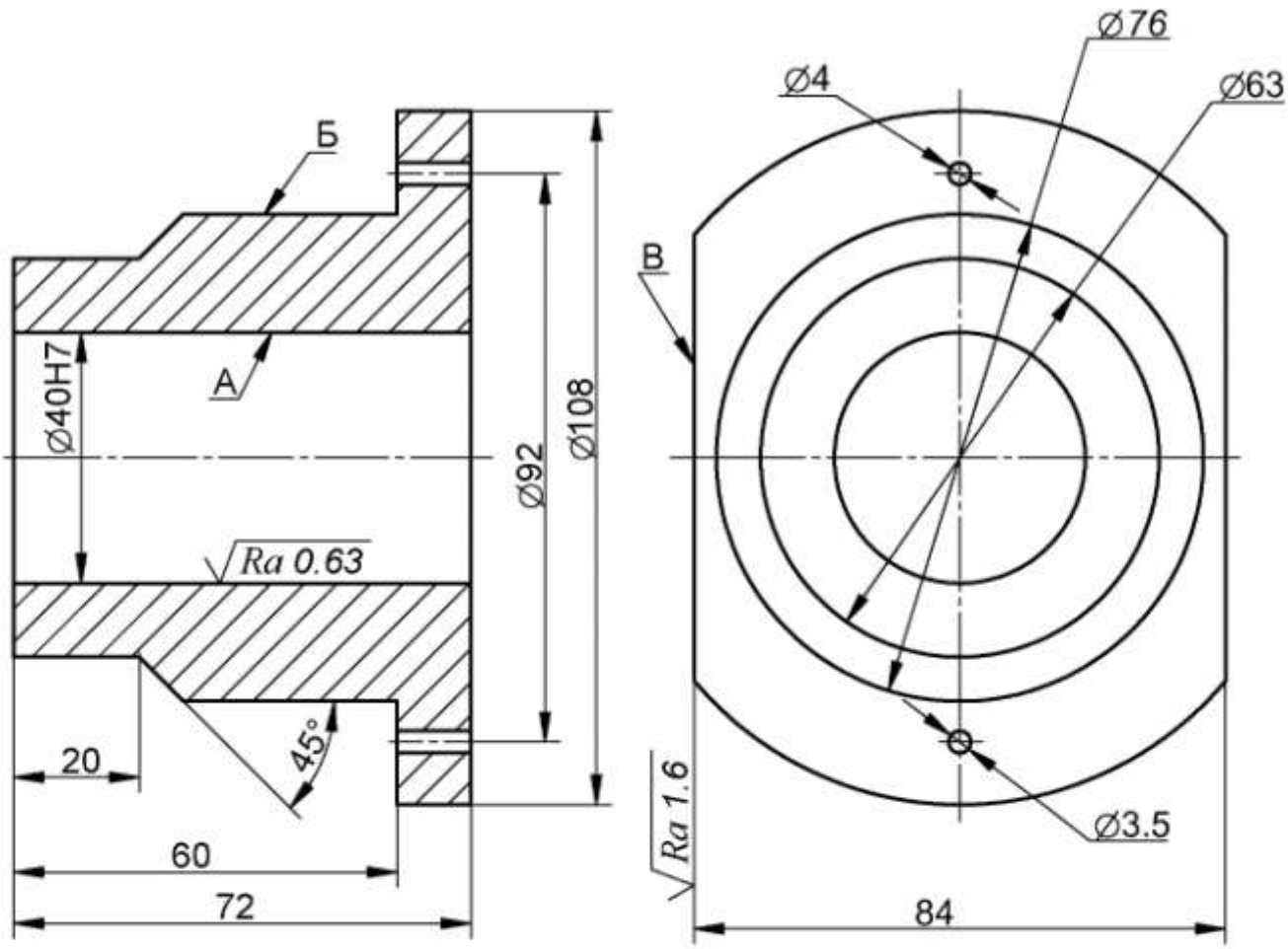


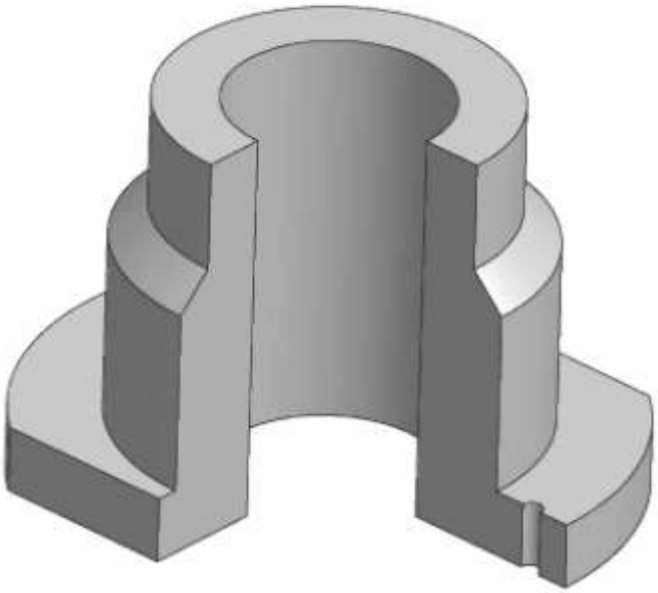


*Материал: Сталь 15*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Втулка

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$

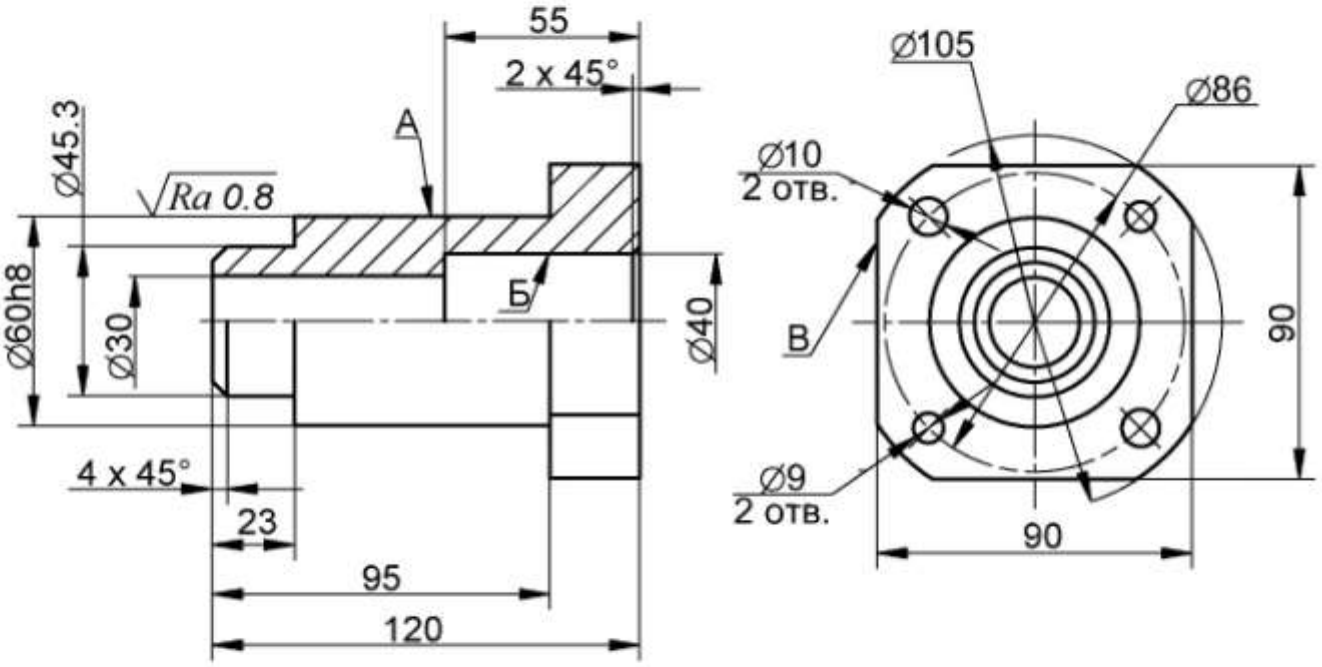


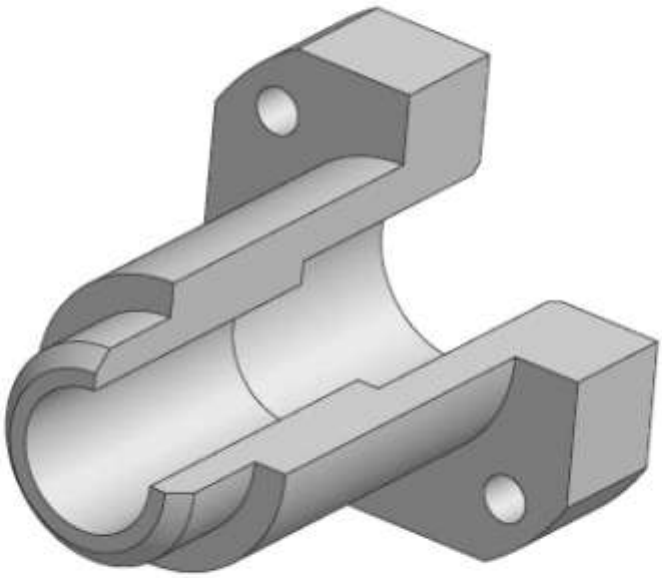



*Материал: Сталь 35*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Переходник

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$



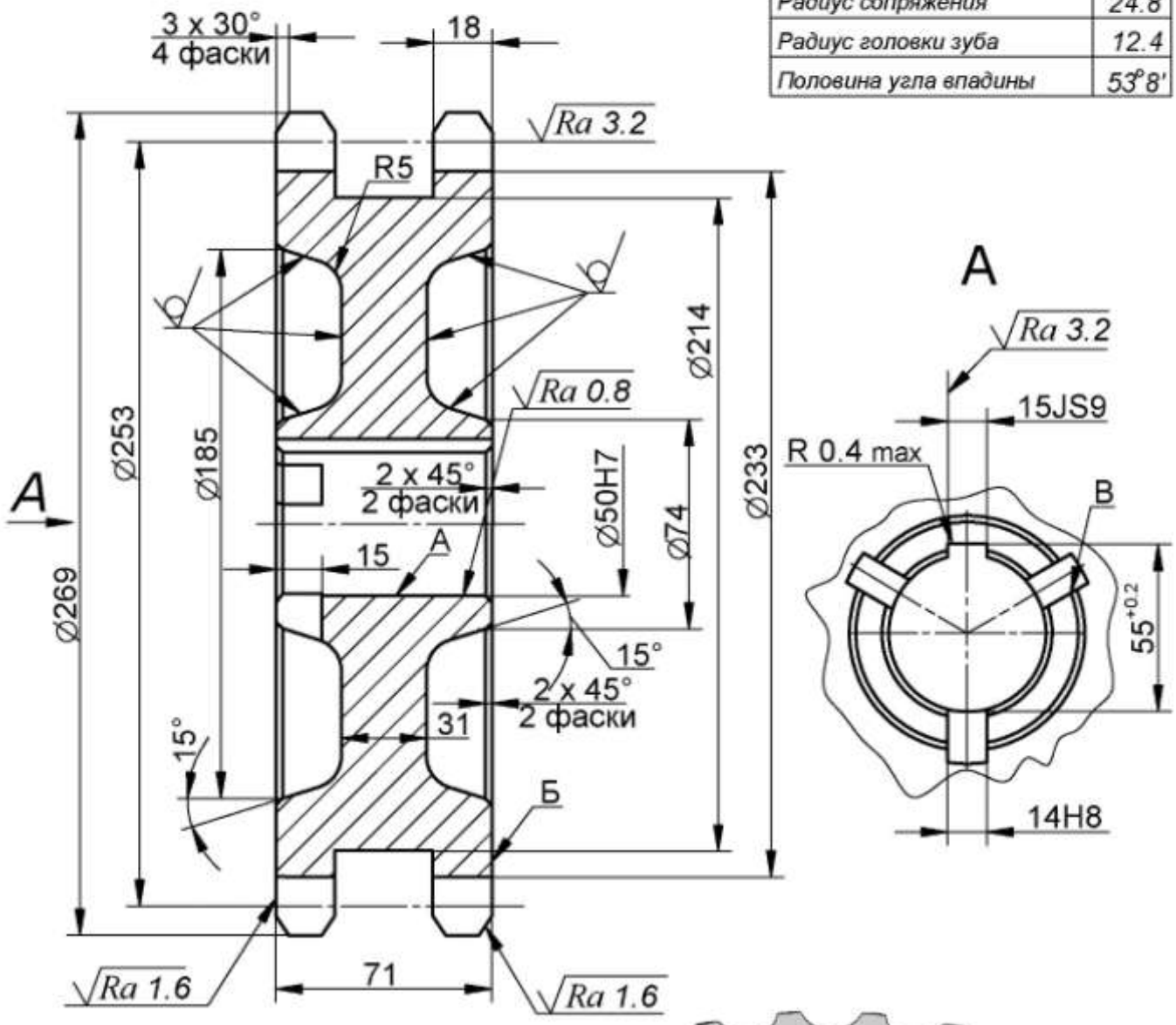



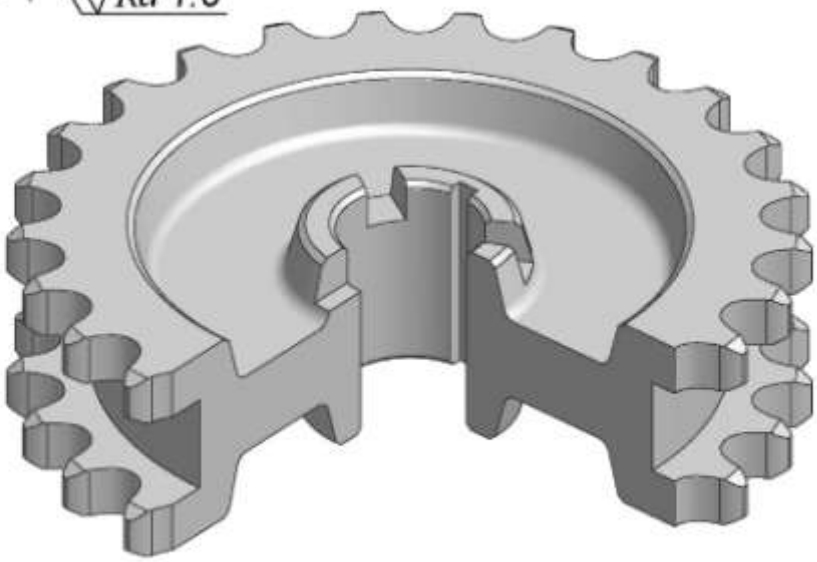
*Материал: Сталь 20*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Звездочка двухрядная

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | |
|---|---|
| Число зубьев | 25 |
| Класс точности | 2 |
| Радиус впадины | 9.6 |
| Радиус сопряжения | 24.8 |
| Радиус головки зуба | 12.4 |
| Половина угла впадины | 53°8' |



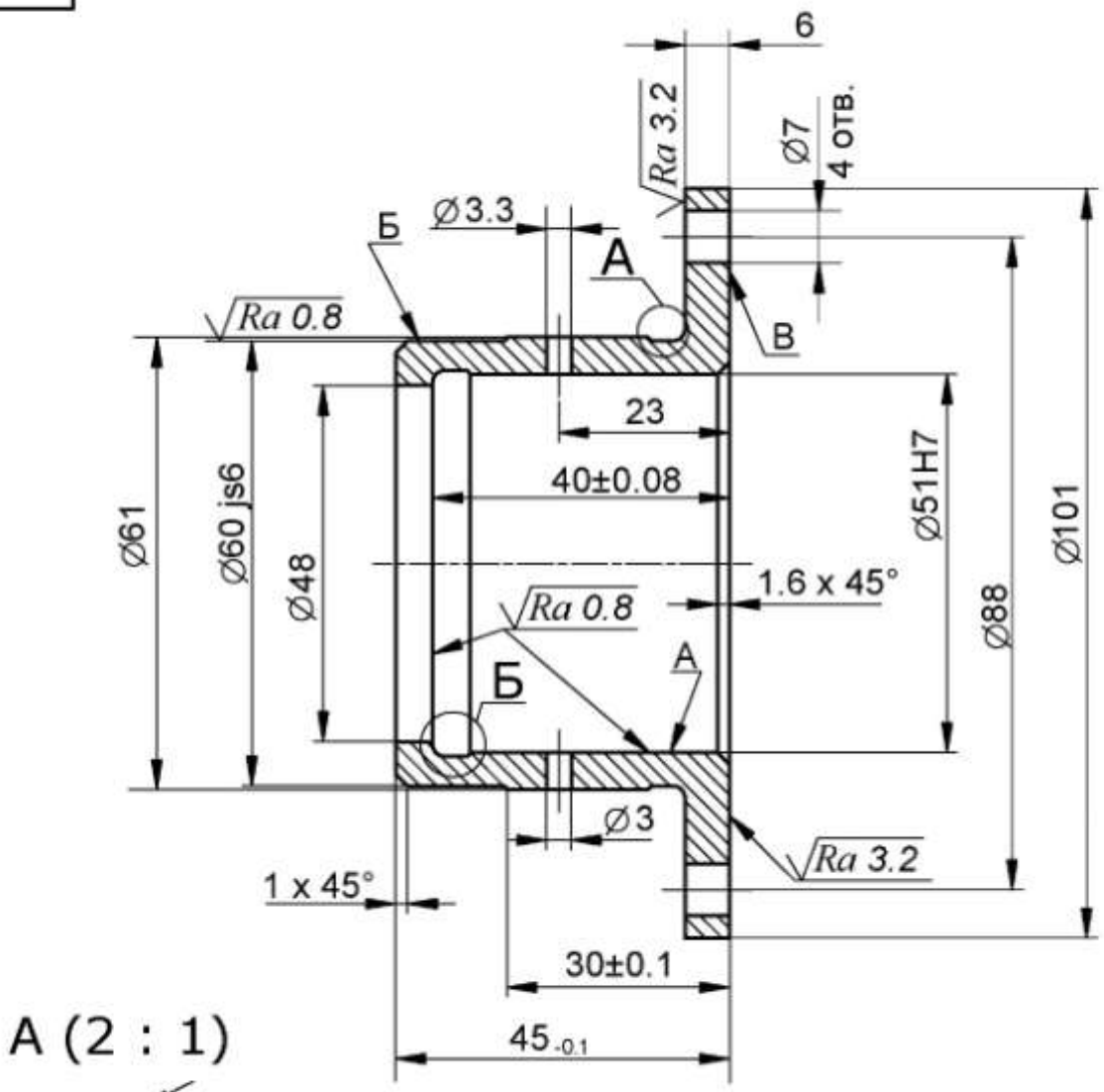



Материал: Сталь 45

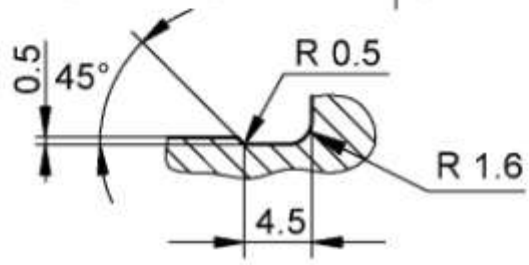
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Стакан

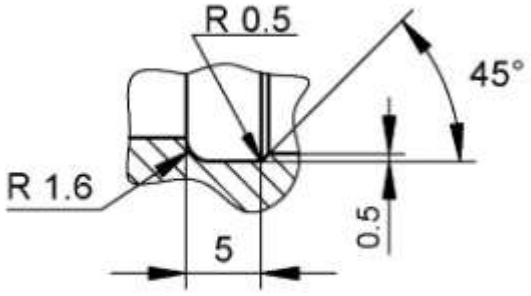
$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

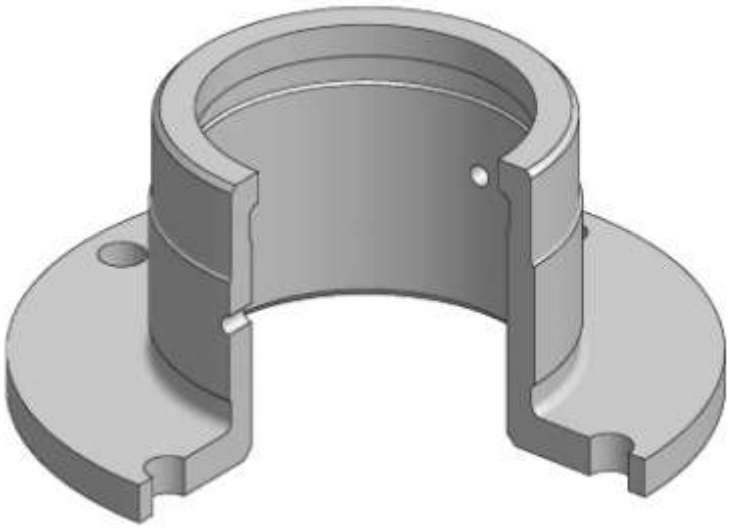



А (2 : 1)




Б (2 : 1)



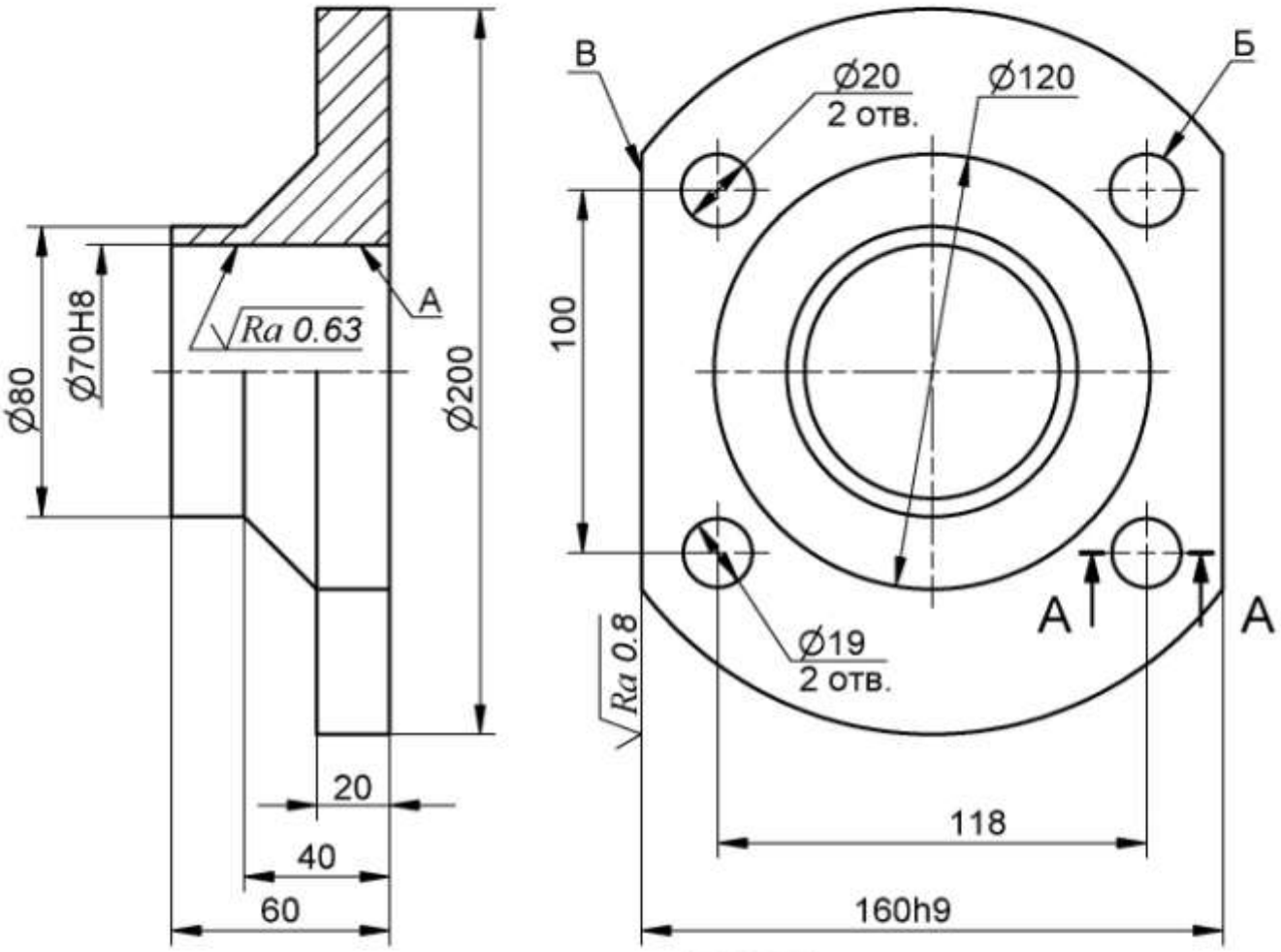



*Материал: Сталь 35*

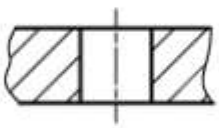
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

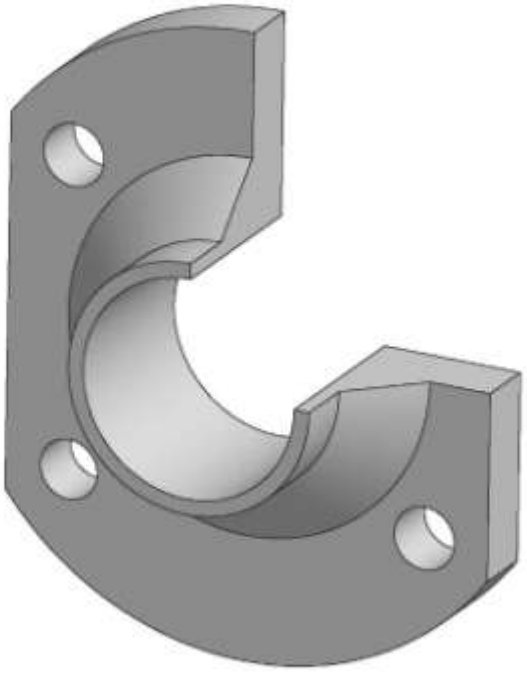
# Фланец

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$




A-A

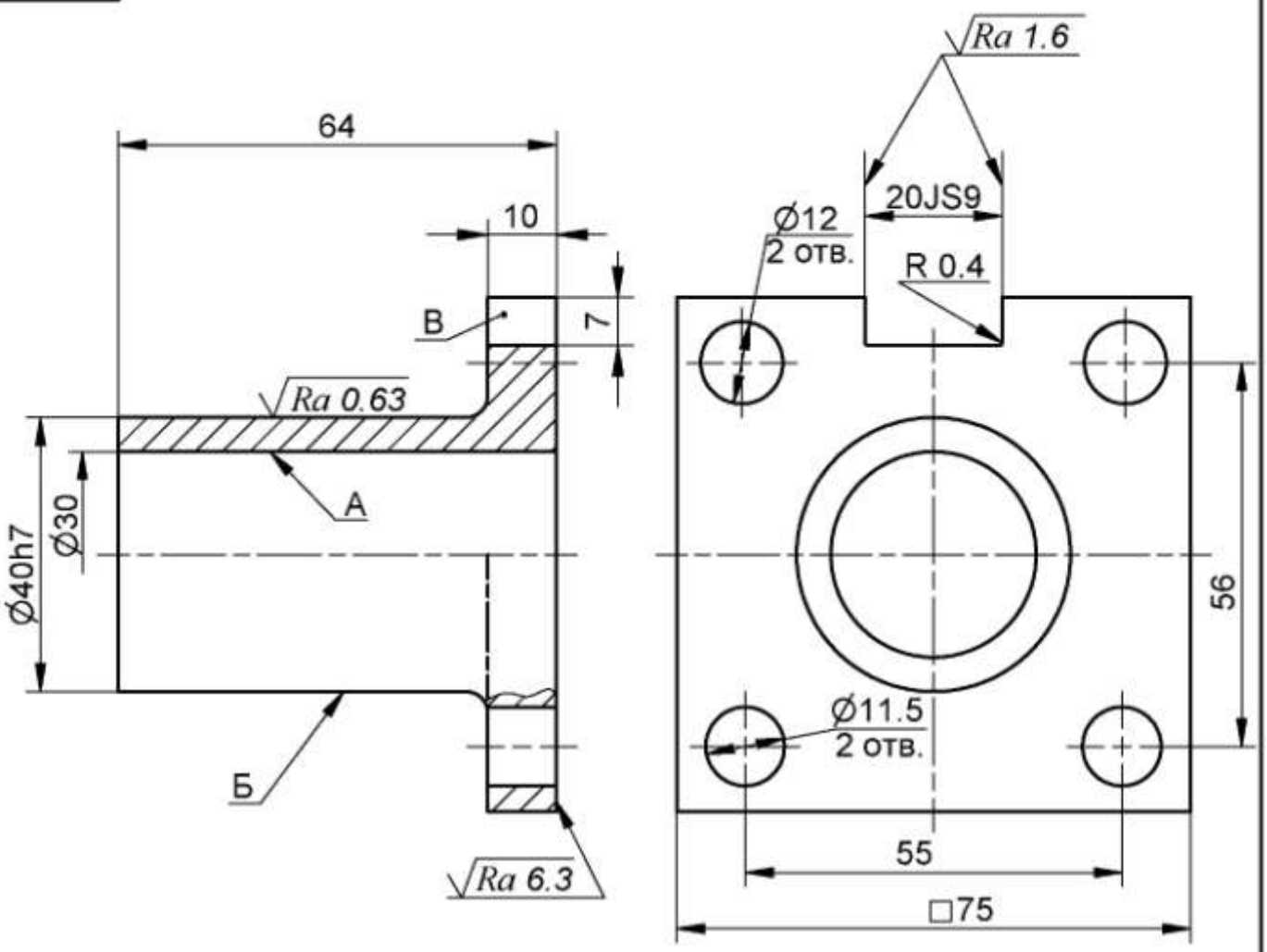


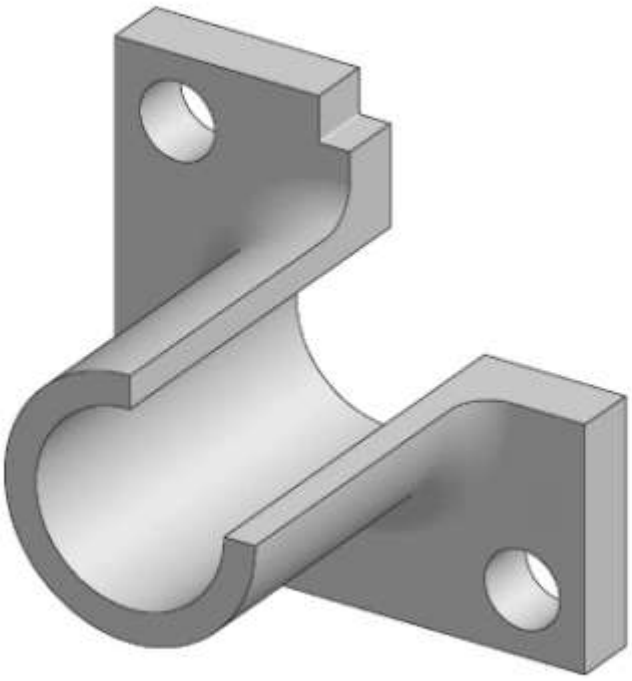


*Материал: Сталь 12Х18Н10Т*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Втулка

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$



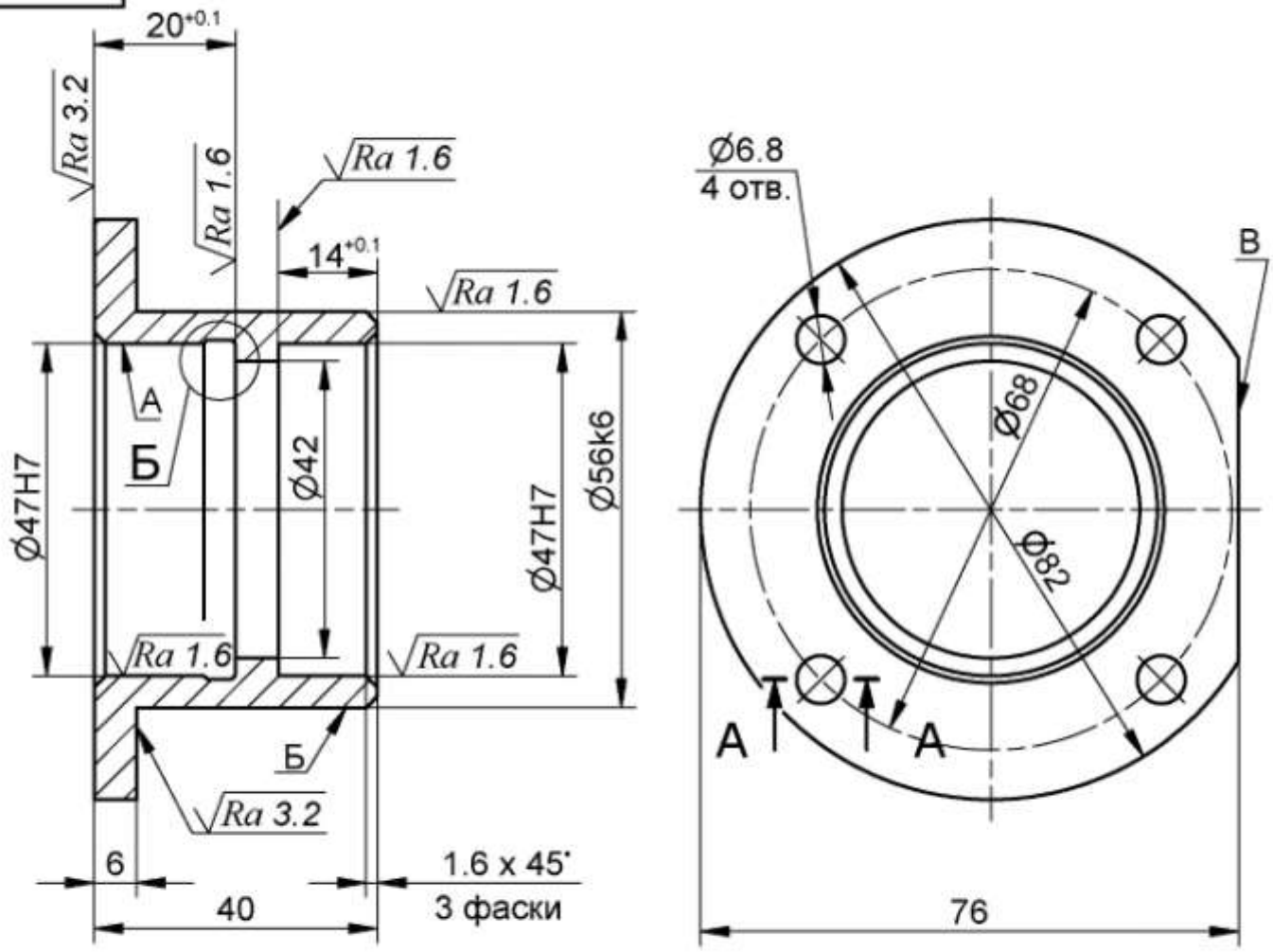



Материал: Сталь 45

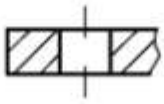
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

# Стакан

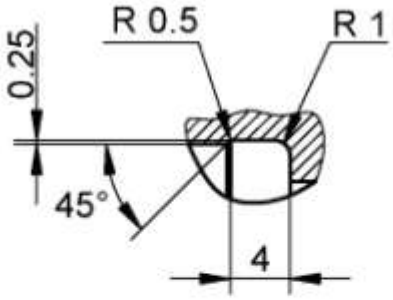
$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

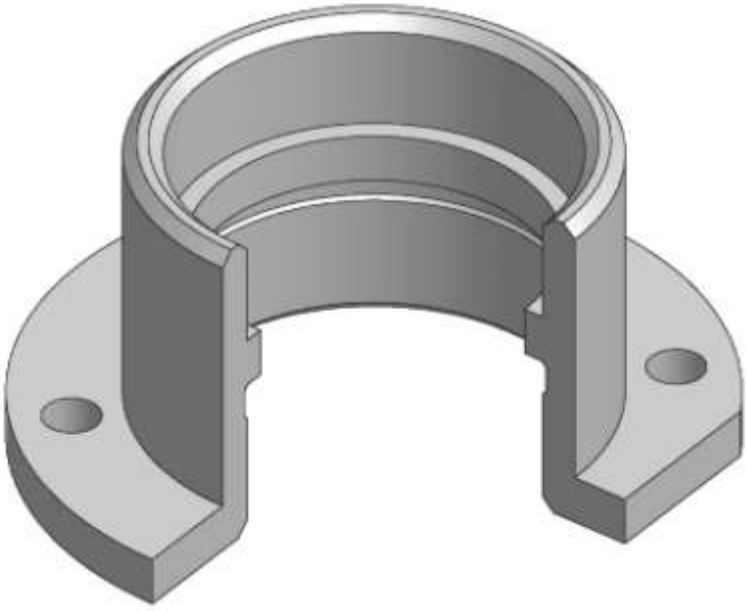



А-А



Б (2:1)

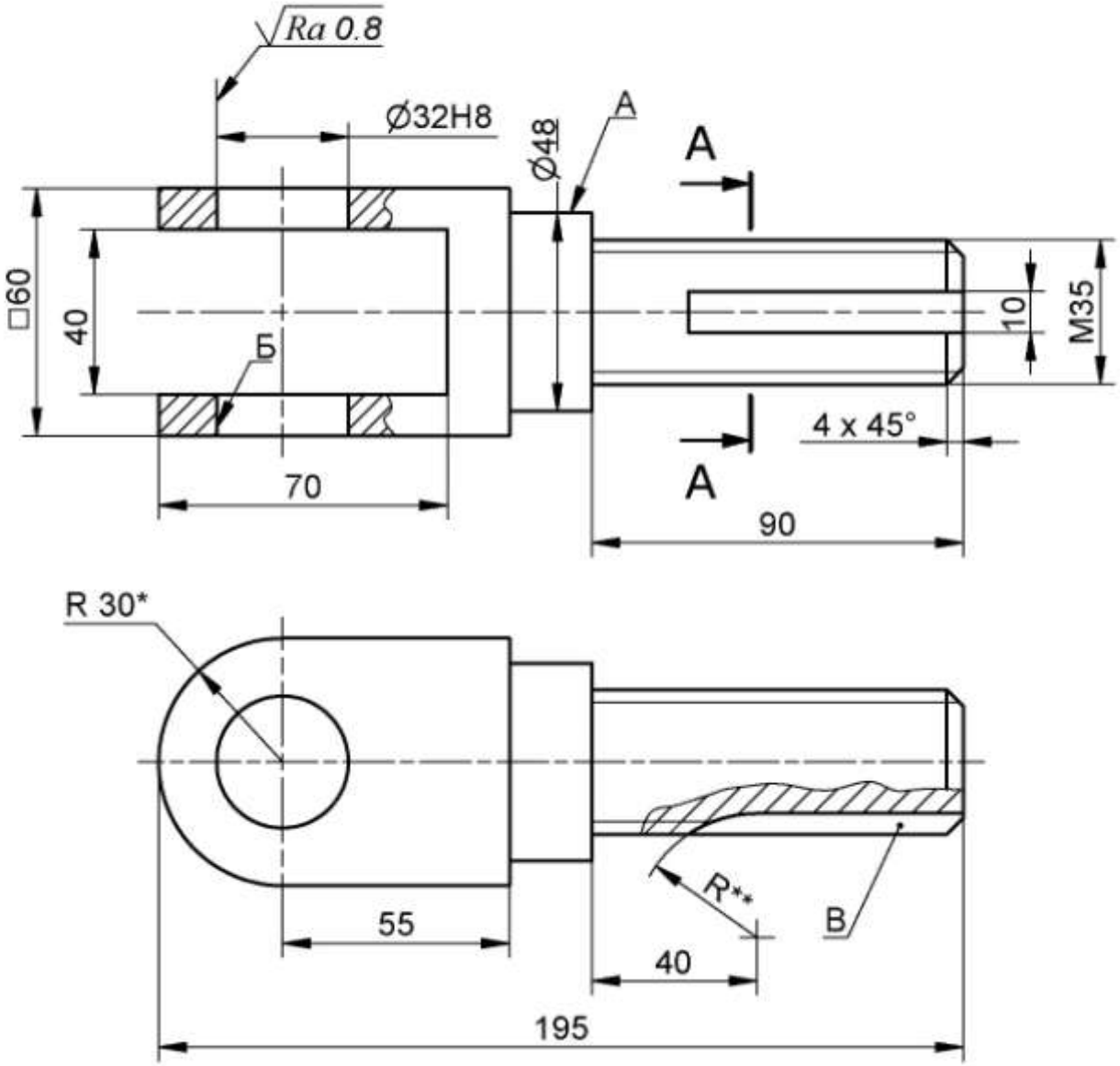


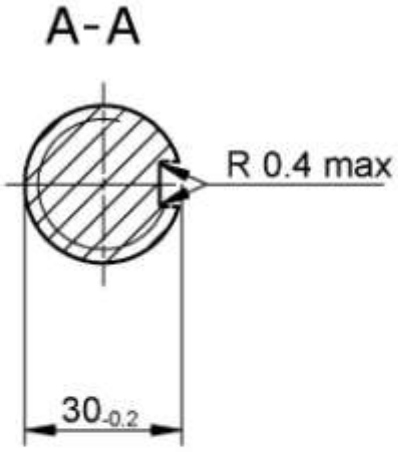



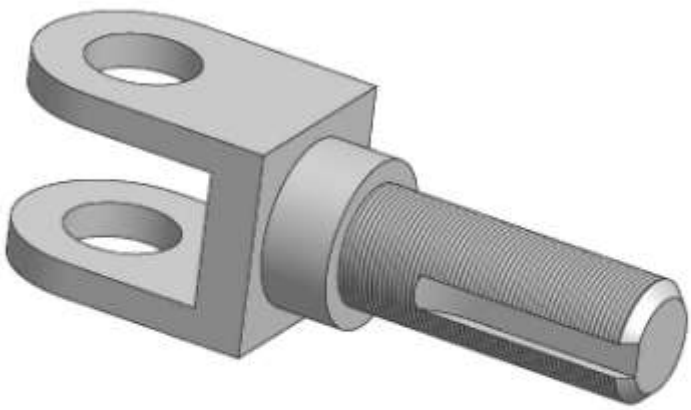
*Материал: СЧ 15 (Сталь 40)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Вилка

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$



*Материал: Сталь 45*

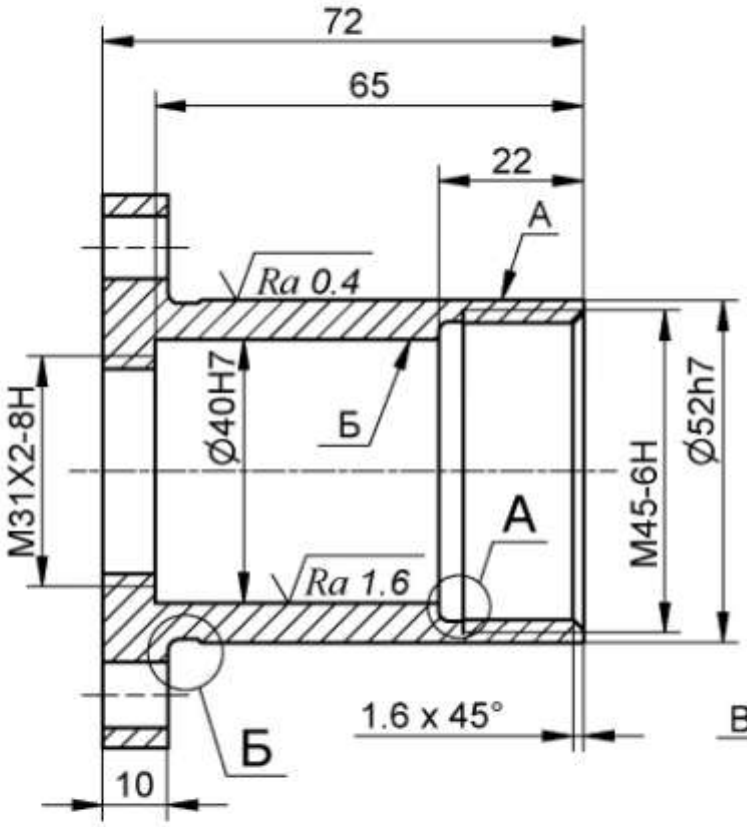
** Размер для справок*

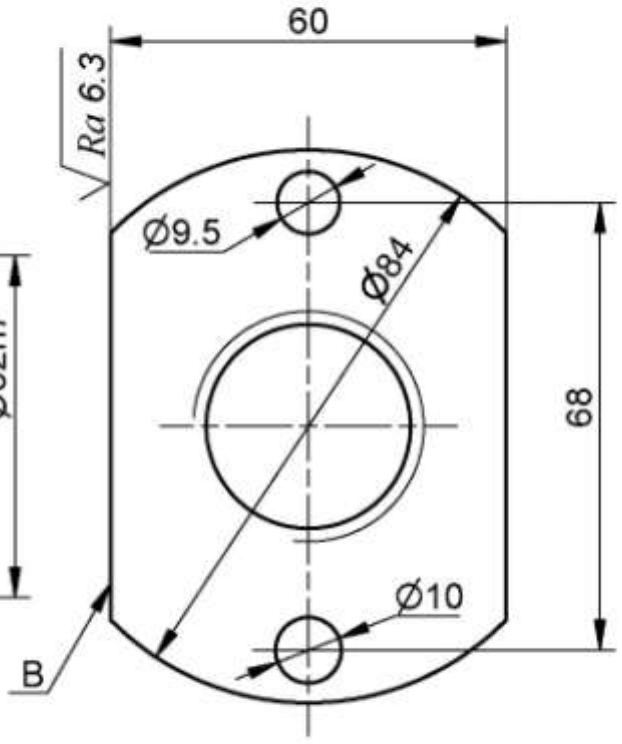
*** Размер обеспечить инструментом*

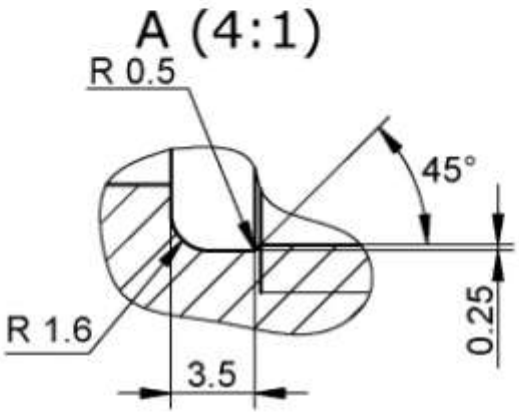
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

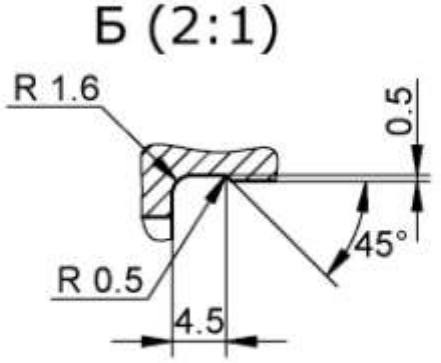
# Корпус

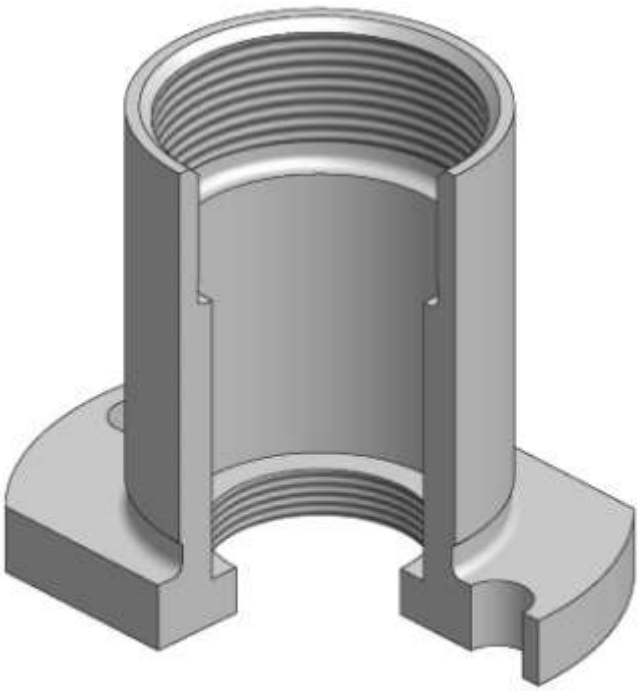
$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$



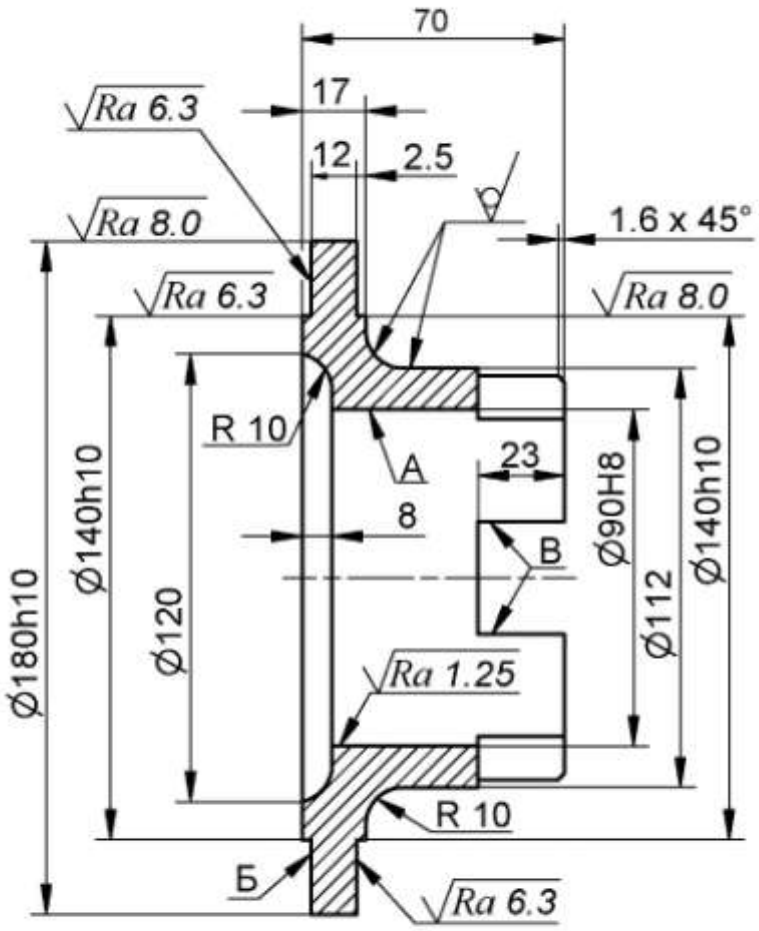



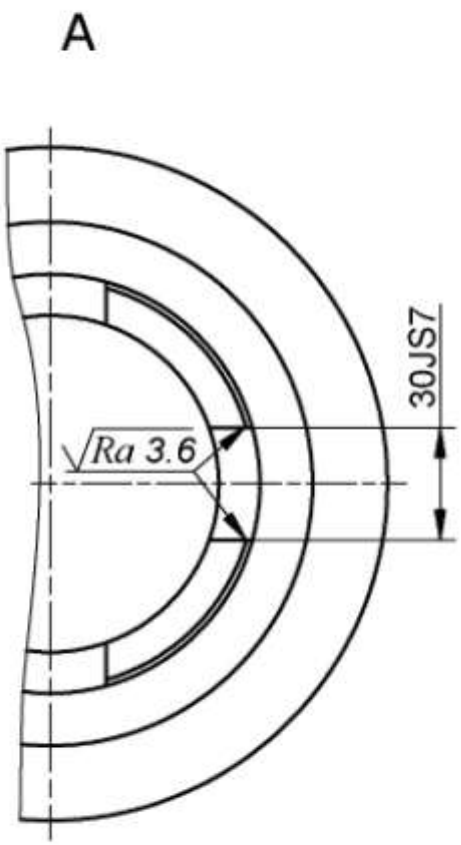



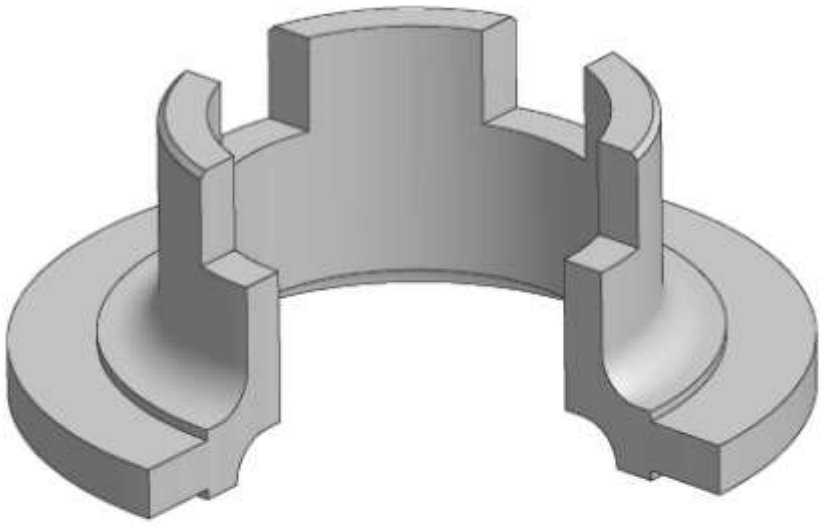
*Материал: Сталь 09Х16Н4Б*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Муфта

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$

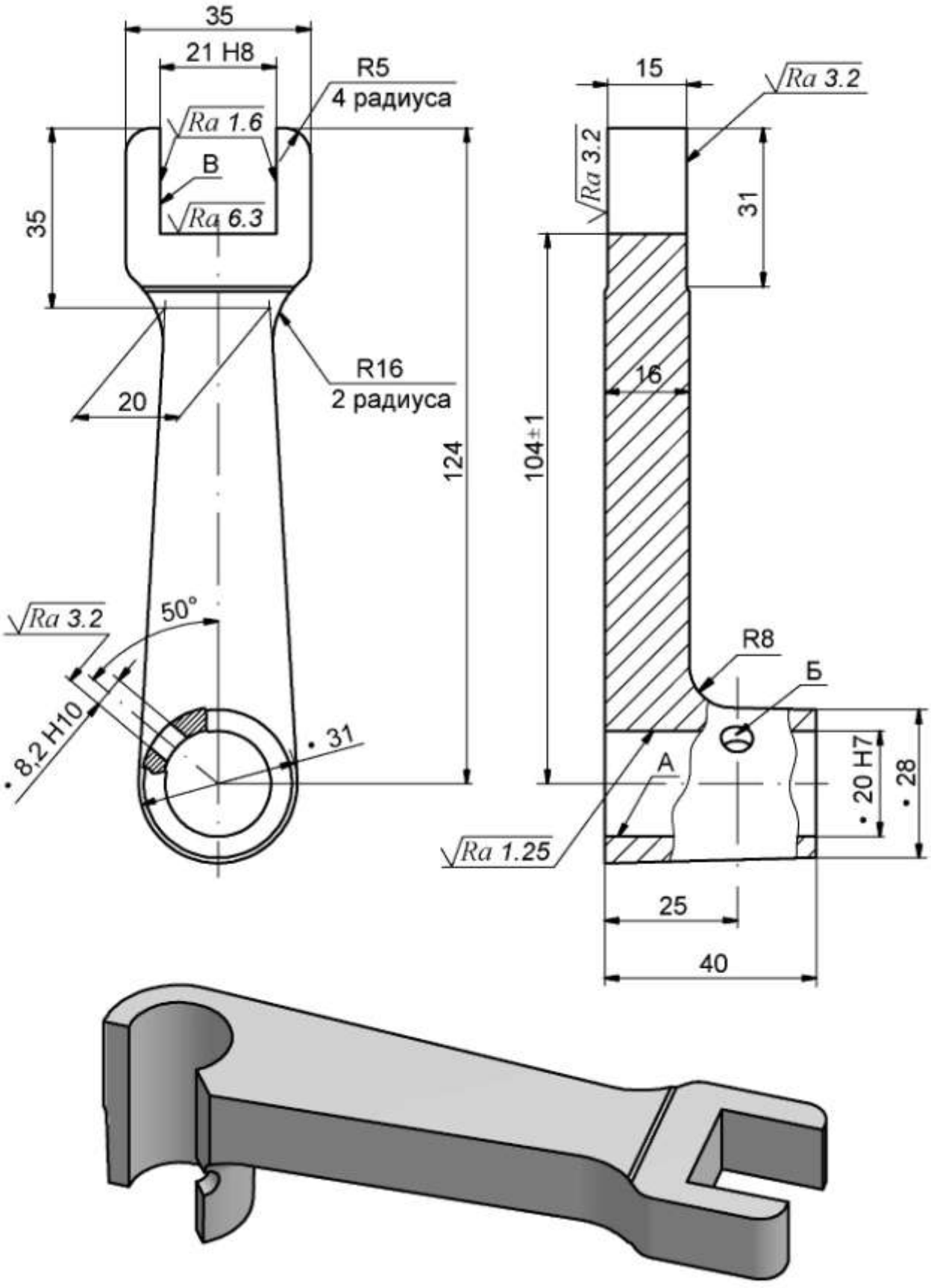


Материал: Сталь 40Х (Чугун ВЧ 45)
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Вилка

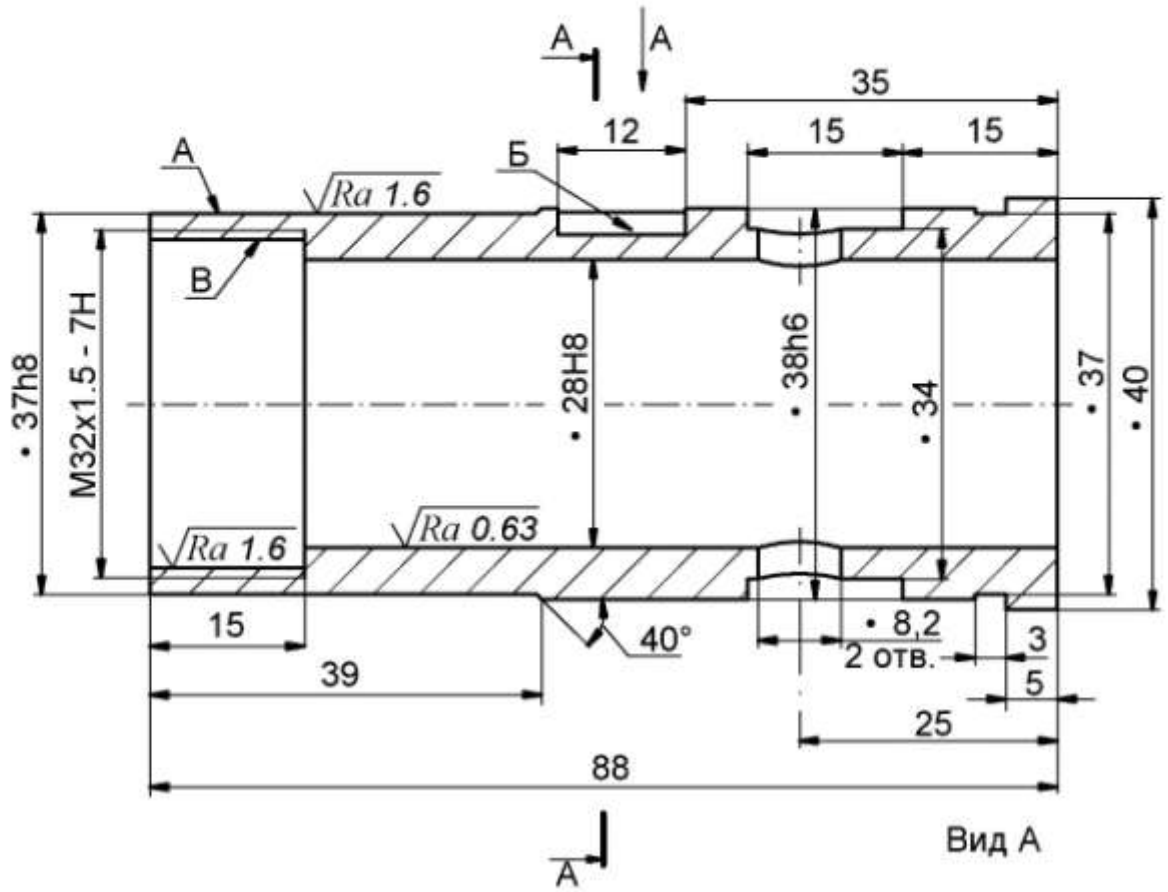


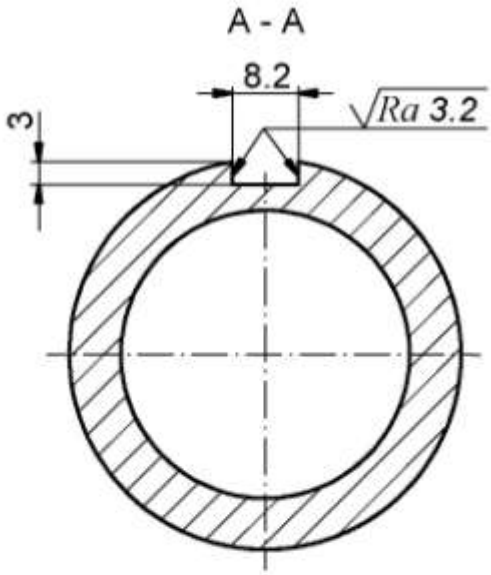


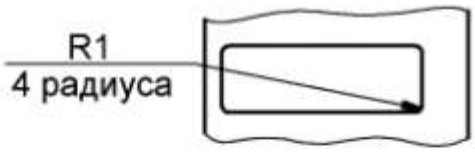

*Материал: Сталь 45*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

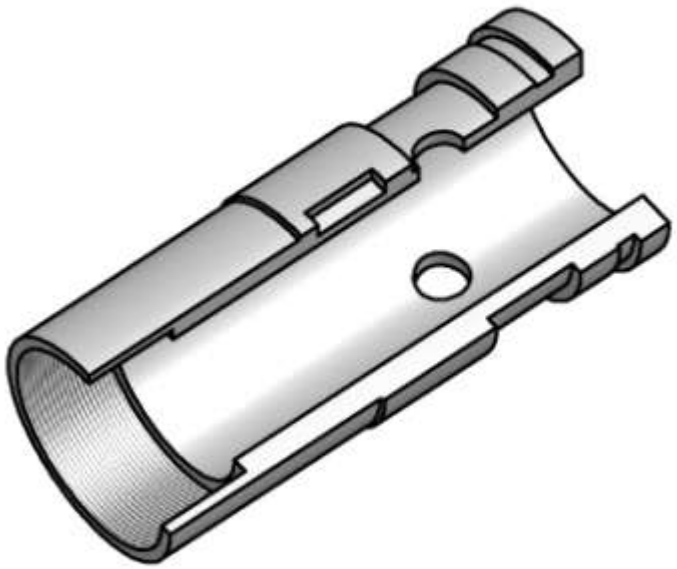
# Втулка

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$



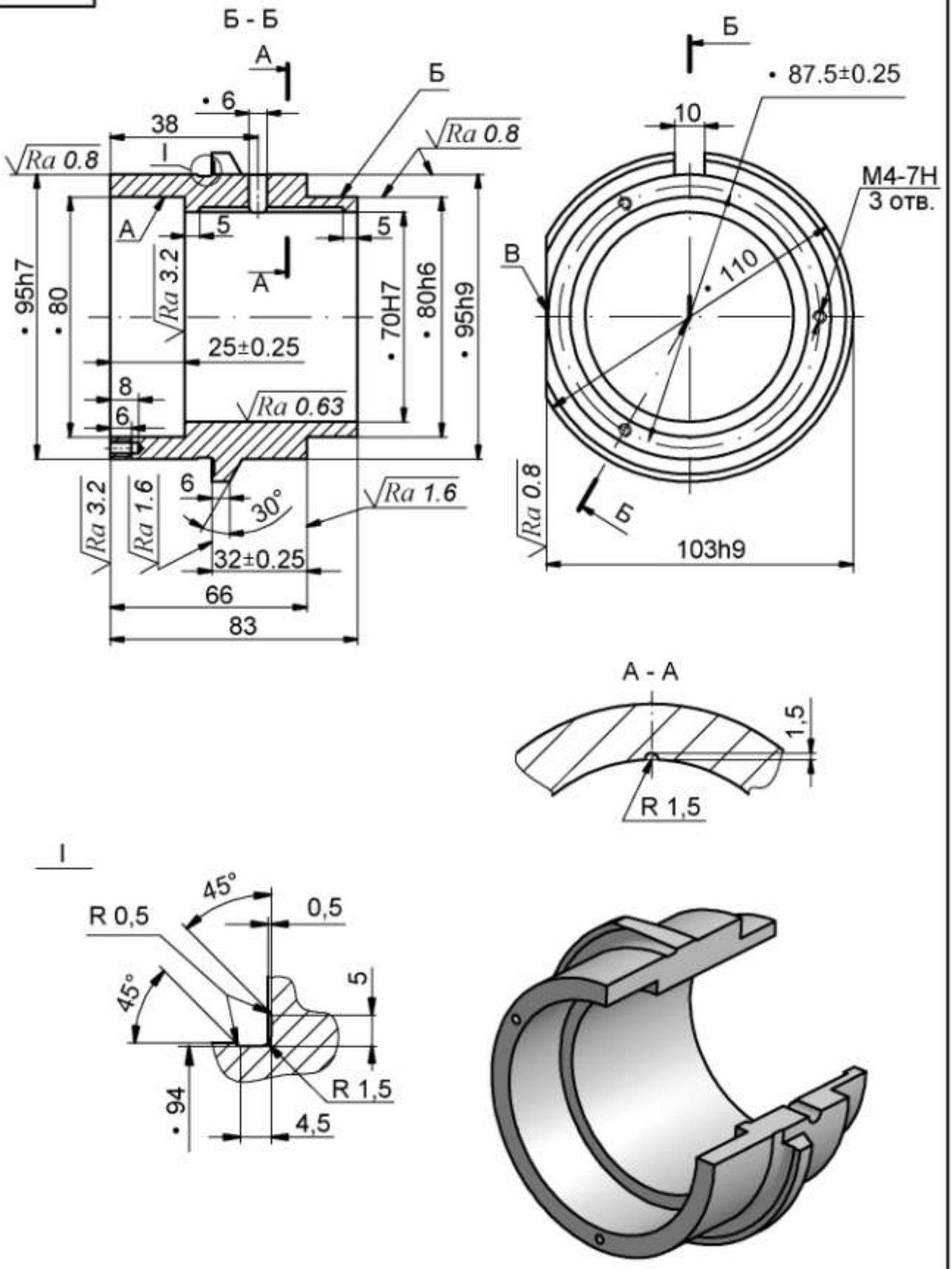



*Материал*: *Сталь 40Х*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: *H12, h12, ± IT12/2*

# Втулка опорная

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

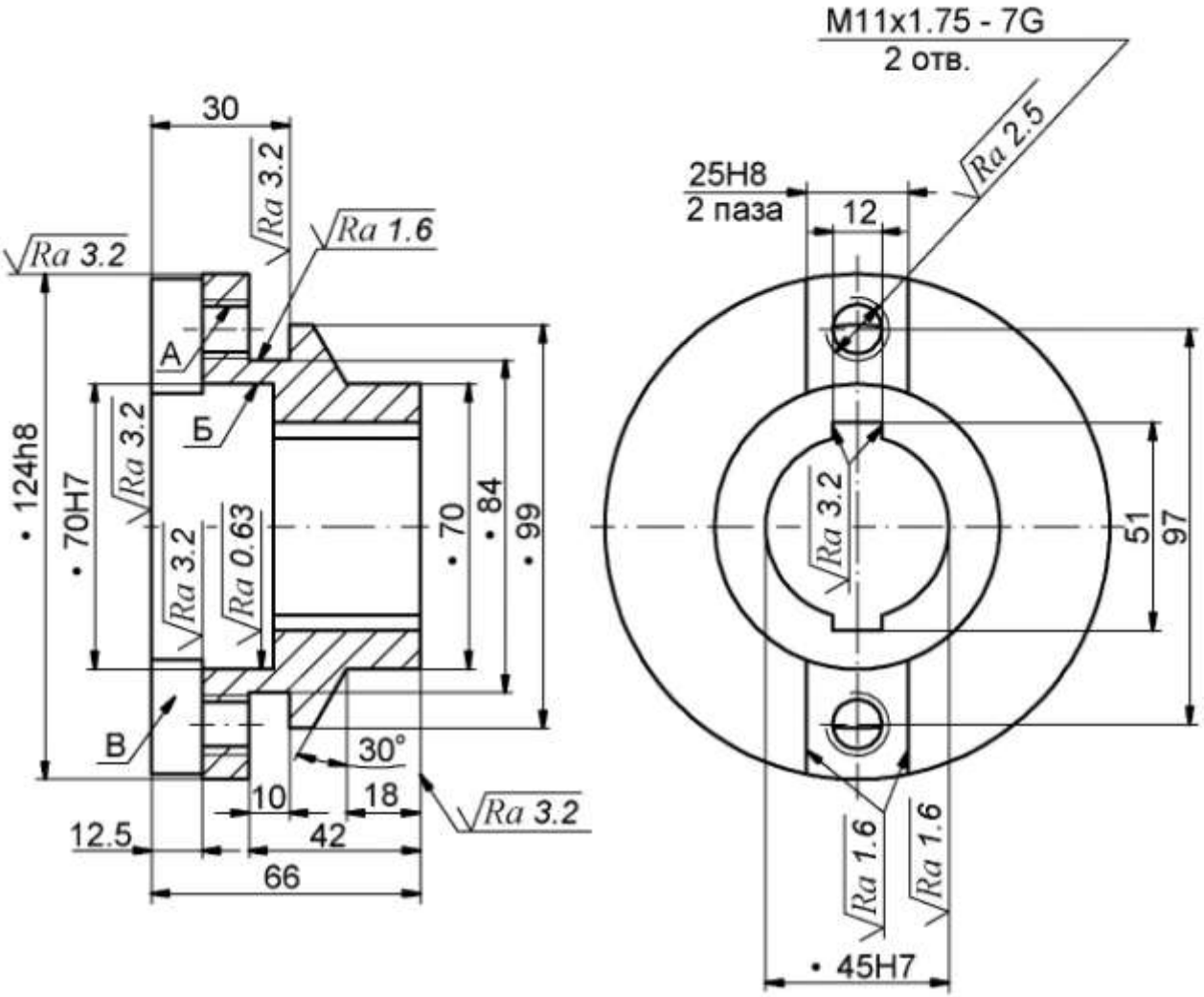


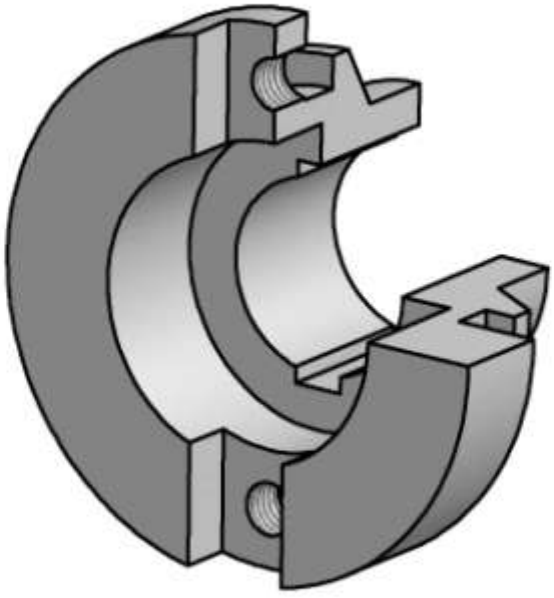

*Материал*: *Сталь 45*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: *H12, h12, ± IT12/2*

# Муфта

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

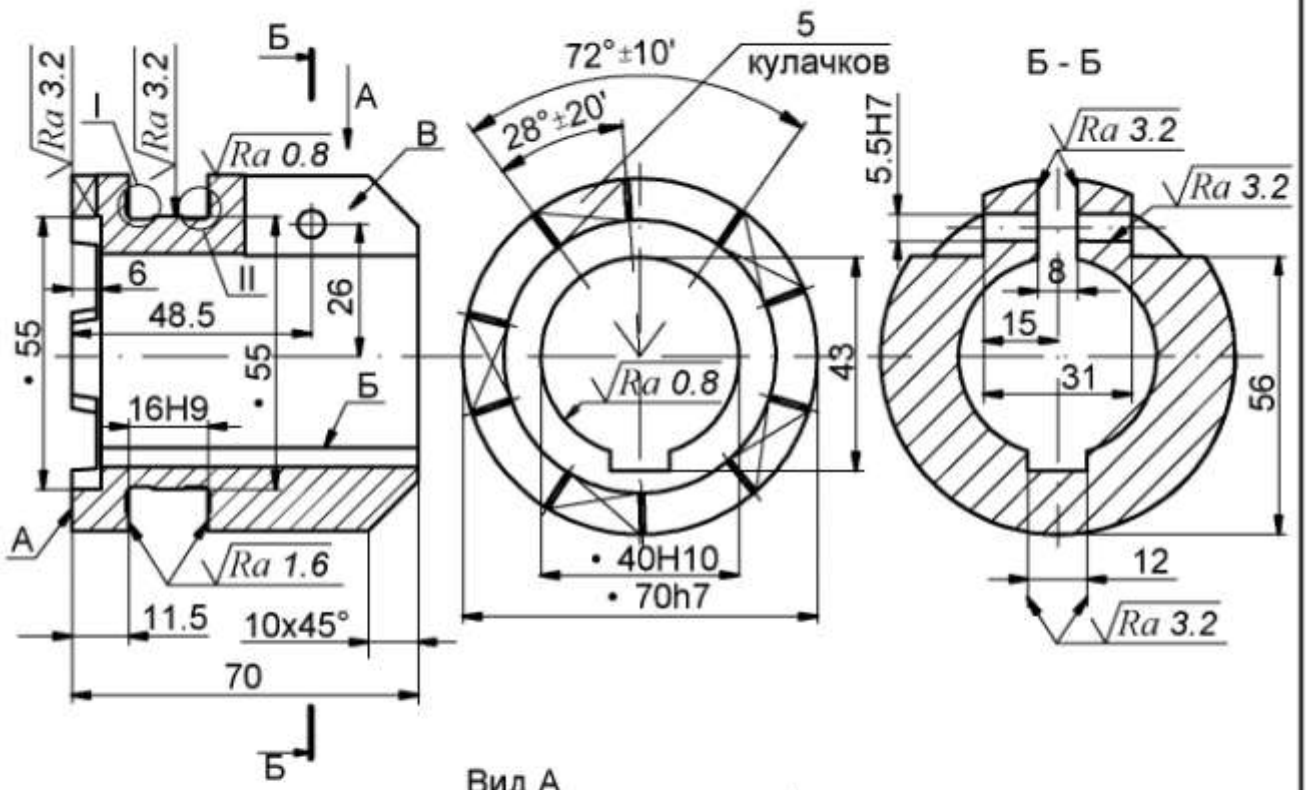


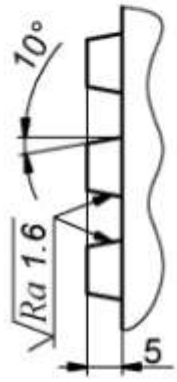



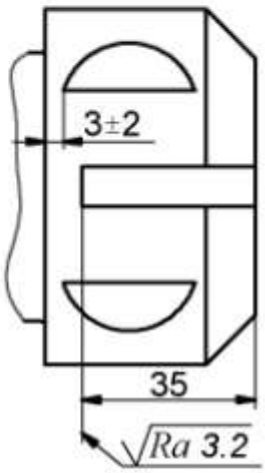
*Материал: Сталь 45*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

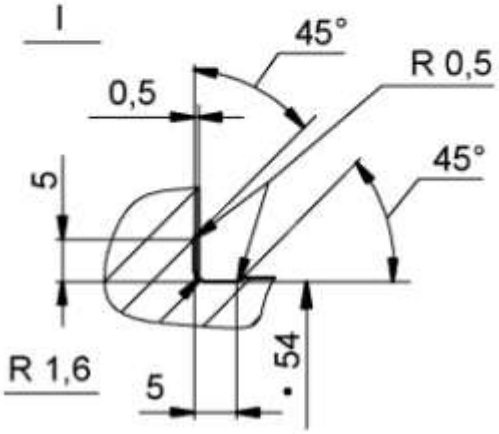
# Муфта кулачковая

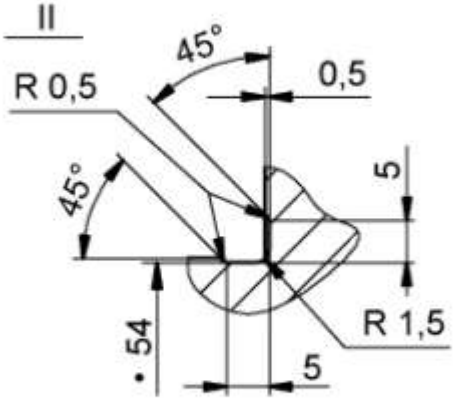
$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

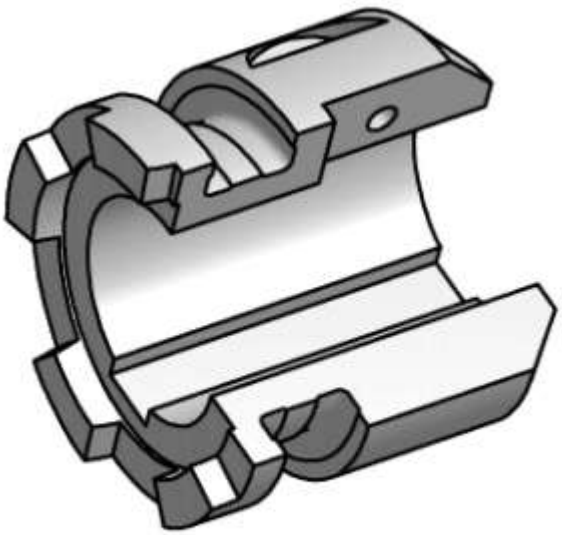


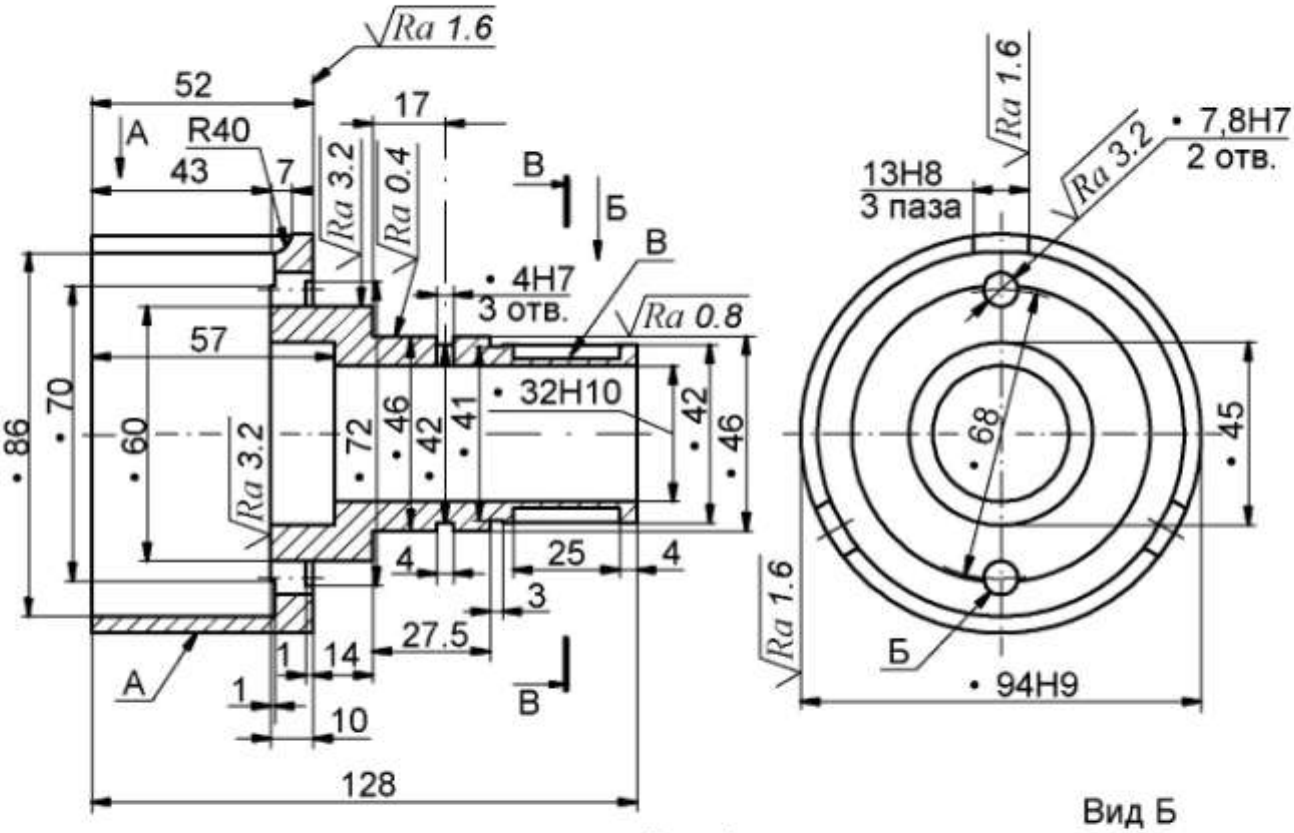



*Материал: Сталь 20Х*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

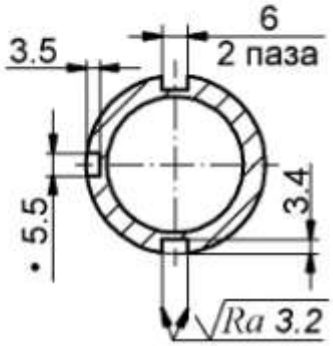
# Муфта фрикционная

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

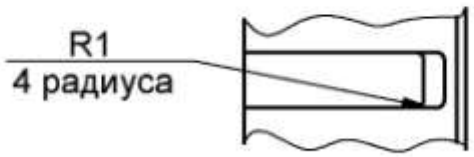


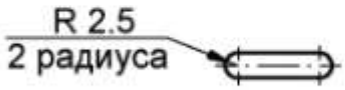

Вид Б

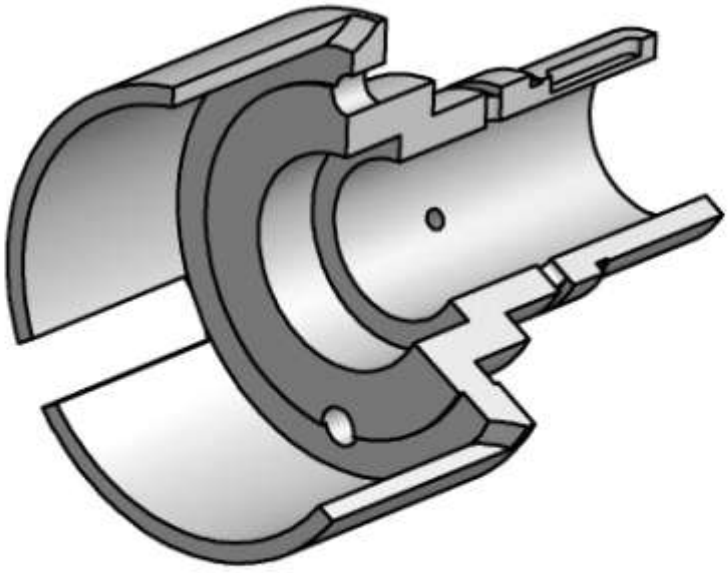
В - В




Вид А



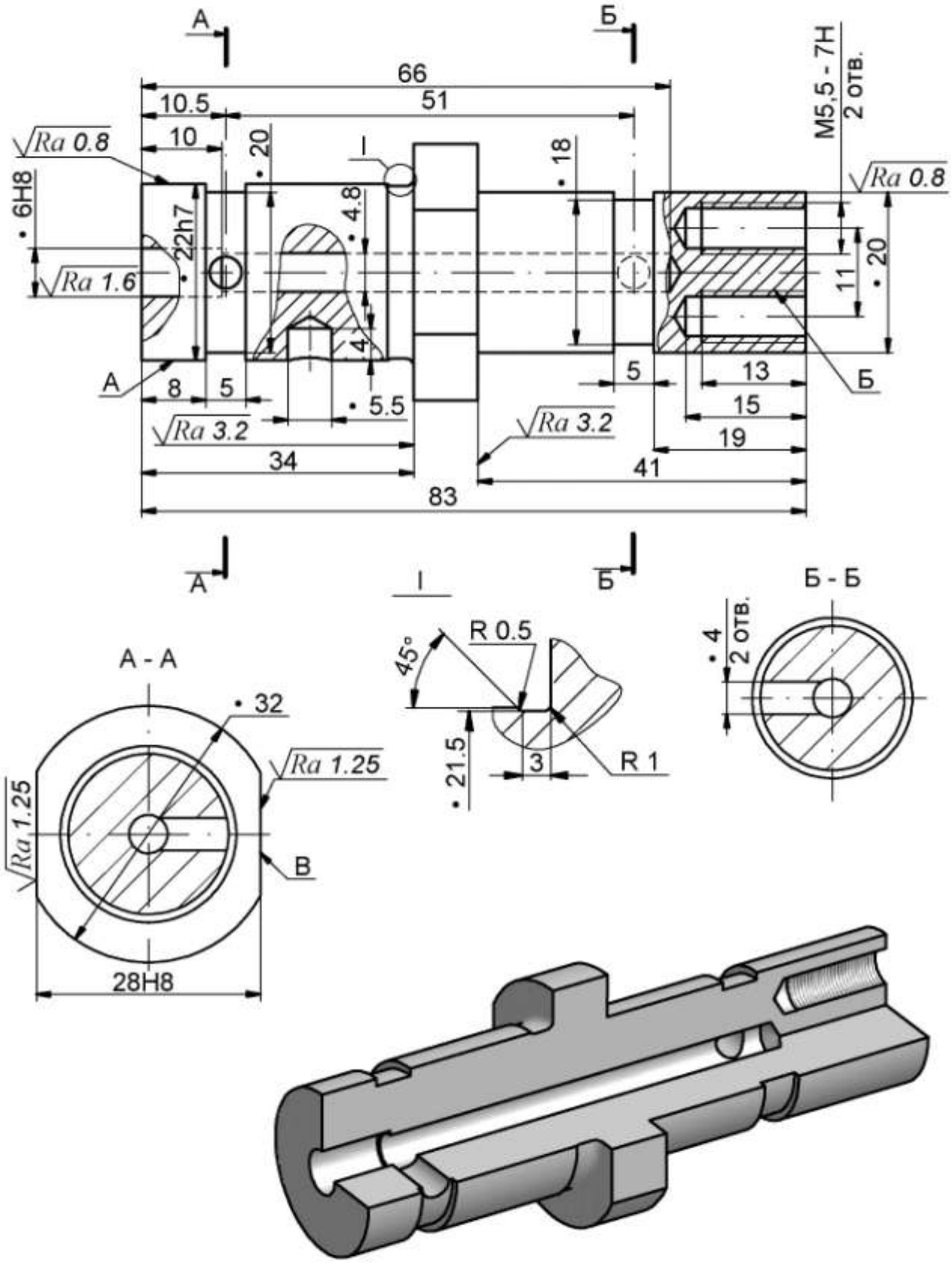



*Материал: Сталь 20Х*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Палец

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$



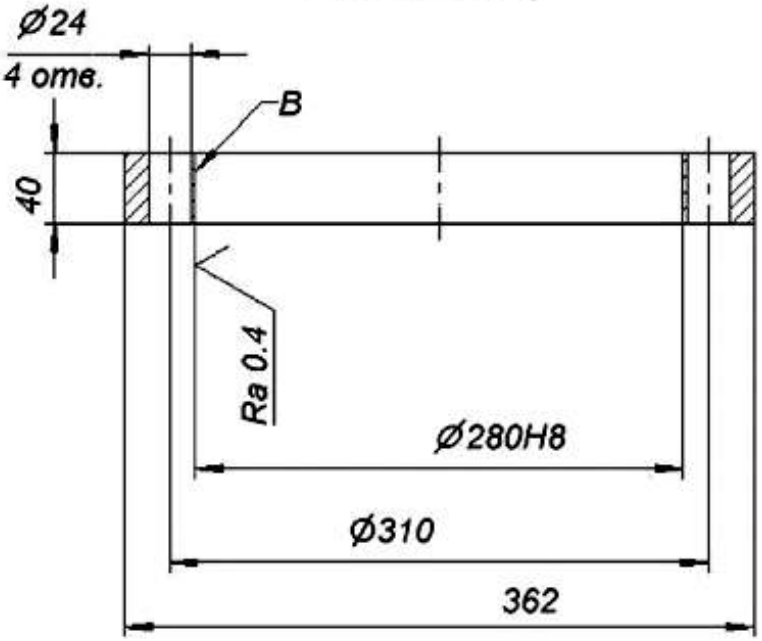

*Материал*: *Сталь 20Х*

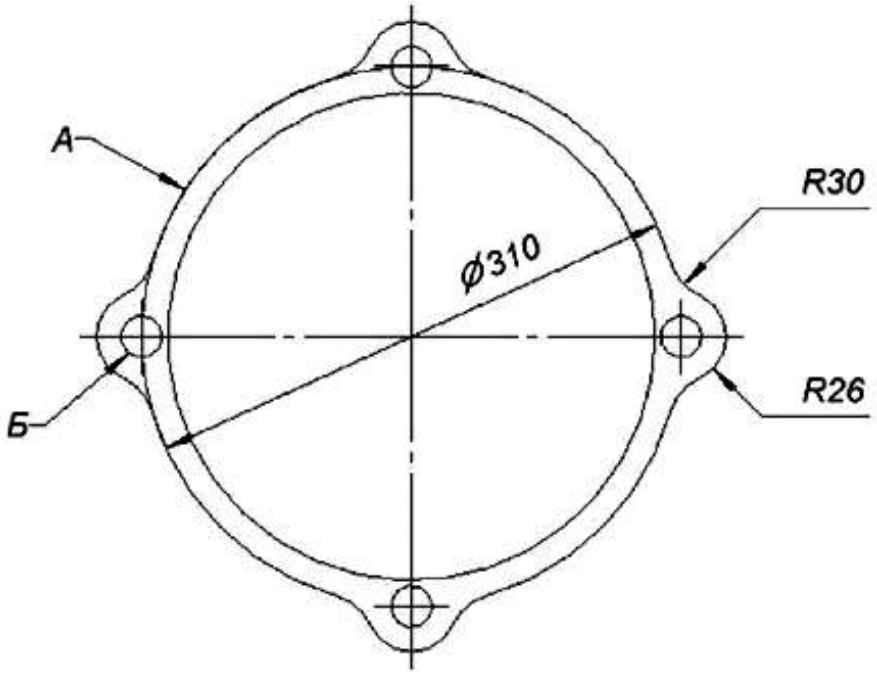
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: *H12, h12, ± IT12/2*

35

# Фланец

√Ra12.5(√)





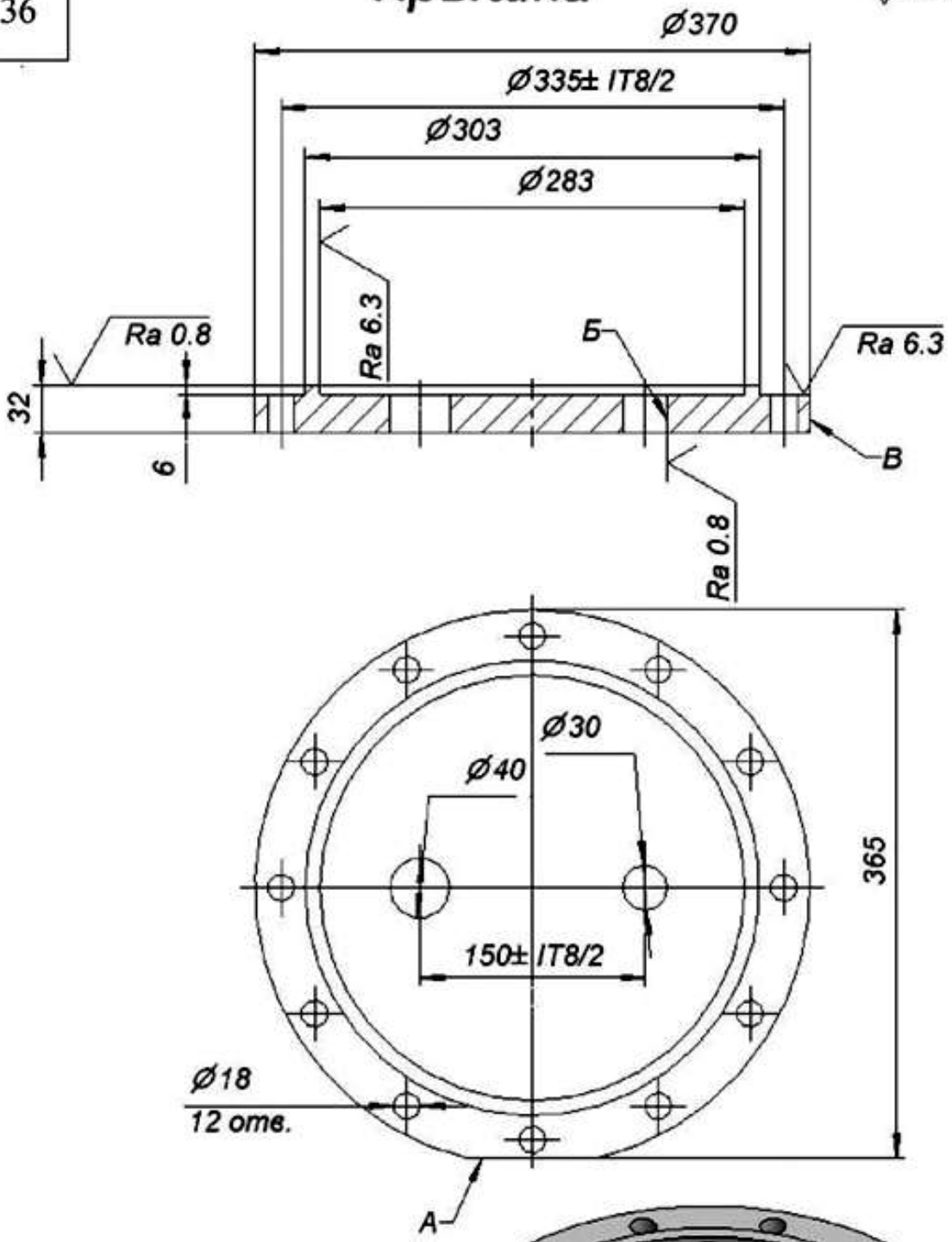

Материал: Сталь 12Х18Н10Т

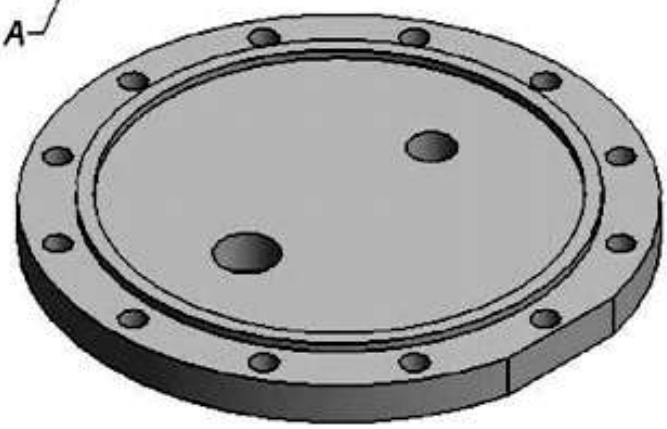
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

36

# Крышка

√Ra12.5(√)



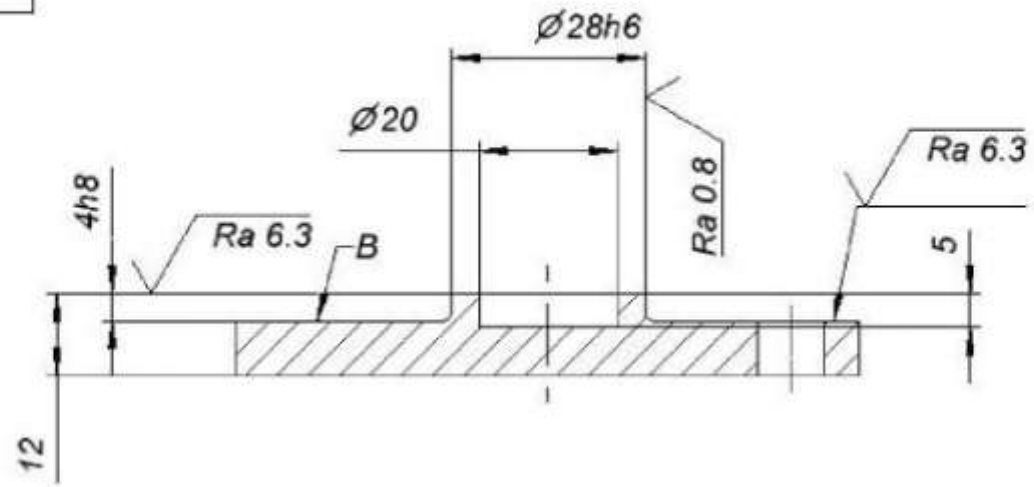
Материал: Д16Т

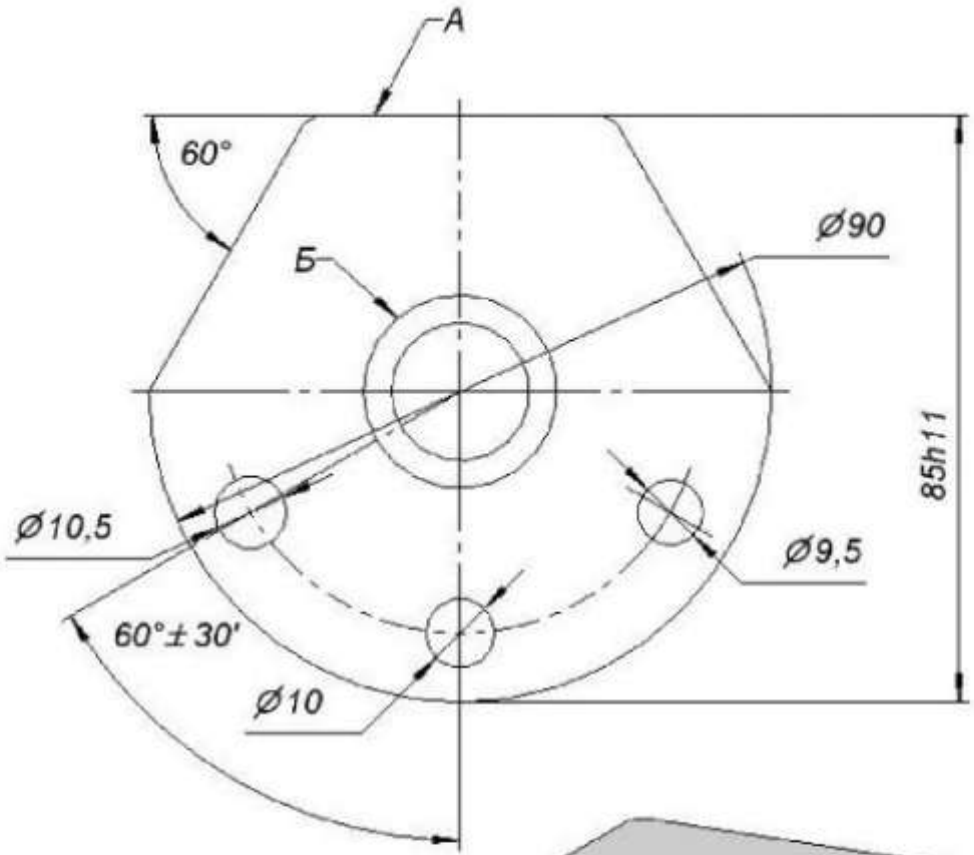
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

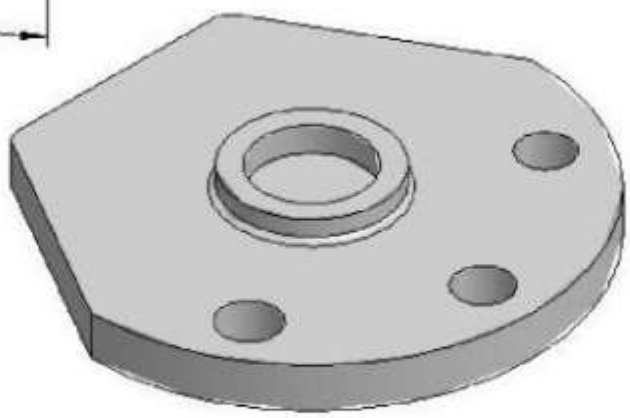
37

# Крышка

√Ra12.5(√)



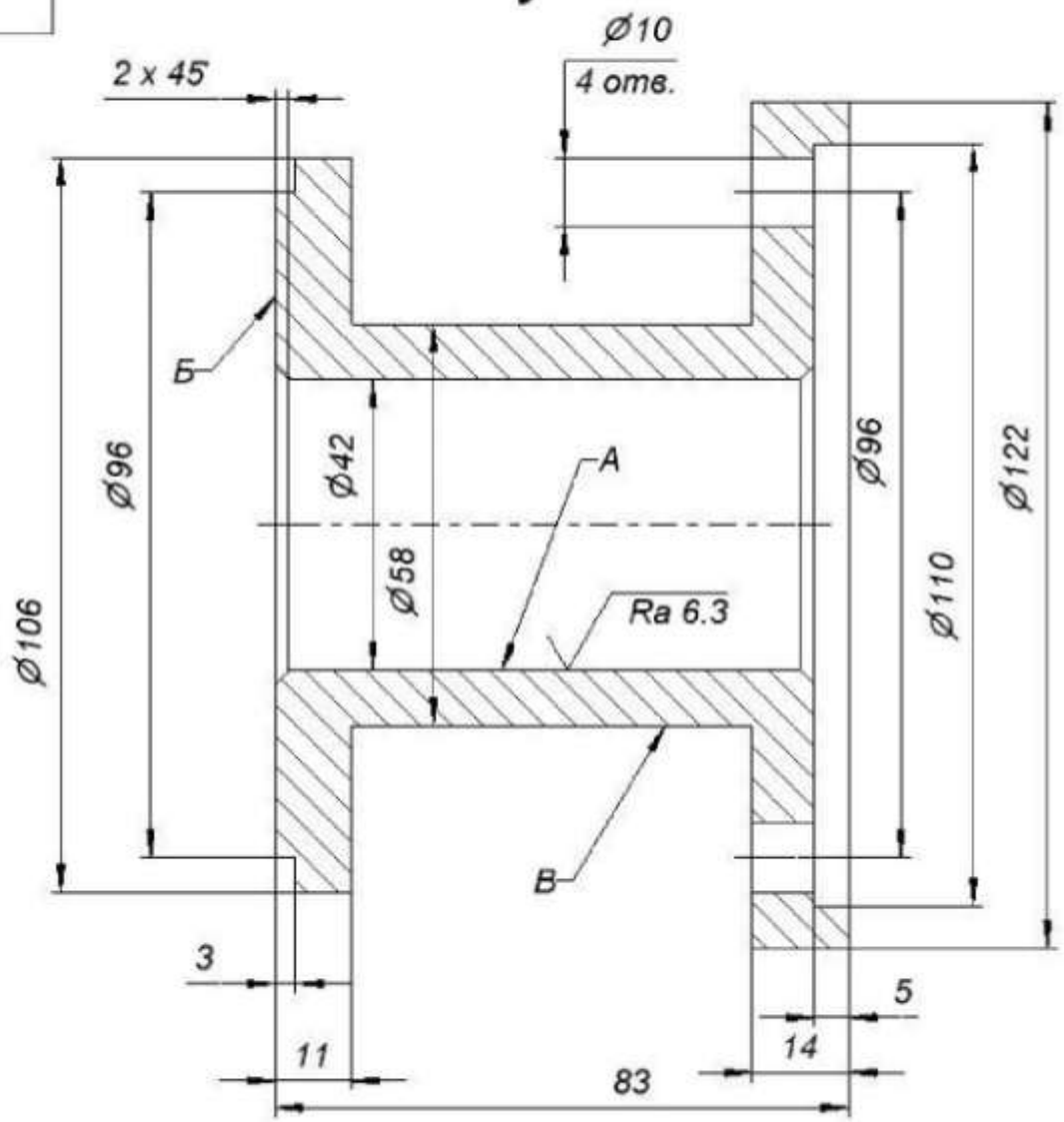
Материал: Сталь 12Х18Н10Т

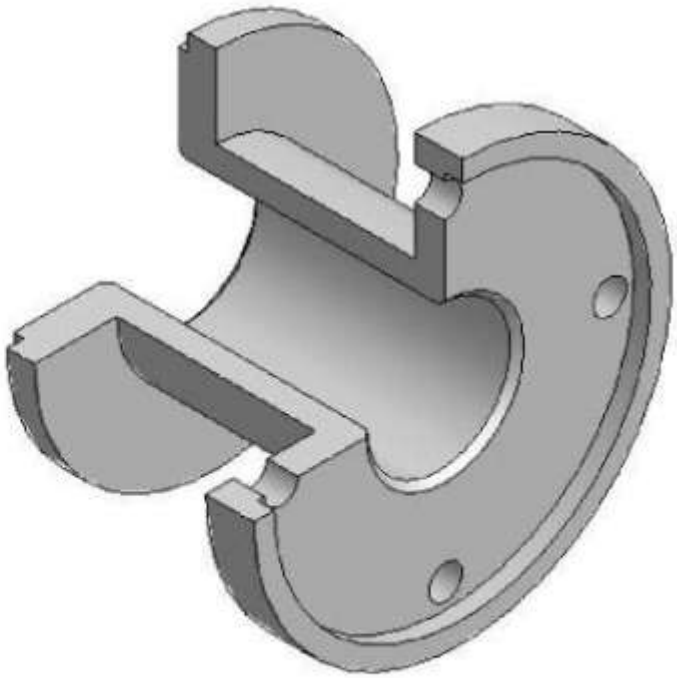
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

38

# Втулка

√Ra12.5(√)



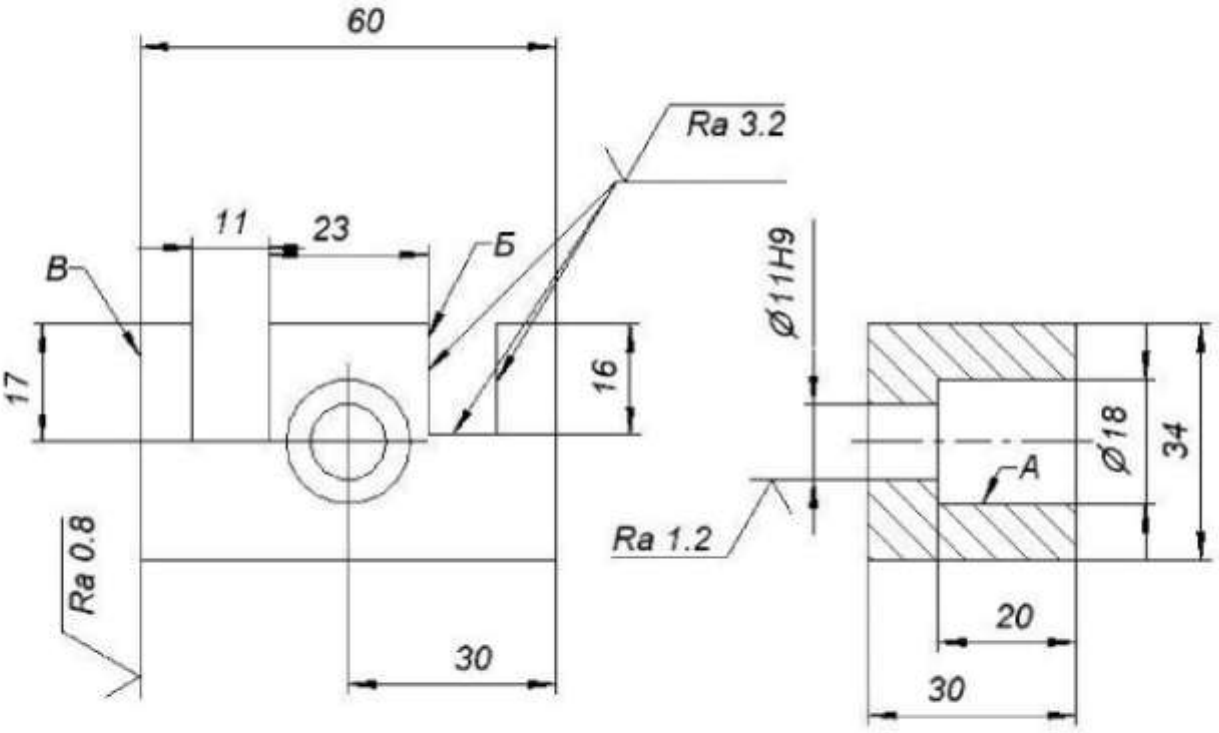
Материал: Сталь 20

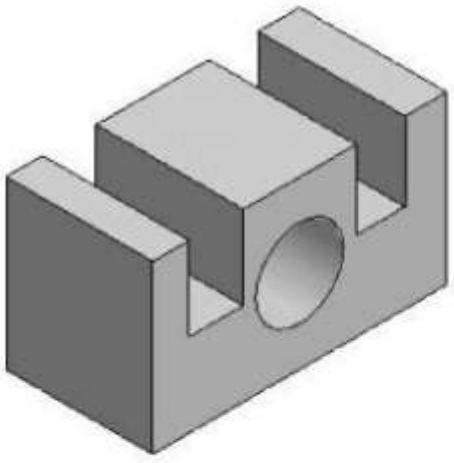
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

39

# Ползун

√Ra12.5(√)



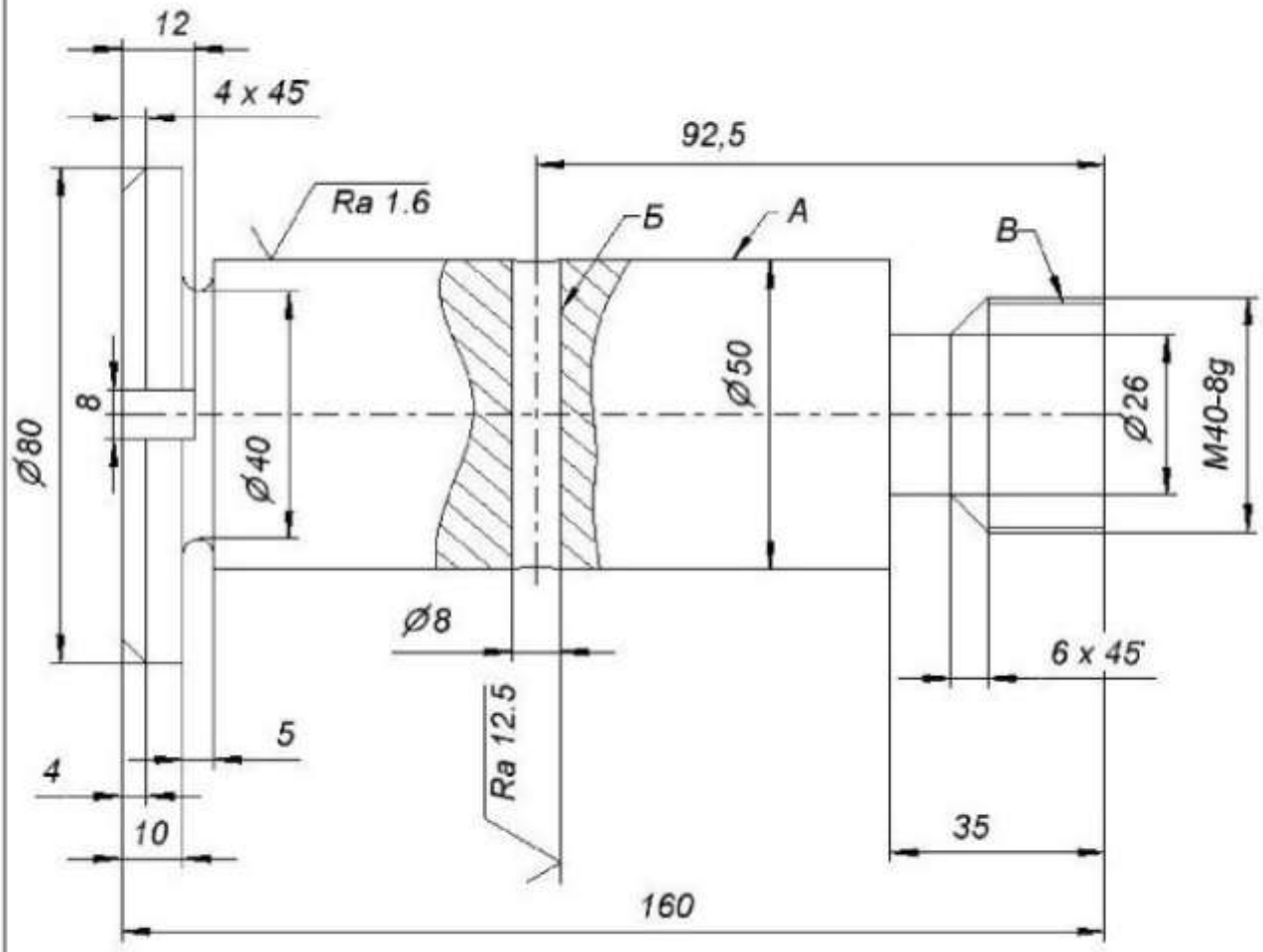
Материал: Сталь 20

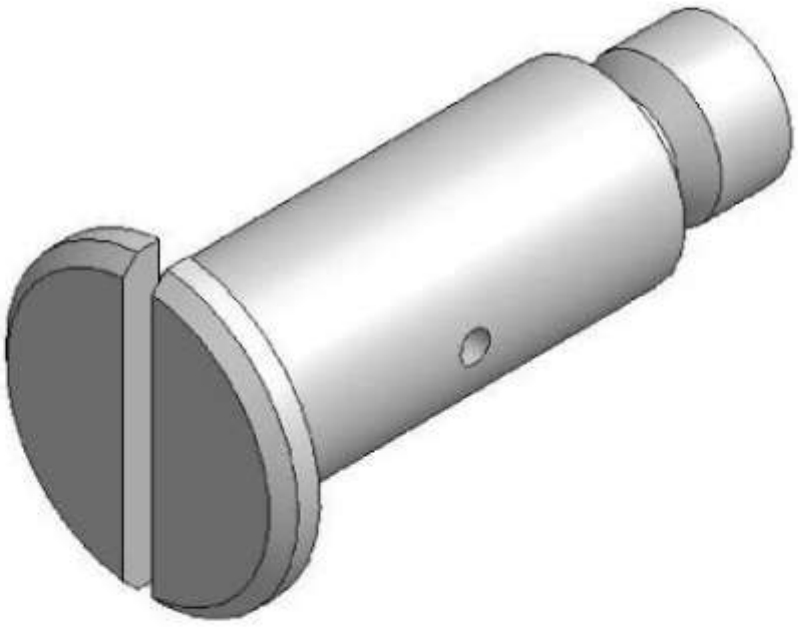
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

40

# Винт-ось

√Ra6.3(√)



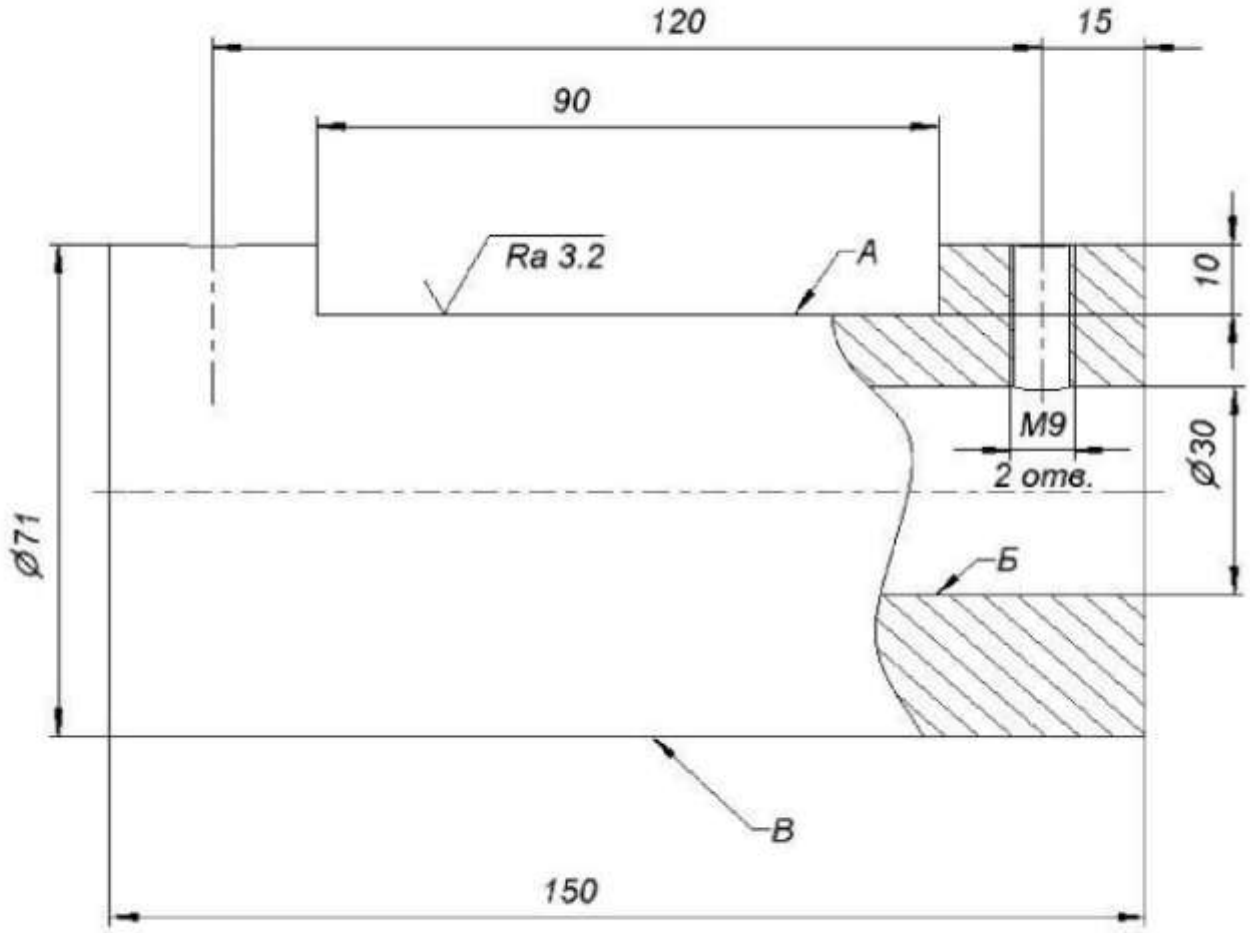
Материал: Сталь 20

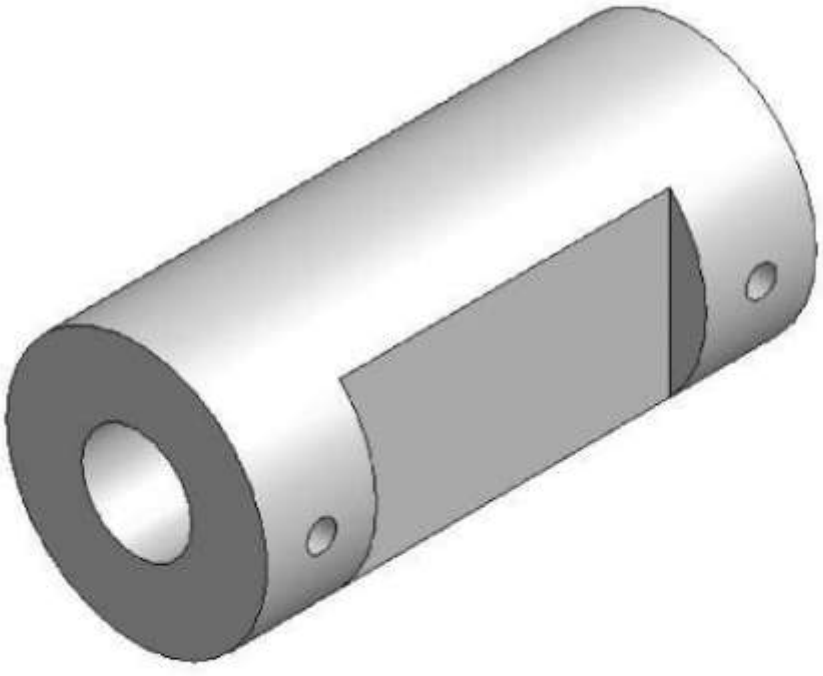
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

41

# Втулка

√Ra12.5(✓)



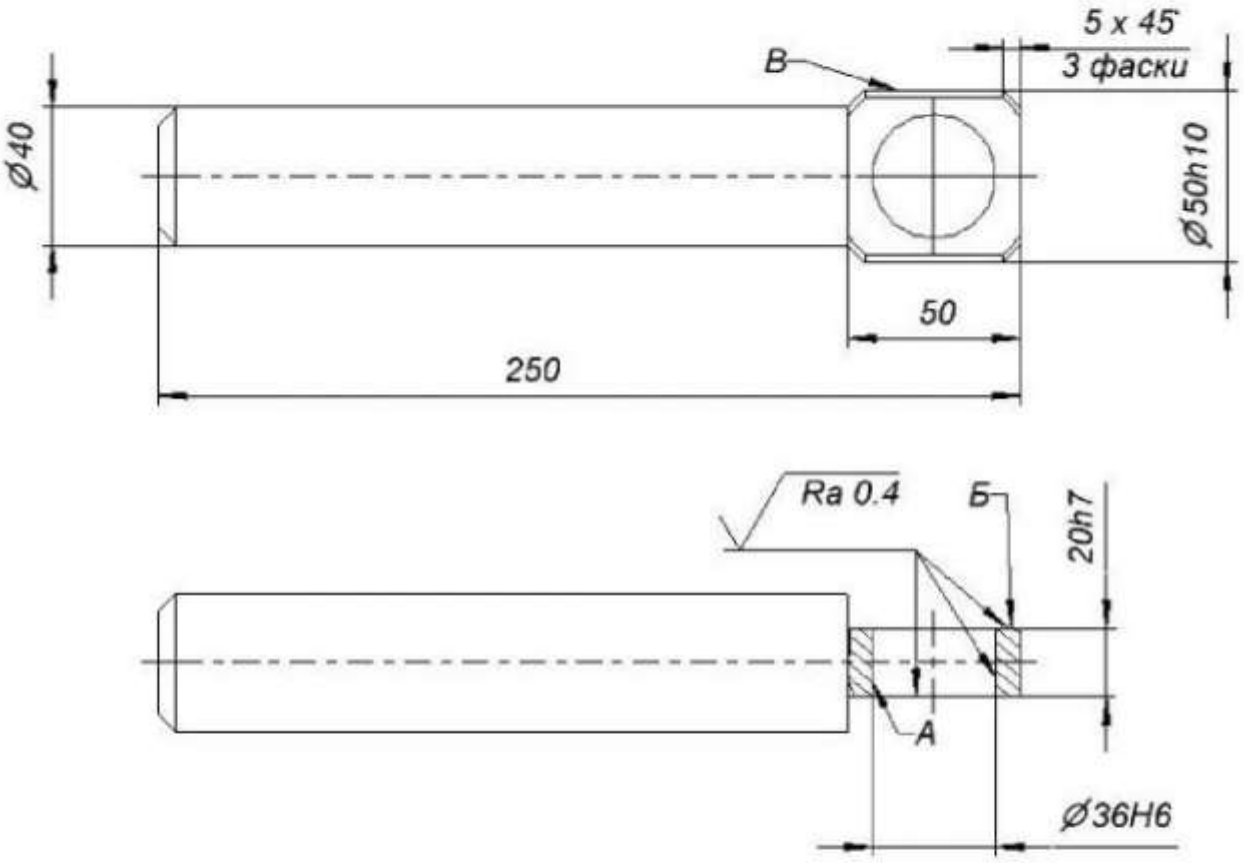
Материал: Сталь 20

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

42

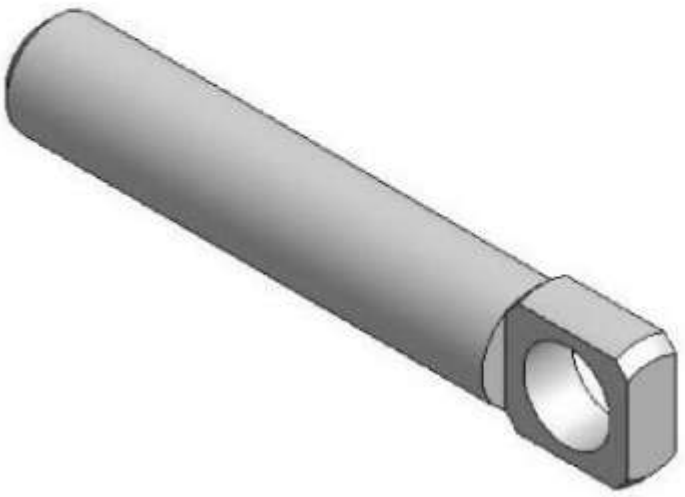
# Люнет

√Ra12.5(√)









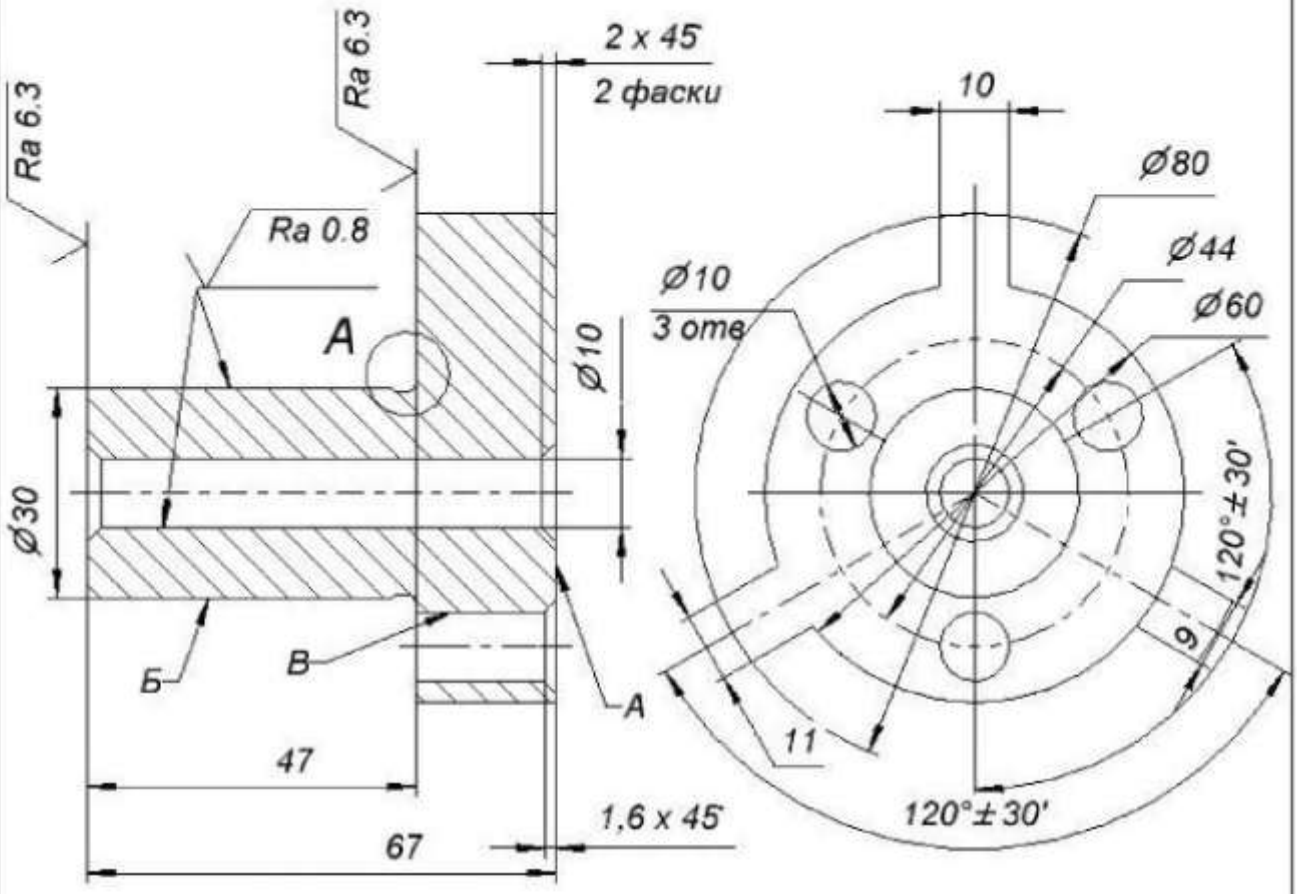
Материал: Сталь 45

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

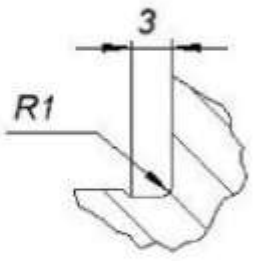
43

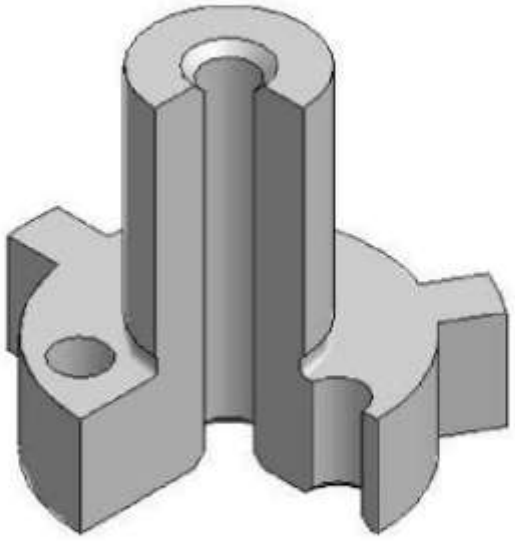
# Поршень

√Ra12.5(√)




A ( 2 : 1 )



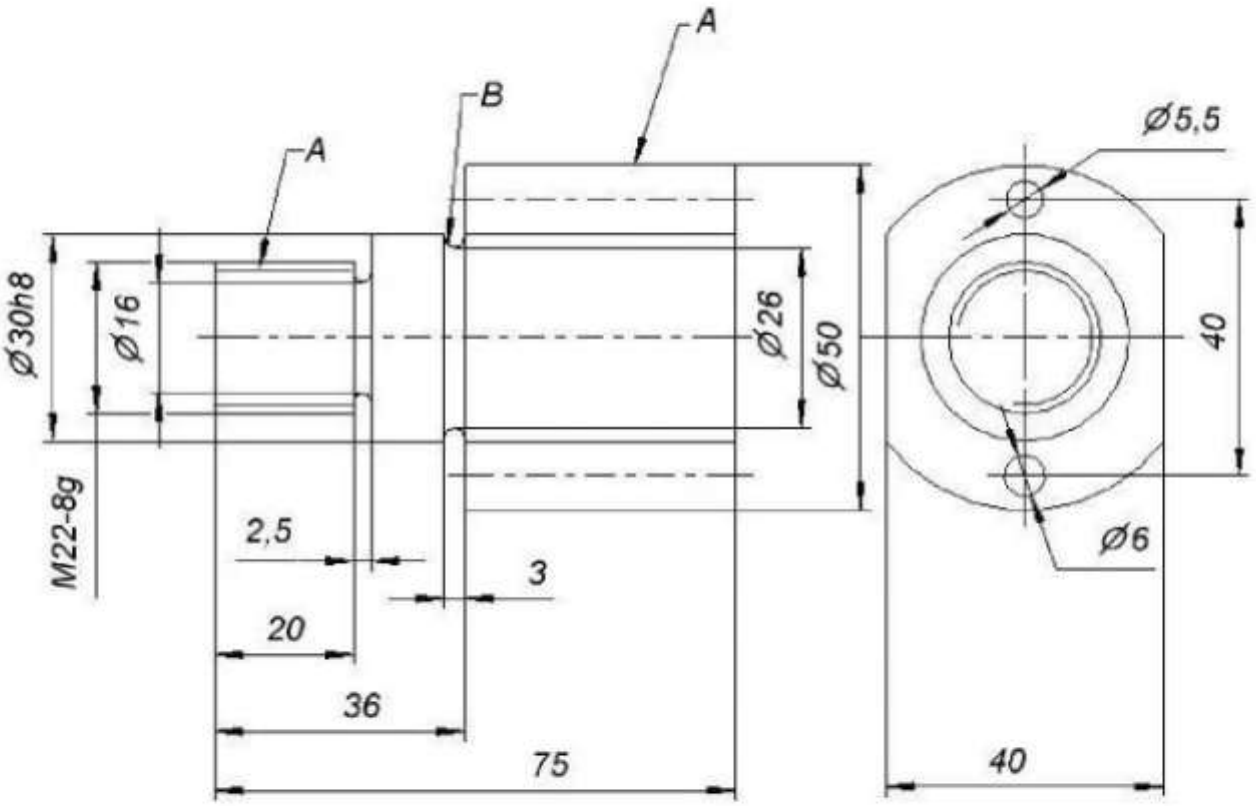
Материал: Сталь 30ХГСА

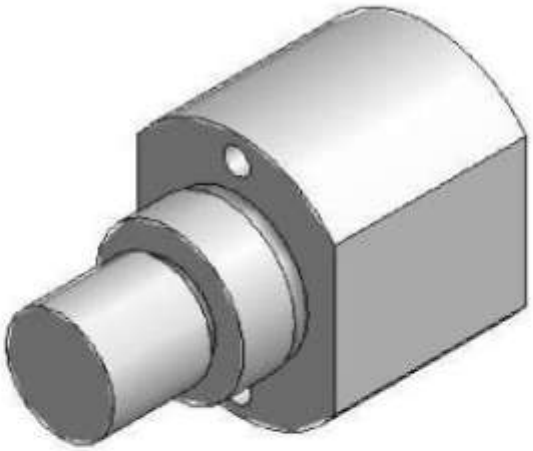
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

44

# Заглушка

√Ra12.5(√)



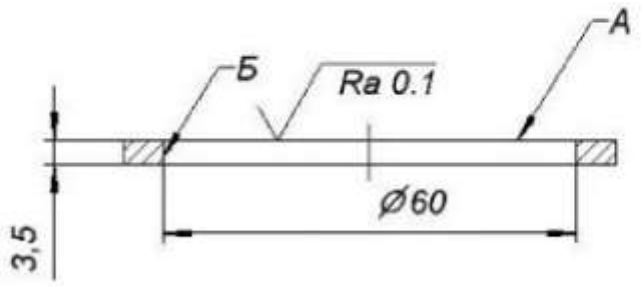
Материал: Сталь 45

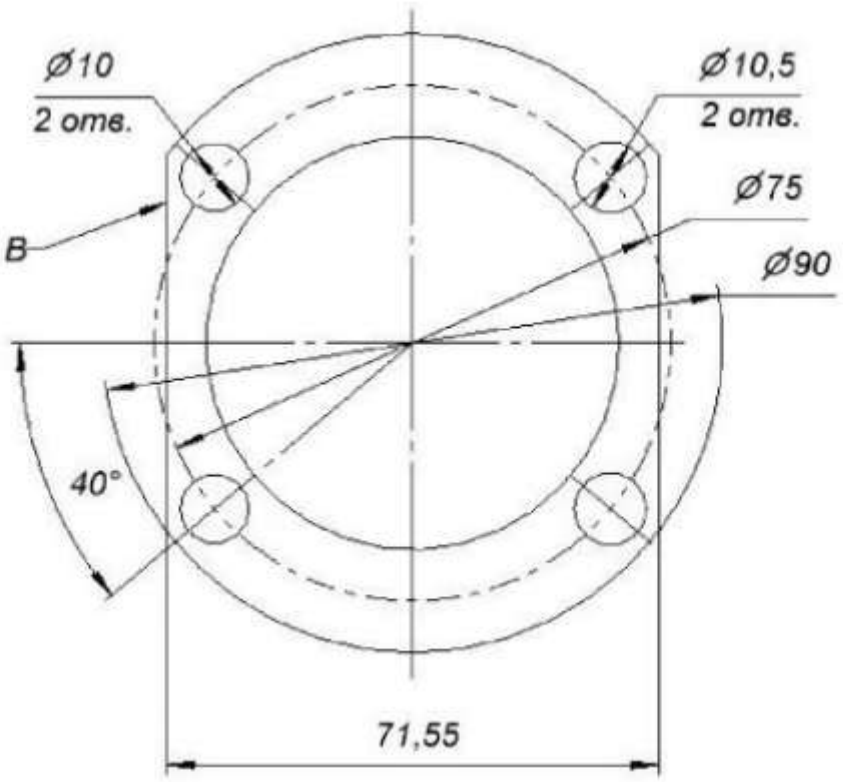
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

45

# Кольцо

√Ra12.5(√)





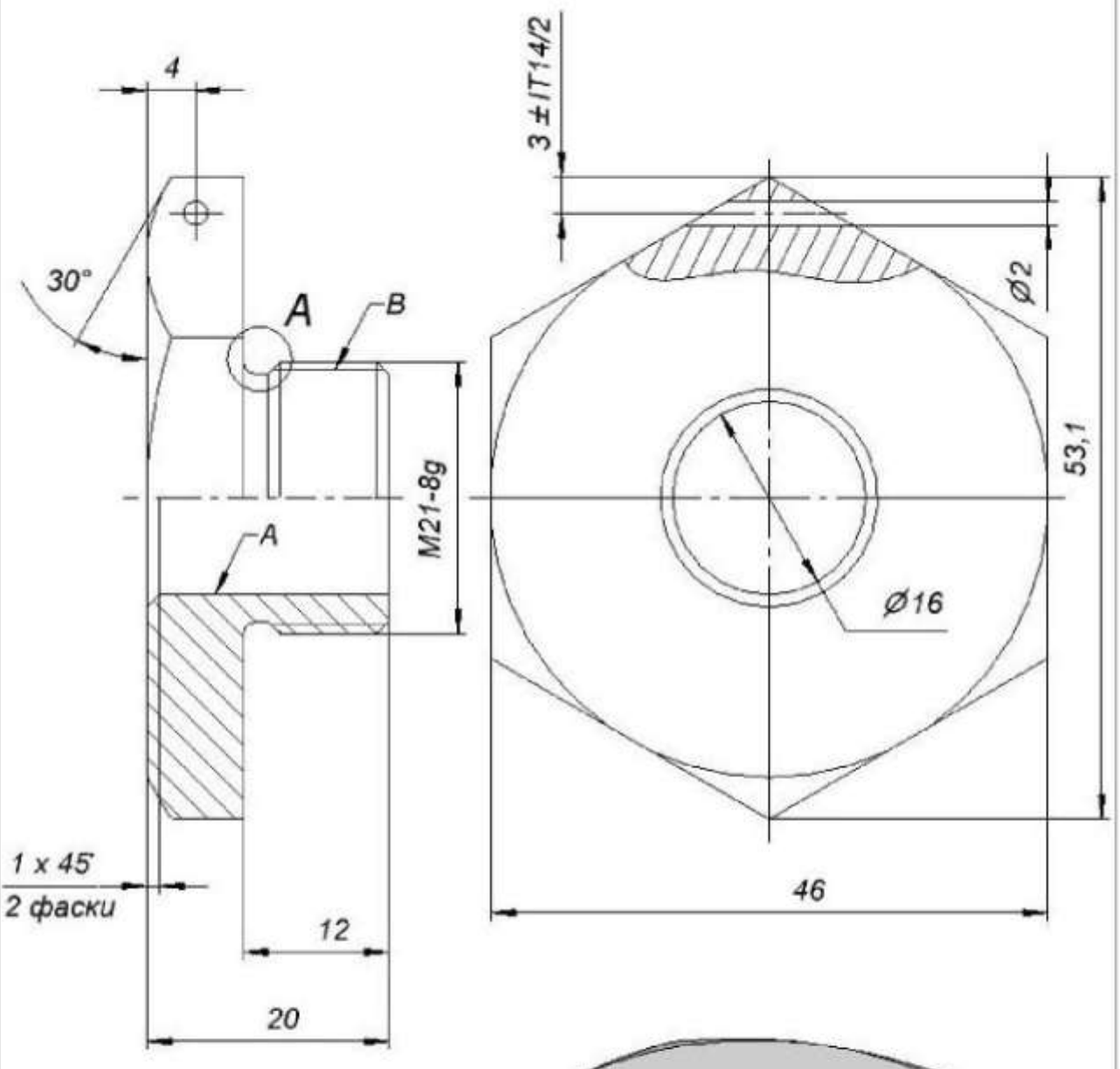

Материал: Сталь 10

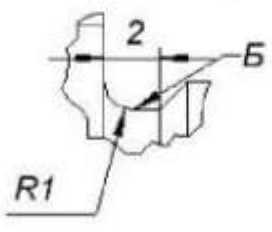
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

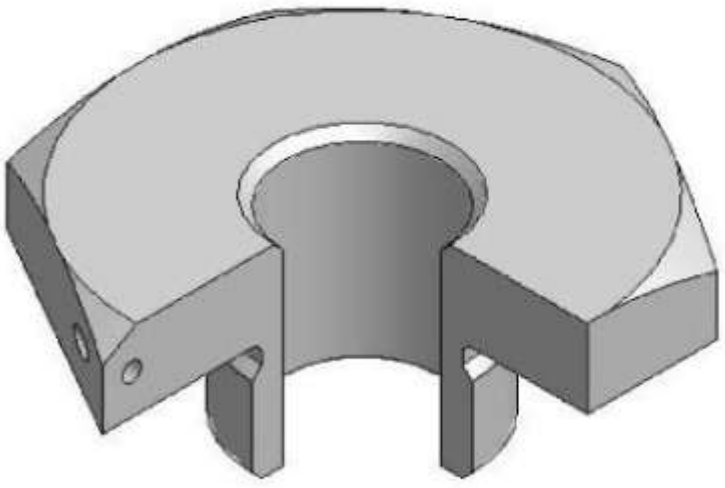
46

# Штуцер

√Ra12.5(√)



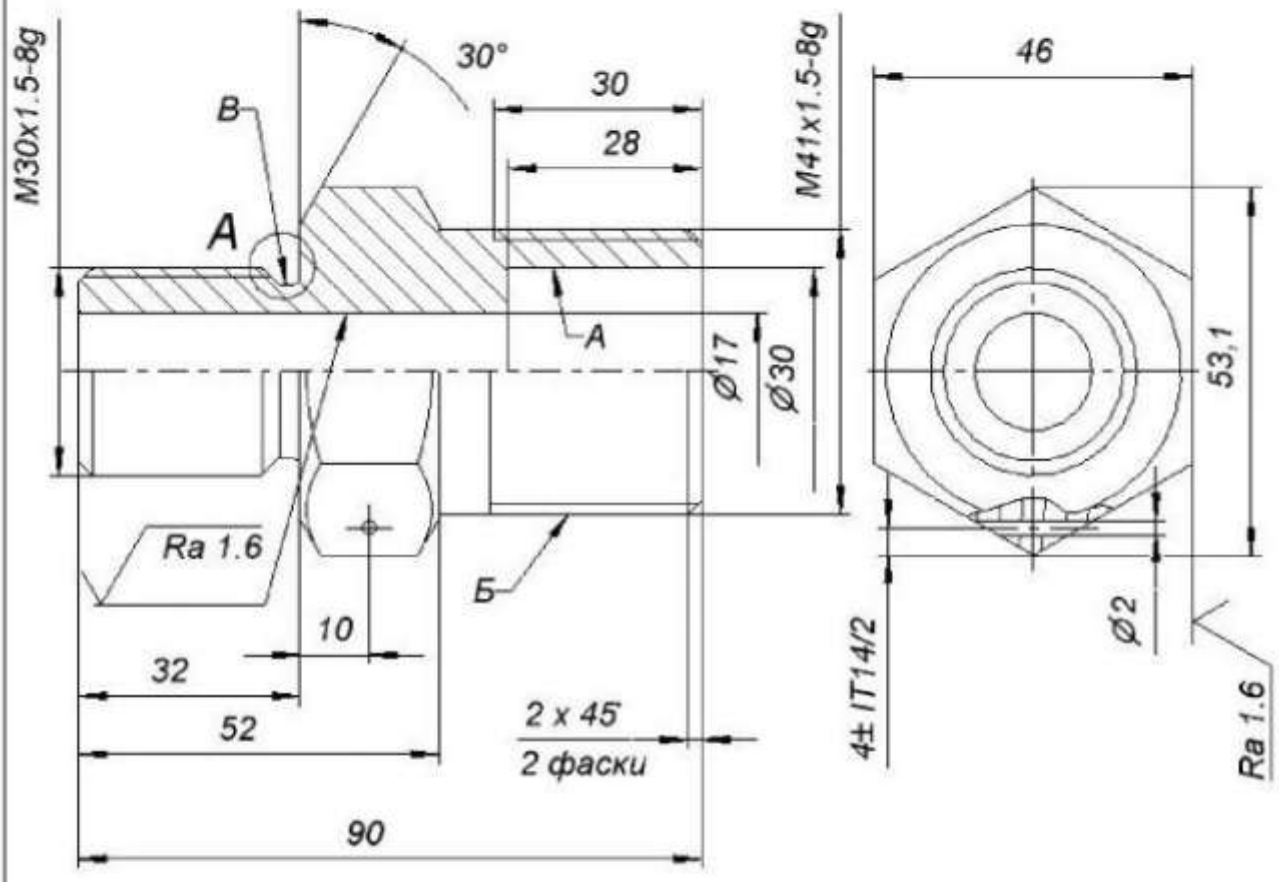
Материал: Д16Т

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

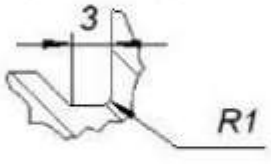
47

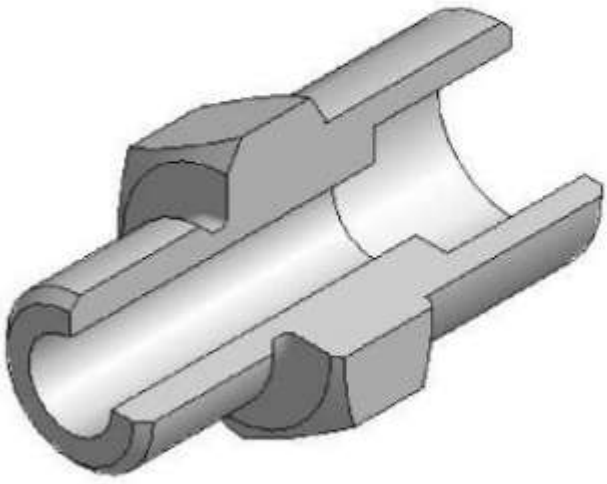
# Штуцер

√Ra12.5(✓)




A ( 2 : 1 )



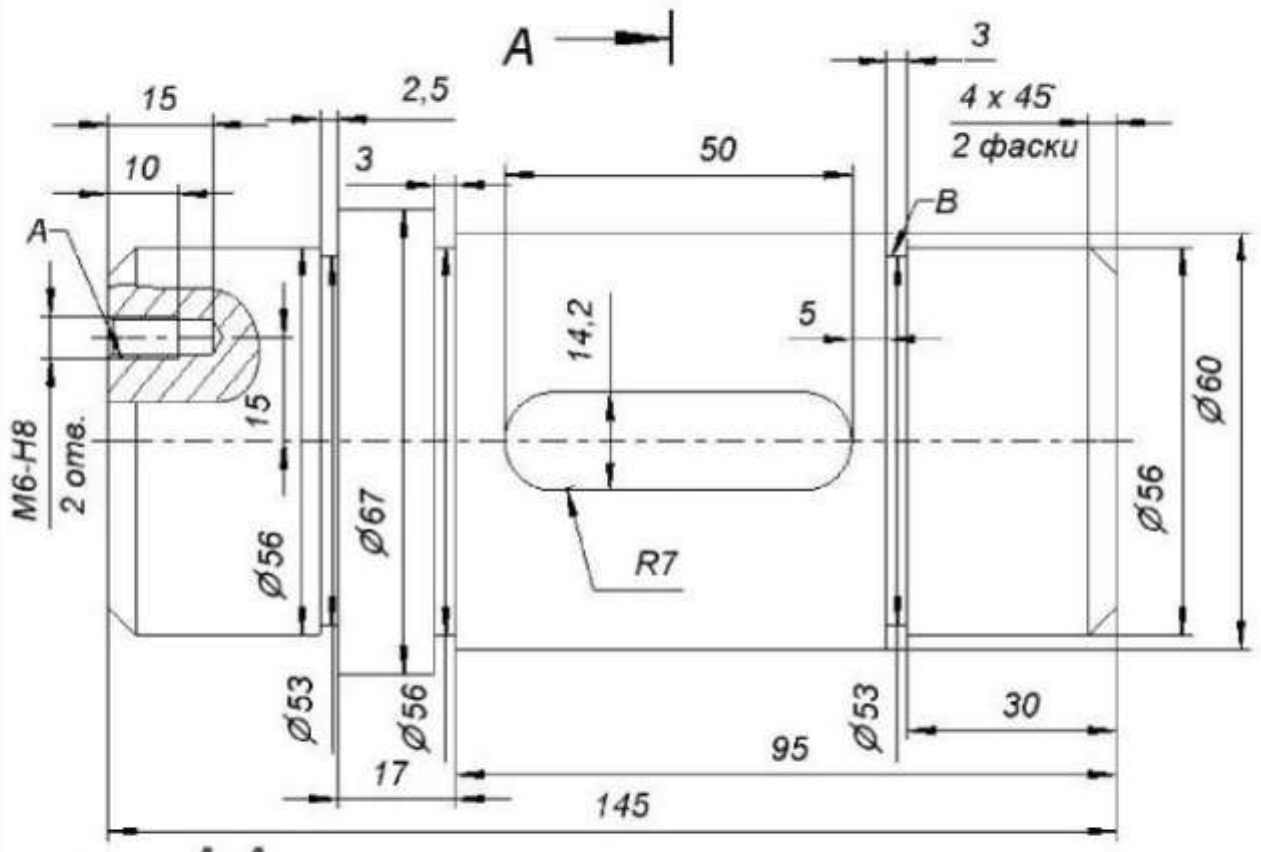
Материал: Сталь 45

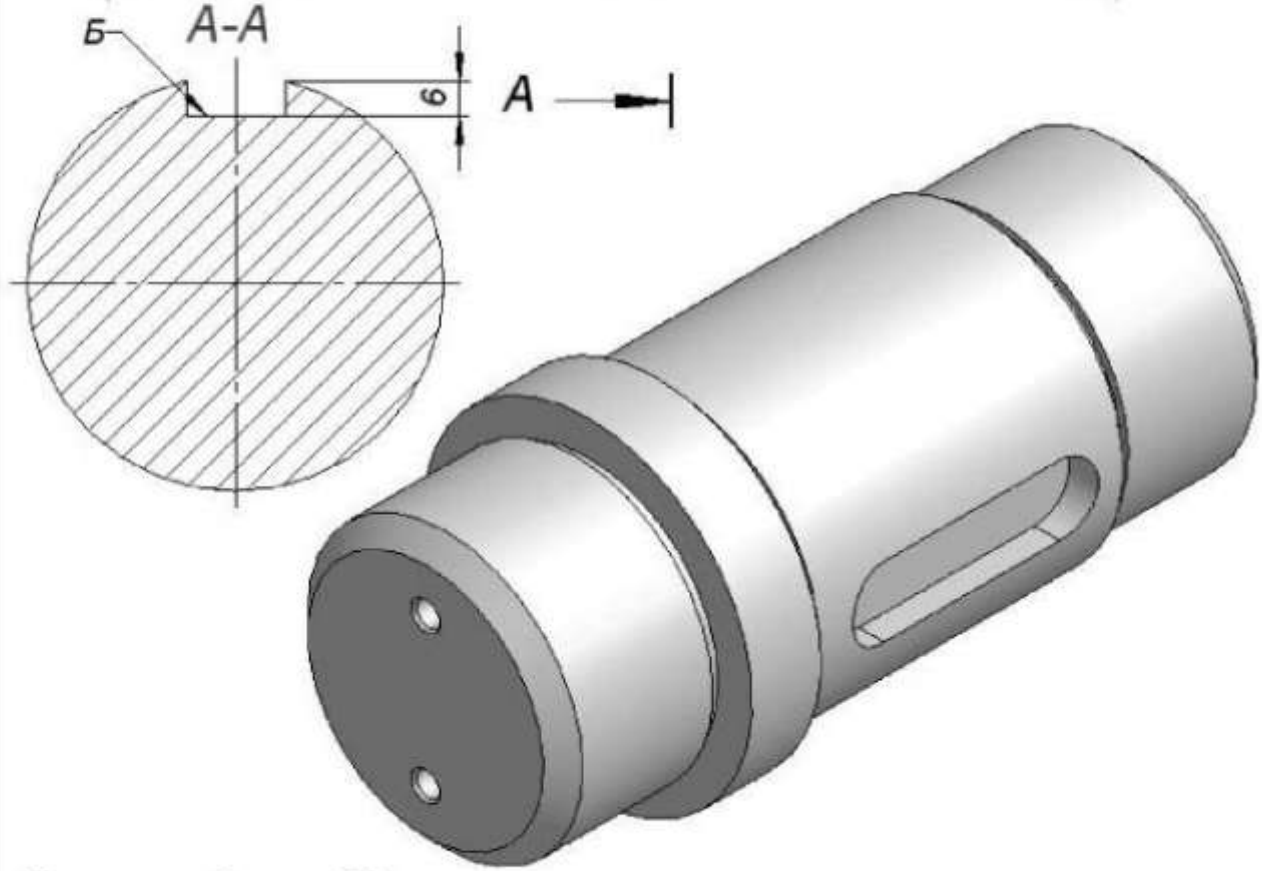
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

48

# Вал

√Ra6.3(√)



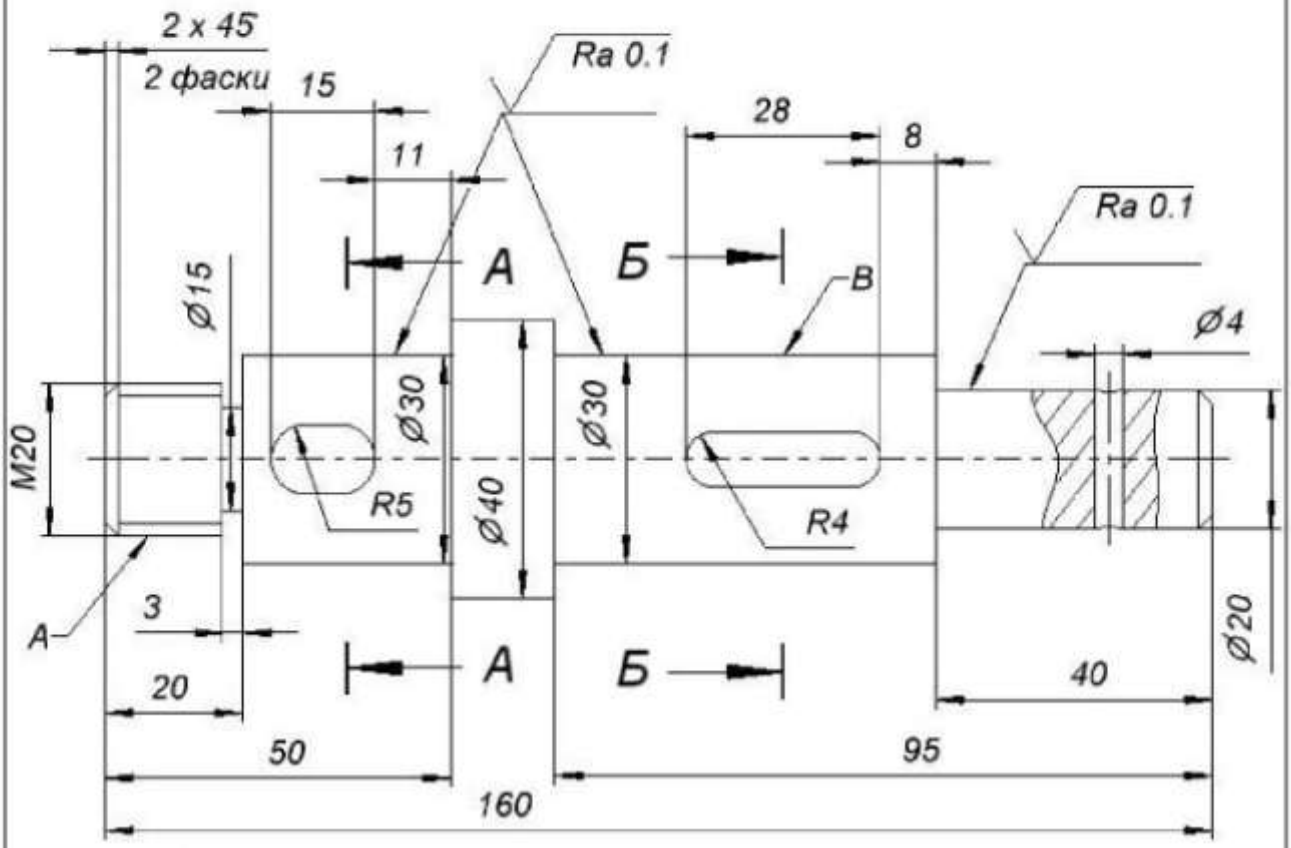

Материал: Сталь 40Х

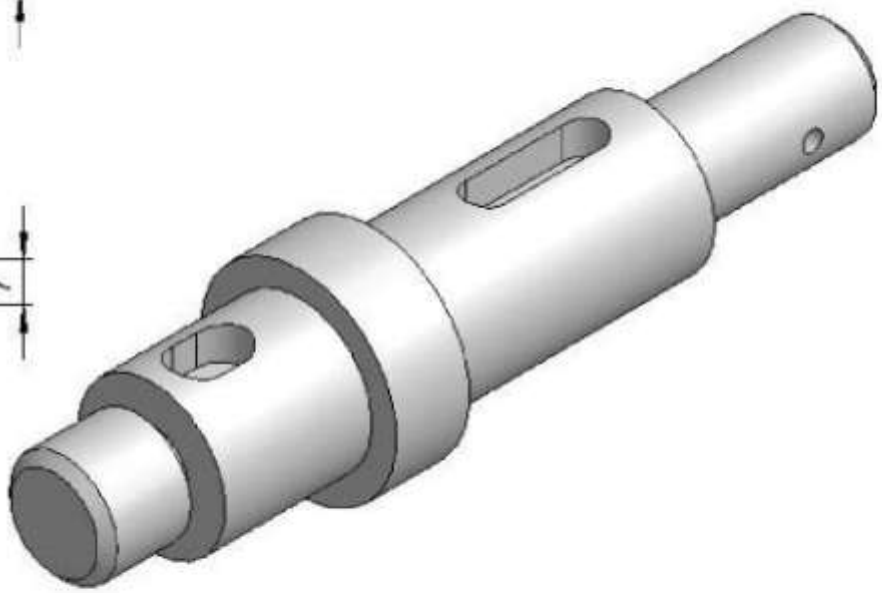
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

49

# Вал ротора

√Ra12.5(√)



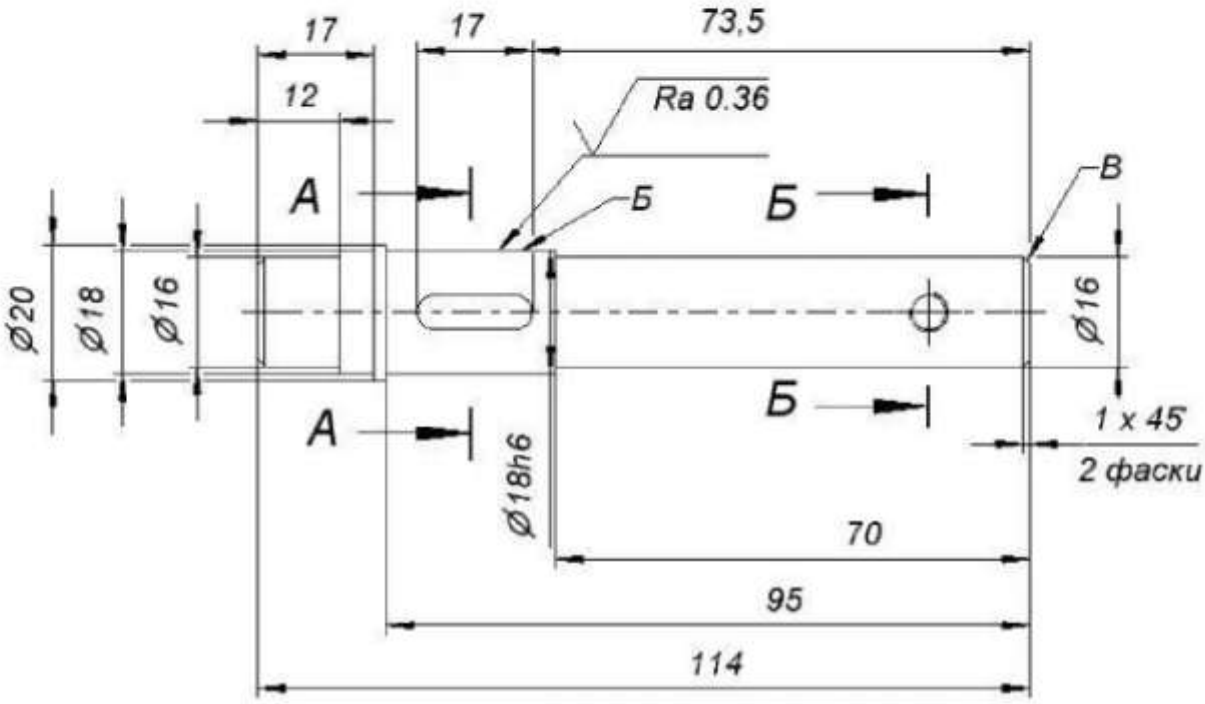
Материал: Сталь 45

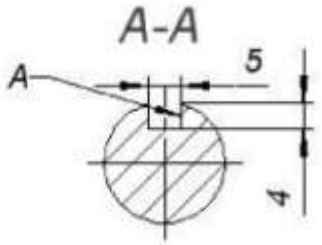
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

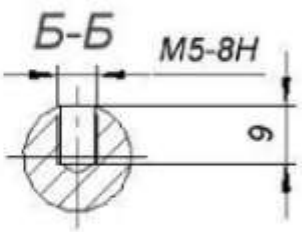
50

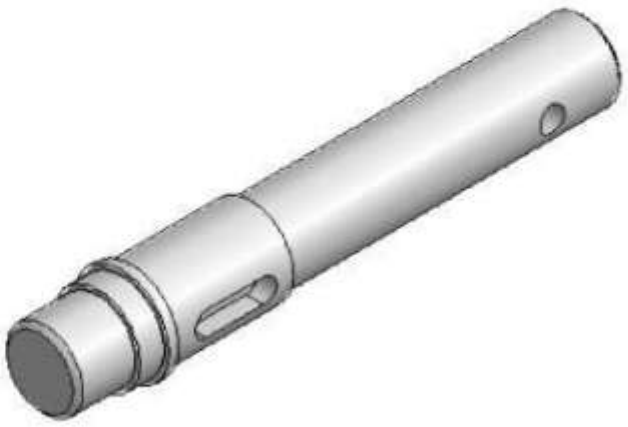
# Вал

$\sqrt{Ra12.5(\surd)}$



*Материал: Сталь 45*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

Уральский горный университет
Курс «Технология конструкционных материалов»
Самостоятельная работа №1

**Определение режима резания при точении**

Вариант № _____ Студент_____ Группа_____

| Вид точения | заготовка | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Материал, МПа | Состояние обрабатываемой поверхности | *D* | *d* | $L_1$ | *L* | *h* | *Ra, Rz* |
| | | | | | | | | |

**Схема обработки**
(заготовка, инструмент, главные движения)

**Станок:_____**

**Основные параметры:**

Наиб. диаметр обрабатываемой заготовки:
над станиной_____мм
над суппортом_____мм
наиб. длина обрабатываемого изделия _____мм
Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе _____мм
Мощность двигателя_____кВт

**Эскиз инструмента**

**Резец**

Название_____
Материал режущей части_____
Основные углы:
**γ =** **α =** **φ =** $\varphi_1$ =
***r* =** ***h*** × ***b*** × ***l*** =_____

**Режим резания**

1. **Глубина резания** ***t* =**
   количество ходов ***i* =**
2. **Подача *S*** (мм/об)
   черновое точение ***S*** = (мм/об) по таблице
   чистовое точение ***S*** = (мм/об) по таблице

$S_{факт}$ = (мм/об) по паспортным данным станка

3. **Скорость резания V** (м/мин) расчетная

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi_1 v} =$$

где $K_v = K_{мv} \cdot K_{п\,v} \cdot K_{мv} \ldots\ldots\ldots\ldots =$
$C_v =$ , $T =$ , $m =$ , $x =$ , $y =$ ,
$K_{мv} =$ , $K_{пv} =$ , $K_{иv} =$ , $K =$ , $K =$ ,

$V =$

4. **Частота вращения шпинделя** - расчетная: $n = 1000V/\pi D =$ (об/мин)
- фактическая: $n_ф =$ (по паспортным данным)

5. **Скорость резания** (фактическая) $V_ф =$ (м/мин)

6. **Проверка режима резания:**

1.Сила резания $P_z = 10\, C_p\, t^x\, S^y\, V_ф^{\,n}\, K_{\varphi p}\, K_{\gamma p}\, K_{мp}$

$C_p =$ , $x =$ , $y =$ , $n =$ , $K_{\varphi p} =$ , $K_{\gamma p} =$ , $K_{мp} =$

7. Мощность, затрачиваемая на резание $N_р$ (кВт)

8.**Основное технологическое время** $T_0$

**Режим резания**

| $L$ | $t$ | $i$ | $S$ | $n_ф$ | $V_ф$ | $P_z$ | $N_р$ | $T_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

Уральский горный университет
Курс «Технология конструкционных материалов»
Самостоятельная работа №2

**Выбор режущего инструмента**

Вариант № _____ Студент_____ Группа_____

| заготовка | | Требуемая шероховатость |
|---|---|---|
| Материал | Состояние поверхности | |
| | | |

**Эскиз детали** (поверхность)

**Инструмент**

Эскиз инструмента с основными параметрами (размеры, углы, геометрия режущей части)

Название _____

Материал режущей части_____

Основные углы:

**γ =** **α =** **φ =**

***z* =** ***D* =**

## Станок

Название_____
Марка (расшифровать)_____
Основные параметры, определяющие выполнение задания
Рабочее пространство:_____
_____
_____
_____
Мощность_____кВт

## Схема обработки

## Режим резания

| ***B*** | ***D*** | ***L*** | ***t*** / ***i*** | ***S*** | ***n*** | ***V*** | $T_O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

Уральский горный университет
Курс «Технология конструкционных материалов»
Самостоятельная работа №3

**Выбор шлифовального круга и режима резания**

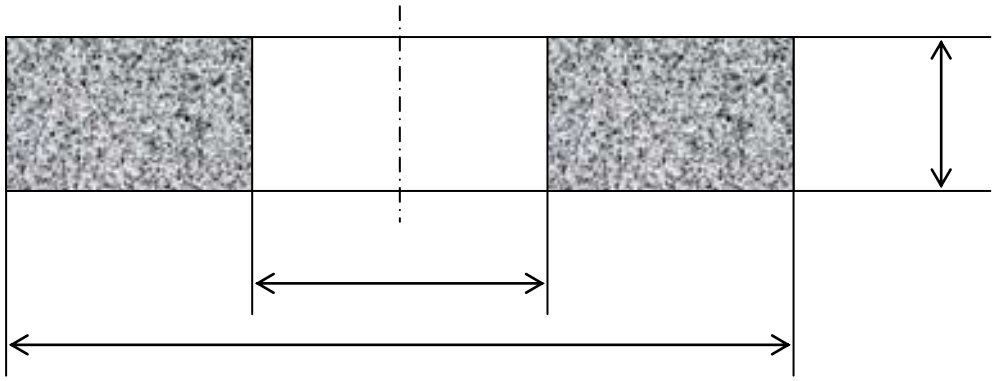
Вариант № _____ Студент_____ Группа_____

| **Деталь** | $d_з$ | $l$ | $l_1$ | $B$ | ***Ra,*** **(**шероховатость**)** | ***H*** **(**припуск**)** | Материал заготовки | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

**Схема обработки** (заготовка, инструмент**,** главные движения)

**Станок:_____**
Модель_____
Рекомендуемые размеры обрабатываемой детали:
Длина_____
Ширина_____
Диаметр_____
Наибольшие размеры круга:
Наружный диаметр_____мм
Высота_____мм

**Эскиз круга (с отклонениями)**



**Примерная характеристика круга_____**

| Условное обозначение параметра | Расшифровка условного обозначения и определение |
|---|---|
| | Тип круга_____<br>Применение_____ |
| | Размеры круга: диаметр_____мм, высота_____мм, отверстие_____мм. |
| | Марка абразивного материала_____<br>Область применения_____<br>Микротвердость_____.Теплоустойчивость_____<br>Получение_____ |
| | Зернистость. Размер зерен основной фракции_____<br>_____-индекс обозначения содержания зерна основной фракции _____ % |
| | Твердость круга_____<br>Определение_____ |
| | Структура круга (номер)_____.Содержание зерна_____% |
| | Марка связки_____<br>Состав_____<br>Предназначение_____ |
| | Окружная скорость круга_____м/с |
| | Класс неуравновешенности_____<br>Определение_____ |

**Полная характеристика круга:**

_____

**Режим резания**

| ***t*** | | ***S*** | | | ***V*** | ***i*** | $T_o$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

**Министерство образования и науки РФ**
**ФГОБУ ВО**
**Уральский государственный**
**горный университет**

# *ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ*

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

**для студентов направления бакалавриата:**
**15.03.01 «Машиностроение»,**
**15.03.02 - «Технологические машины и оборудование» (ТМО) и среднего профессионального образования**
**(15.02.01) - «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования(по отраслям)»**
***очного и заочного обучения***

Екатеринбург
2021

Сборник чертежей деталей машин для выполнения домашнего задания по дисциплине «Технология конструкционных материалов»: Учебное пособие содержит чертежи типовых деталей машин: зубчатых колес, втулок, валов, рычагов и др., предназначенные для выполнения студентами домашнего задания по дисциплине «Технология конструкционных материалов» (ТКМ). Все чертежи выполнены с использованием программы твердотельного моделирования Autodesk Inventor Professional 10. Пособие может быть рекомендовано для решения технологических задач на зачетах и экзаменах по курсу ТКМ.

Содержание учебного пособия «Сборник чертежей деталей машин для выполнения домашнего задания по дисциплине ТКМ» соответствует утвержденной программе учебно-методического комплекса по дисциплине «Технология конструкционных материалов».

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Домашнее задание по дисциплине «Технология конструкционных материалов» (ТКМ) предназначено для закрепления студентами теоретических и практических знаний, полученных в курсе лекций, на семинарских занятиях, при выполнении практических работ учебно-технологического практикума; для овладения навыками самостоятельного использования методик решения типовых технологических задач и получения практического опыта работы со справочными материалами. Выполнение домашнего задания помогает также студентам получить умение находить связь между исходными данными по-

ставленной задачи и требуемым результатом, проводить анализ и на базе знаний общих подходов предложить варианты решений и составить рациональный путь решения конкретной задачи.

Настоящее учебное пособие направлено на улучшение технологической подготовки инженеров-конструкторов, технологов, а также специалистов других профессий. Оно содержит более 40 вариантов чертежей деталей машин, позволяющих решать такие задачи домашнего задания, как:

отработка на технологичность конструкции детали в зависимости от типа производства и вида выбранной заготовки;

выбор последовательности методов и видов обработки разных поверхностей детали с учетом технической оснащенности производства и возможности использования инновационных технологий; выбор средств технологического оснащения; разработка схем обработки;

выбор рациональной технологии обработки указанных на чертеже поверхностей детали по различным критериям, например, максимальной производительности, с использованием расчетных методов и др.

Чертежи деталей машин, составляющие содержание пособия, несут информацию, используемую при выполнении домашнего задания: материал детали, размеры, необходимое количество проекций, разрезы, сечения, требования по точности и шероховатости. Дополнительно каждый чертеж имеет несколько конструктивных неточностей. Ими могут быть, например, отсутствие канавок для свободного входа и выхода инструмента, размеры резьб, модулей, диаметров от-

верстий, отличные от предпочтительного ряда чисел и другие неточности, связанные с конструкцией детали. Все они направлены на овладение студентами навыков анализа рабочего чертежа детали с целью разработки наиболее технологичной конструкции.

Пособие может быть рекомендовано по направлению подготовки дипломированных специалистов «Машиностроительные технологии и оборудование» и Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов».

## Работа № 1. Определение режима резания при точении

К современным машинам предъявляются высокие эксплуатационные и технико-экономические требования, для обеспечения необходимого качества обработки деталей машин. Для выполнения этих требований необходимо иметь режущий инструмент с оптимальными параметрами: геометрией, материалом режущей части и режим резания.

**Задание по работе.**

Необходимо подобрать по размерам детали и инструмента станок; установить тип и вид инструмента, необходимый для обработки; выбрать оптимальные режимы резания и рассчитать основное технологическое время – $T_O$.

**Выполнение работы**

1. Получив задание (вариант № **) определить по справочнику [1] вид инструмента [1,4] и его назначение [2, 3].
2. Выполнить эскиз инструмента с указанием основных размеров и углов режущей части
3. Указать из какого материала может быть изготовлена режущая часть данного инструмента,
4. Изобразить схему обработки заготовки данным инструментом с указанием всех движений и установки.
5. Выбрать станок, на котором можно производить обработку данным инструментом, по выбранной схеме.

6. Рассчитать режим резания и основное технологическое время при обработке данным инструментом заданной поверхности [4], стр. 609 - 619.

Отчет выполняется на бланке, эскиз и схема обработки выполняется карандашом по линейке.

**Литература.**


1. Справочник инструментальщика, М. Машиностроение, 1987. 846 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя, т.2. М: Машиностроение. 1986. 496 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.

## Работа №2 Выбор режущего инструмента

**Цель работы**

Научиться правильно выбирать инструмент, металлорежущий станок, режимы резания для обработки заданной поверхности детали.

**Задание по работе.**

Необходимо подобрать по размерам детали и инструмента станок; установить тип и вид инструмента, необходимый для обработки; выбрать оптимальные режимы резания и рассчитать основное технологическое время – $T_O$.

**Ход работы**

1. Получив эскиз детали, с указанием поверхности (таблица), подлежащей обработке по размерам, конфигурации и виду обрабатываемой поверхности, пользуясь предложенной литературой, подобрать тип, вид и размеры режущего инструмента.
2. Исходя из материала обрабатываемой детали, вида и условий обработки установить оптимальную геометрию режущей части инструмента [2], [3].
3. Начертить эскиз режущего инструмента, используя типовые примеры, приведенные в альбоме [3]. На эскизе указать основные размеры инструмента, геометрию режущей части и материал режущей части.
4. Руководствуясь размерами детали и режущего инструмента, используя справочник технолога – машиностроителя [2], подобрать конкретный металлорежущий станок. Дать полную расшифровку мо-

дели станка. Ознакомиться с устройством данного станка [4] или, станка такого типа, с его технологическими возможностями.

5. Начертить схему обработки детали выбранным инструментом ( показать взаимное их положение при обработке, стрелками показать движения резания и подачи, вспомогательные движения).

6. **Выбрать** режим обработки [2]; выбранные значения **сверить** с данными станка. Рассчитать основное технологическое время на обработку заданной поверхности (или поверхностей) [1]. Полученные данные свести в таблицу (см. отчет). Допускается скорость резания **не рассчитывать, а принимать** рекомендуемую по таблицам [1].

## Оформление отчета

Эскиз инструмента и схема обработки вычерчиваются на специальном бланке.

**ЛИТЕРАТУРА**

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

2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. - М.: Машиностроение, 1986, 496 с., ил.

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., ил..

4. Альбом «Металлорежущие инструменты». – М.: 1979. Кучер А. М., Киватицкий М. М., Покровский А. А. Металлорежущие станки. – М.: Машиностроение, 1965.

## 3. Выбор шлифовального круга и режима резания

**Цель работы.**

Научиться выбирать шлифовальные круги в зависимости от материала детали и требований, предъявляемых к ней.

**Ход работы.**

По полученному заданию выбрать схему шлифования.

Начертить схему обработки детали на шлифовальном станке, указав стрелками движение резания, движение подачи и вспомогательные движения.

Выбрать станок для шлифования заданной поверхности детали по техническим характеристикам станка [1].

Выбрать тип круга по области применения (табл. П3.1.1).

Основные размеры круга принимаются по техническим характеристикам станка [1].

Выбрать примерную характеристику круга в зависимости от материала детали и ее шероховатости (табл. П3.1.2).

В выбранной примерной характеристике отсутствуют ряд параметров круга, предусмотренных стандартом, поэтому ее необходимо дополнить.

Все параметры, входящие в характеристику круга необходимо расшифровать, указав:

а) абразивный материал – (табл. П3.1.3), получение абразивного материала, микротвердость, теплоустойчивость (табл. П3.1.4);

б) зернистость инструмента (табл.П3.1.5), обозначается по ГОСТ

3647 – 80. Уточняется размер зерна основной фракции и выбирается индекс обозначения содержания зерна в основной фракции (процент).

в) твердость инструмента – параметр, характеризующий способность инструмента сопротивляться нарушению сцепления между зернами и связкой при сохранении характеристик инструмента в пределах установленных норм (табл. П3.1.6);

г) структура абразивного по таблице П3.1.7

д) связка абразивного круга выбрать по табл.П3.1.8

е) в полной характеристике абразивного круга указывается окружная скорость круга. Скорость ограничивается прочностью инструмента, принимается по табл.П3.1.8;

ж) класс точности инструмента.

з) класс неуравновешенности инструмента.

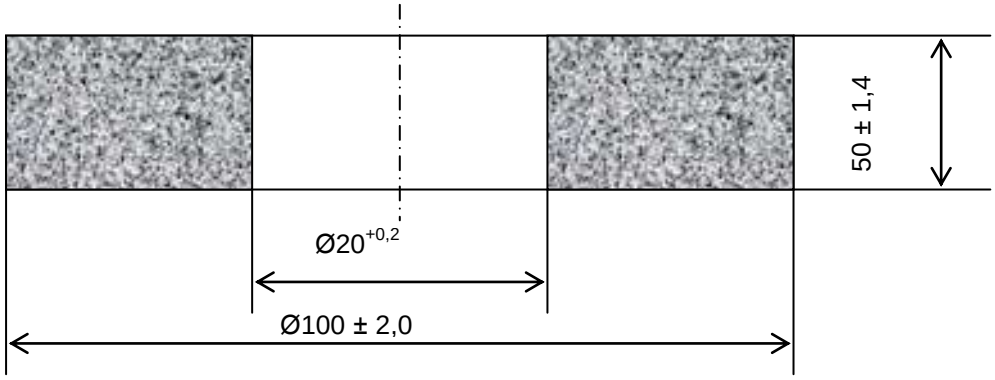
и) все выбранные параметры составляют полную характеристику абразивного круга.

к) По таблицам [1] или П3.1.9 определяются режимы резания.

л) По полученным данным изображают эскиз круга с предельными отклонениями (табл. П3.1.9 )

**Пример:**

*ПП 100 × 50 × 20 24А 10П С2 7 К5 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424 - 83*



Круг шлифовальный: тип ПП, $D$ = 100, $H$ =50, $d$ = 20, белого электрокорунда марки 24А, зернистости 10П, степень твердости С2, структура 7, связка керамическая К5, рабочая скорость 35 м/с, класс точности А, класс неуравновешенности 1.

Отчетность по работе.

Отчет выполняется на бланке. Все рисунки и подписи к ним выполняются аккуратно карандашом

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1986, 496 с., ил.
2. Справочник инструментальщика, М. Машиностроение, 1987. 846 с.

Таблица

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

| Вариант №№ | Номер рисунка | Работа № | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | | 2 | | 3 | |
| | | Состояние поверхности | Поверхность. Диаметр | | Поверх-ность | Припуск, мм | Поверх-ность | Припуск, мм |
| | | | после обработки | До обработки | | | | |
| 1. | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1. | 1 | прокат | 125 | 128 | Паз В | - | торец | 0,45 |
| 2. | 2 | отливка без корки | 108 | 110 | паз | - | 108 | 0,25 |
| 3. | 3 | поковка | 70 | 100 | паз | | 70 | 0,25 |
| 4. | 4 | штамповка | 73 | 60 | отверстие | | 73 | 0,3 |
| 5. | 4 | отливка с коркой | 212 | 230 | паз | | 212 | 0,18 |
| 6. | 5 | отливка без корки | 157 | 180 | паз | | торец | 0,25 |
| 7. | 6 | штамповка | 70 | 80 | Пов. В | | | 0,4 |
| 8. | 8 | отливка без корки | 184 | 190 | паз | | торец | 0,25 |
| 9. | 8 | отливка с отверст. | 63 | 90 | Пов. Б | | 36 | 0,2 |
| 10. | 9 | отливка без корки | Торец 215 | Припуск $h$ =1 | паз 14 | | 63 | 0,35 |

Продолжение таблицы

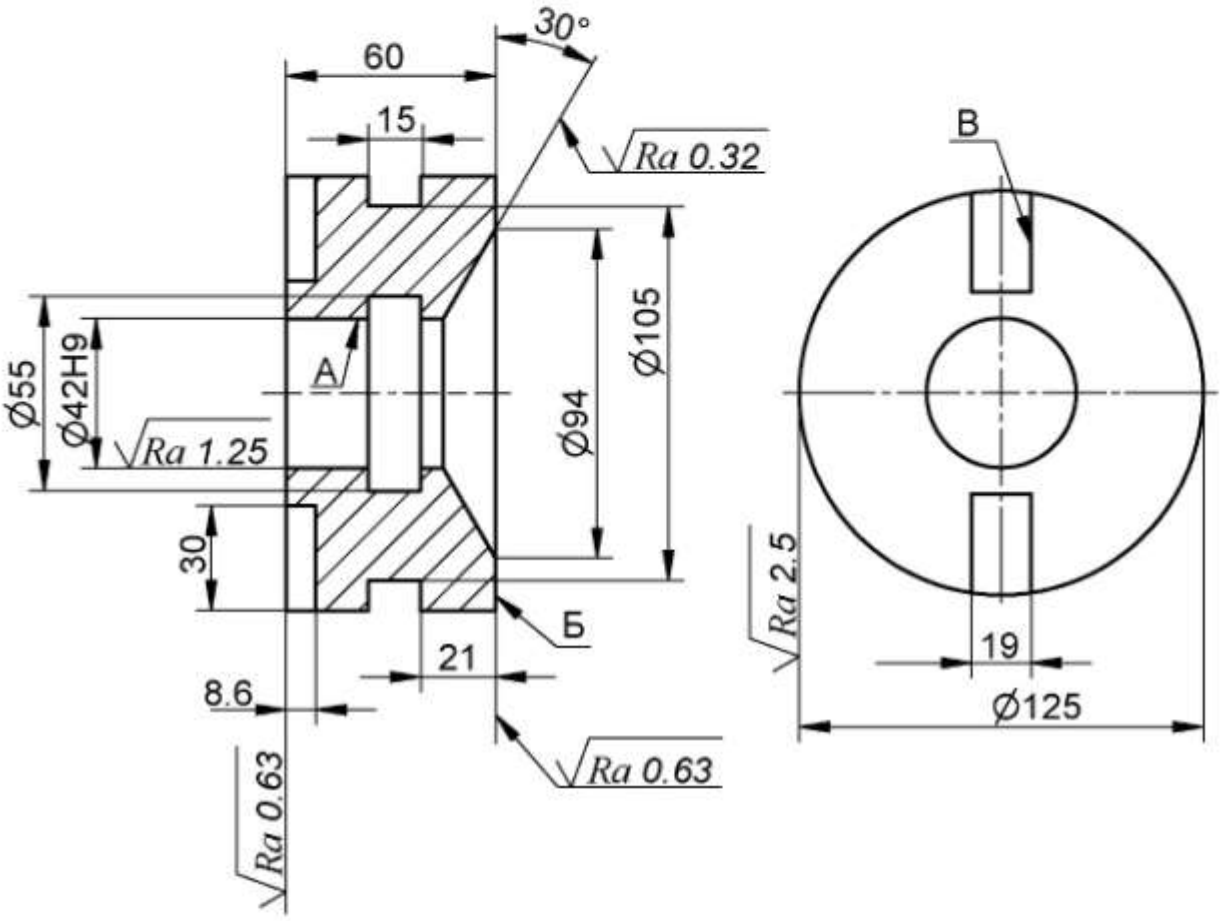
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11. | 9 | отливка с коркой | 63 | 60 | Паз 10 | | 91 | 0,25 |
| 12. | 15 | прокат с просверл. отверст. | 45 | 80 | паз | | 45 | 0,2 |
| 13. | 16 | штамповка | 48 | 50 | паз | | торец 48 | 0,3 |
| 14. | 18 | отливка с коркой | 76 | 90 | Пов. В | - | Пов. В | 0,15 |
| 15. | 19 | отливка без корки | 45,3 | 60 | Пов. В | | 60 | 0,2 |
| 16. | 20 | штамповка | 51 | 48 | Отв. 7 | | 60 | 0,5 |
| 17. | 20 | отливка с коркой | 61 | 70 | Отв. 3 | | 51 | 0,2 |
| 18. | 22 | штамповка | 200 | 210 | 160 | | 70 | 0,25 |
| 19. | 23 | прокат | 40 | Квадрат 75 | Паз 20 | | 40 | 0,2 |
| 20. | 24 | отливка с коркой | 56 | 70 | Пов. В | | 47 | 0,25 |
| 21. | 26 | поковка, об-работанная | 40 | 31 | Пов. В | | 52 | 0,2 |
| 22. | 27 | прокат | 180 | 200 | паз | | 90 | 0,3 |
| 23. | 29 | прокат | 37 | 42 | Паз 8,2 | | 37 | 0,2 |

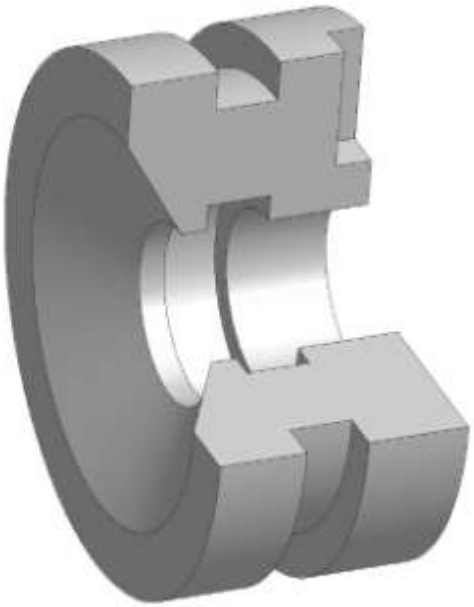
Окончание таблицы

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24. | 29 | прокат, обработан-ная | 40 | 45 | Отв. 8,2 | | 38 | 0,25 |
| 25. | 50 | прокат | 16 | 30 | паз | | Пов. Б | 0,25 |
| 26. | 49 | отливка с коркой | 30 | 40 | Паз А-А | | 20 | 0,25 |
| 27. | 49 | после сверления | 20 | 30 | Паз Б-Б | | 30 | 0,3 |
| 28. | 48 | поковка с коркой | 60 | 67 | паз | | 56 | 0,2 |
| 29. | 45 | прокат | 90 | 95 | Пов .В | | Пов. А | 0,3 |
| 30. | 44 | поковка | 50 | 60 | 40 | | 30 | 0,3 |

# Стопор

$\sqrt{Rz\ 40(\sqrt{})}$

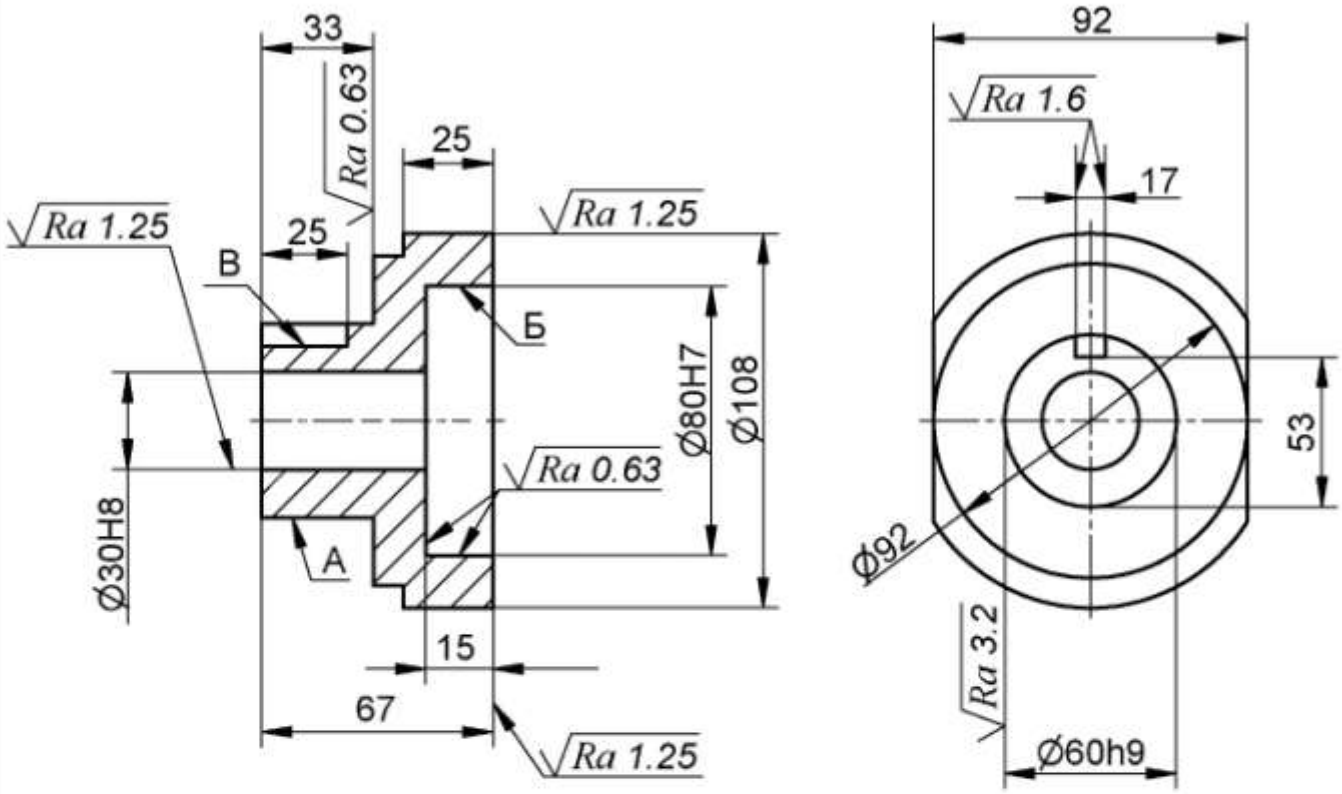


Материал: Чугун СЧ 18 (Сталь 40ХФА)
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

# Вал ведущий

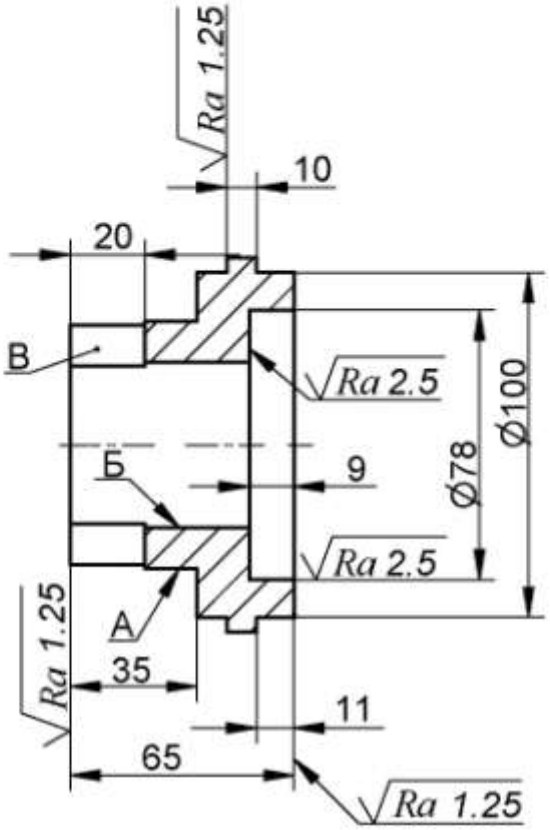
$\sqrt{Rz\ 40(\sqrt{})}$

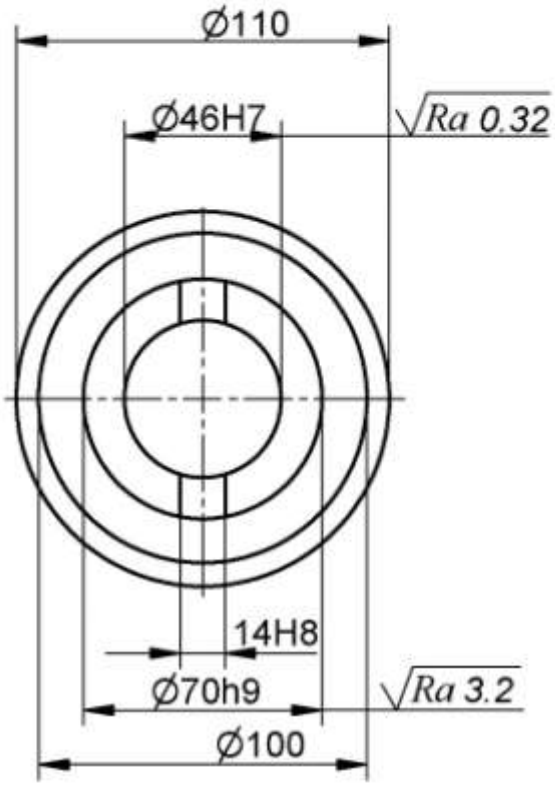


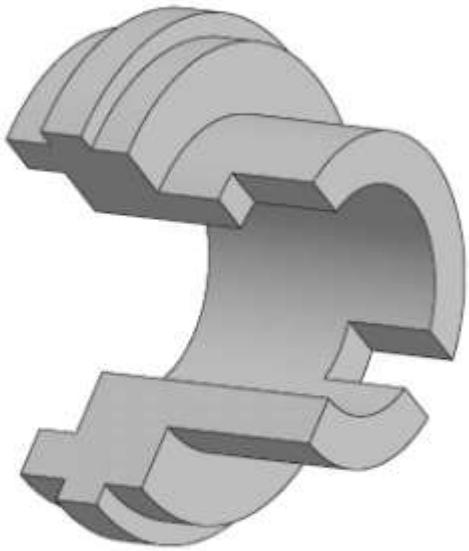



*Материал: Чугун СЧ 25 (Сталь 40Х)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Фрикцион

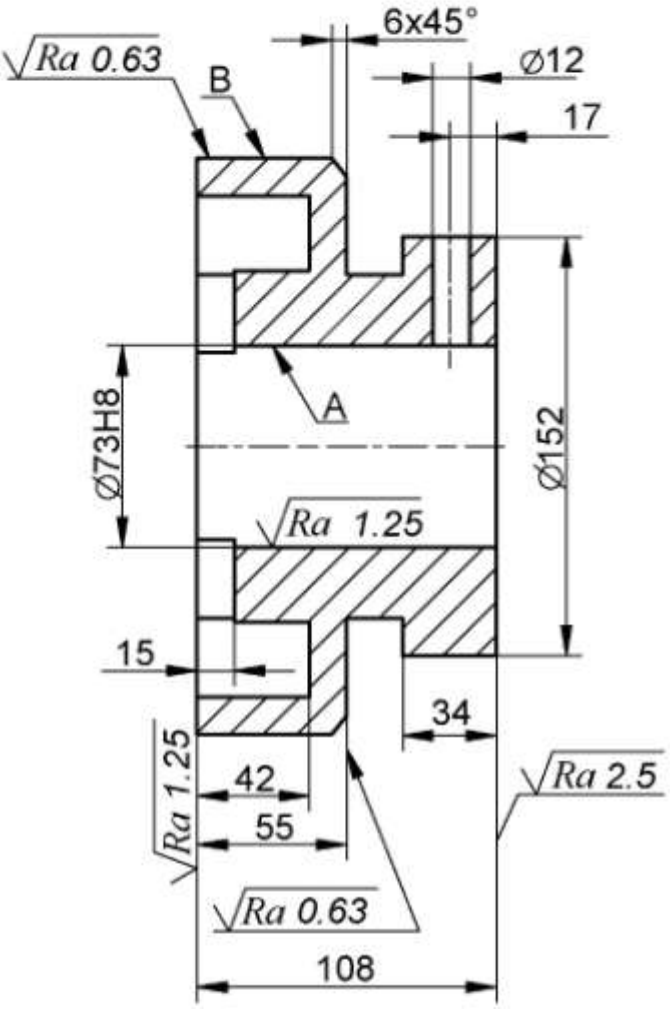


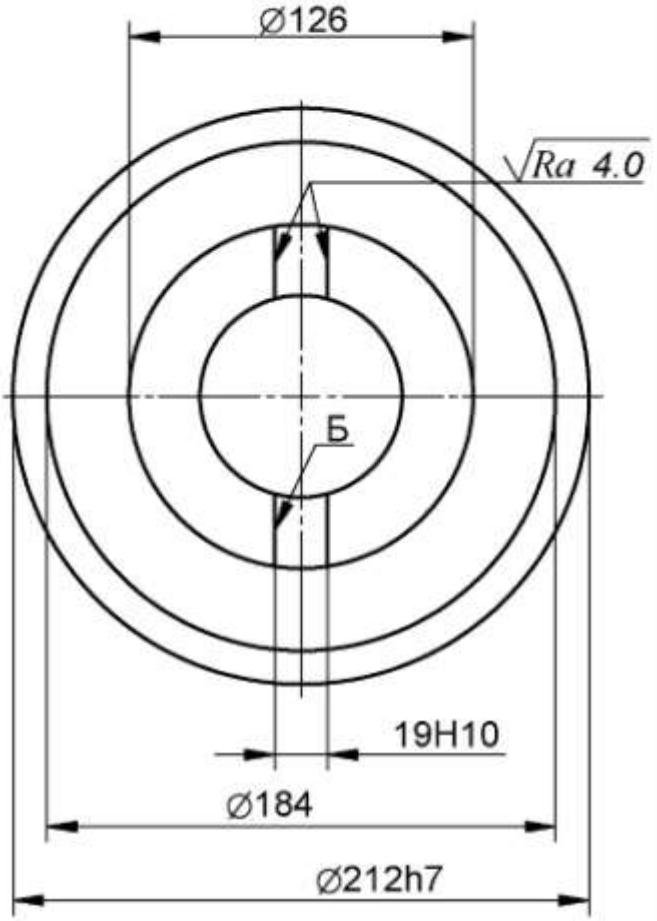



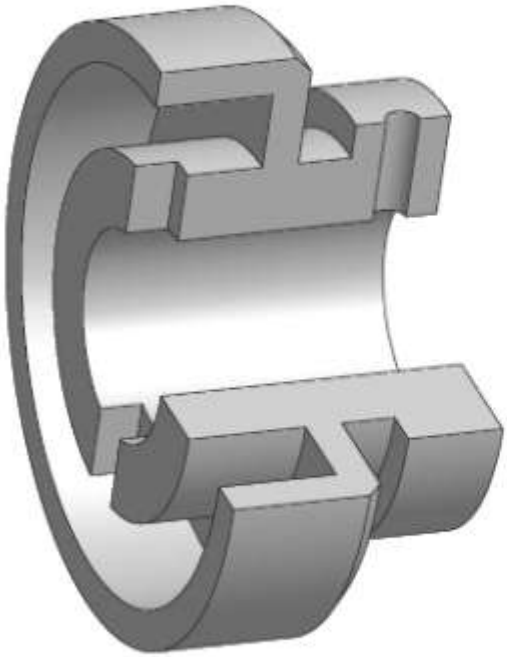



*Материал*: *Чугун СЧ 25 (Сталь 25)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: H12, h12, ± IT12/2

# Лимб

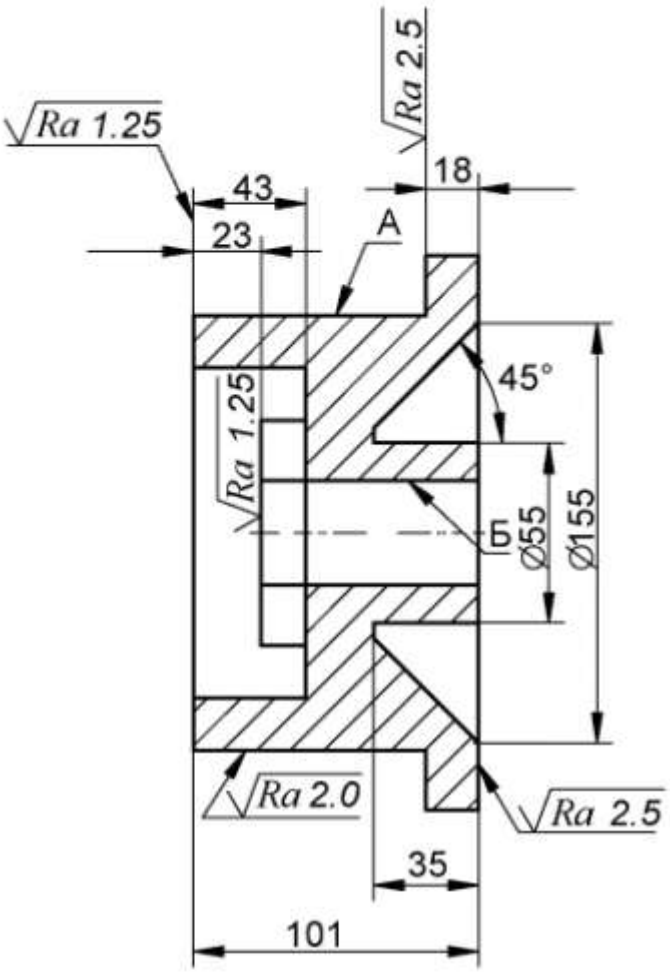


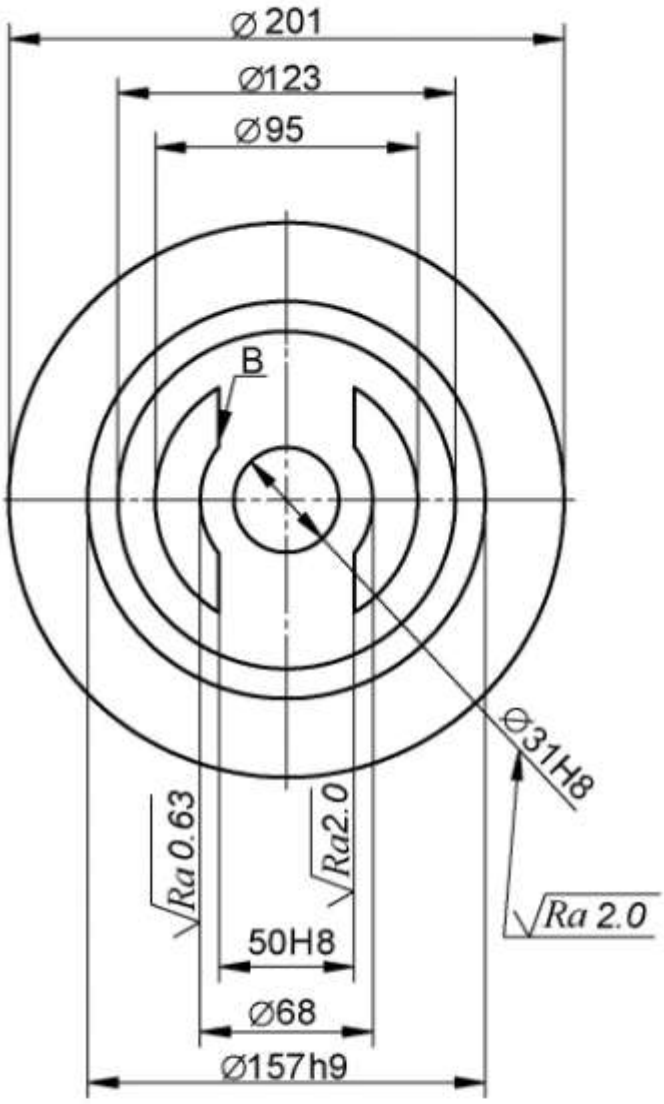



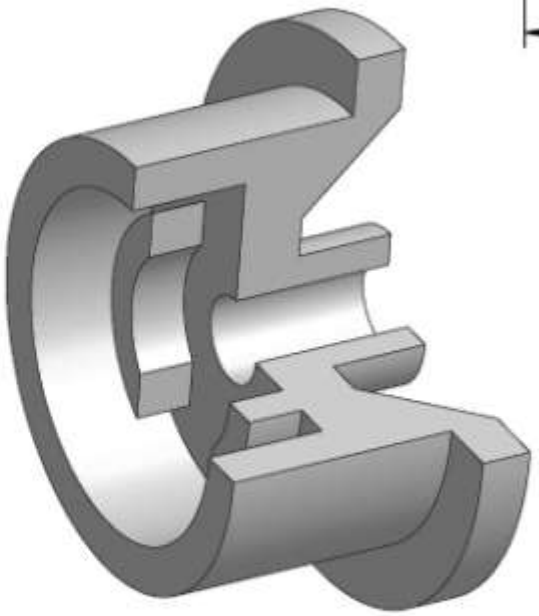



Материал: Чугун ВЧ 45 (Сталь 40ХФА)
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

# Насадка



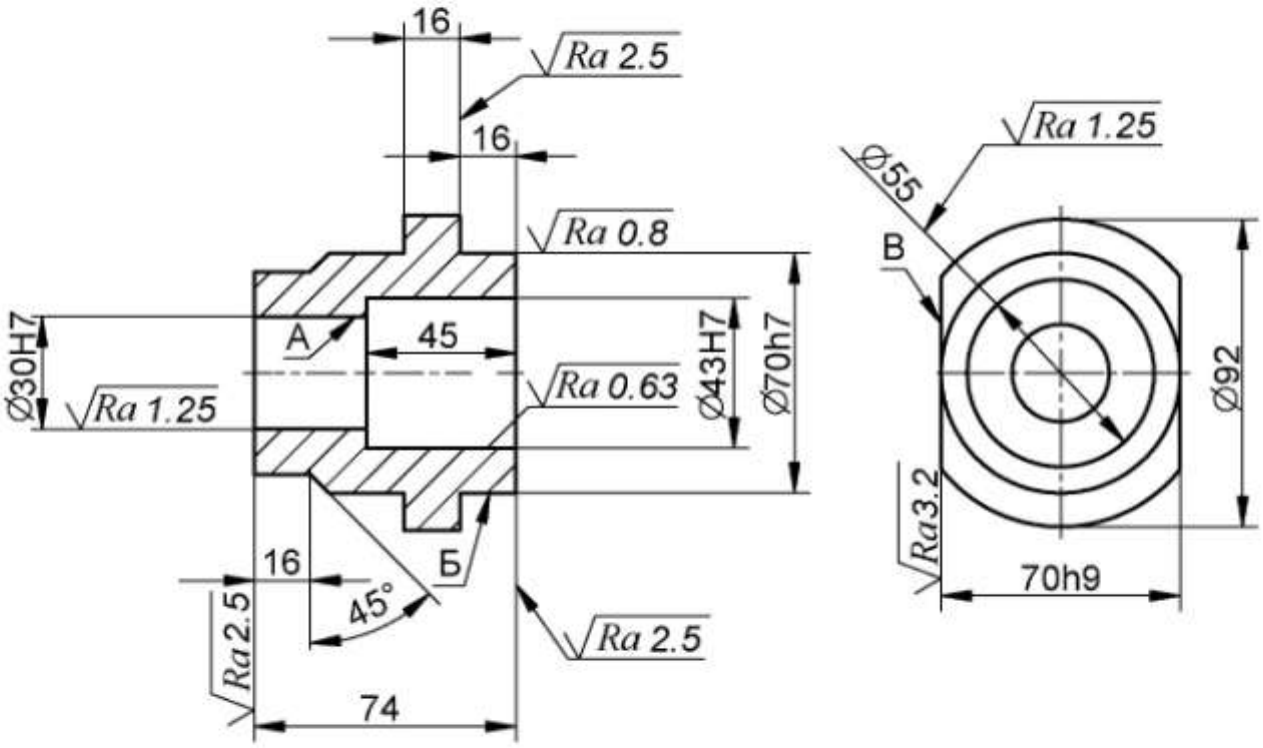



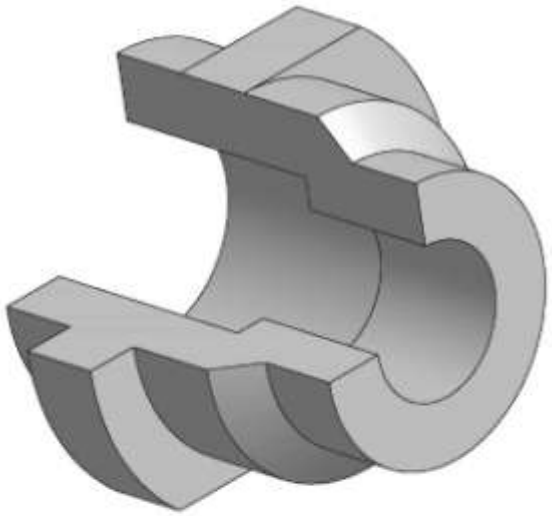



*Материал: Чугун СЧ 35 (Сталь 40ХФА)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Втулка опорная

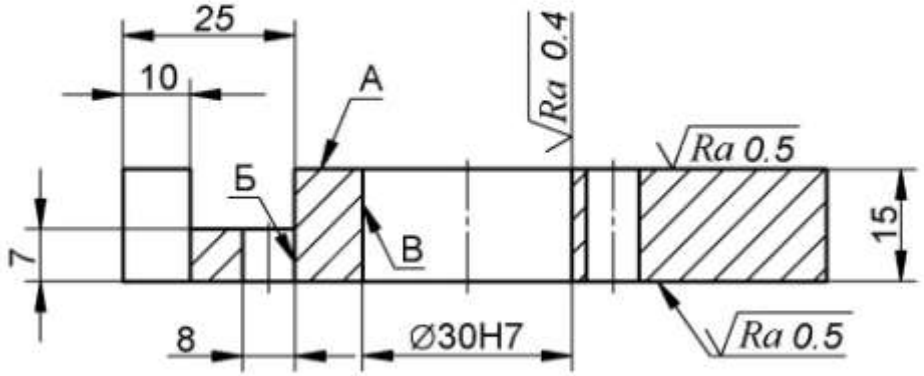
$\sqrt{Rz\ 80(\sqrt{})}$

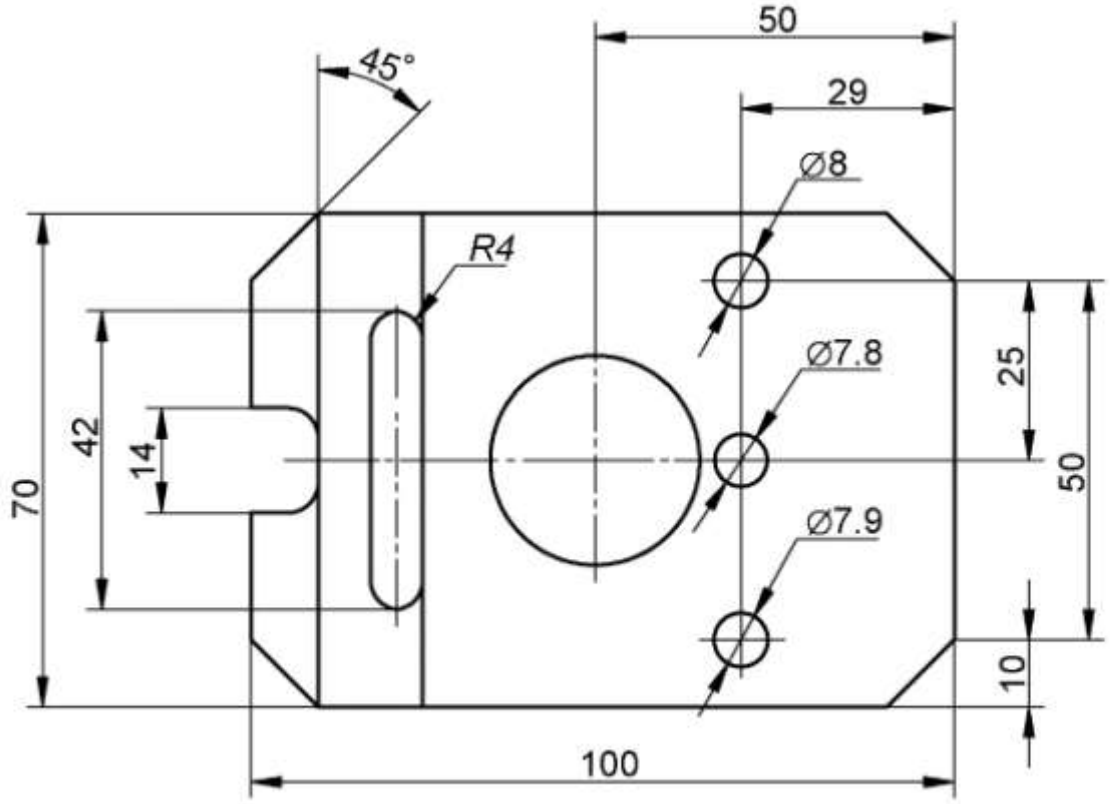


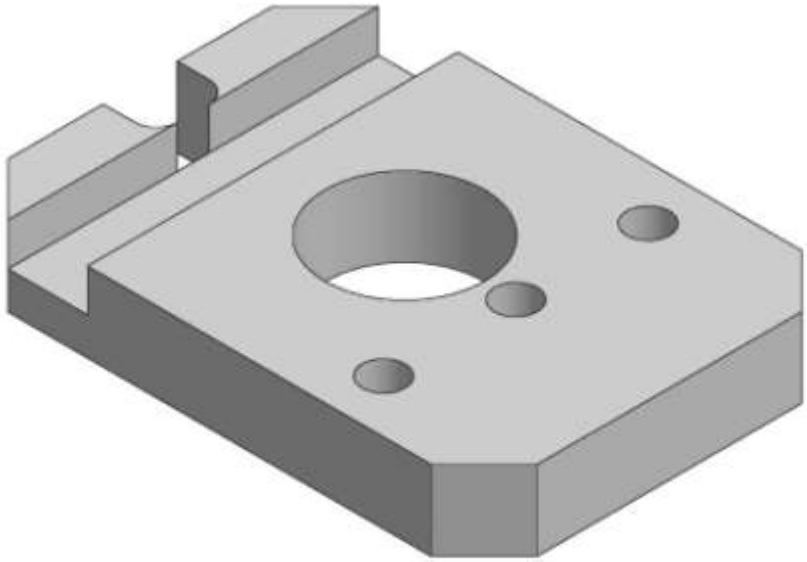



*Материал: Чугун СЧ 18 (Сталь 20Х)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Плита кондукторная $\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$



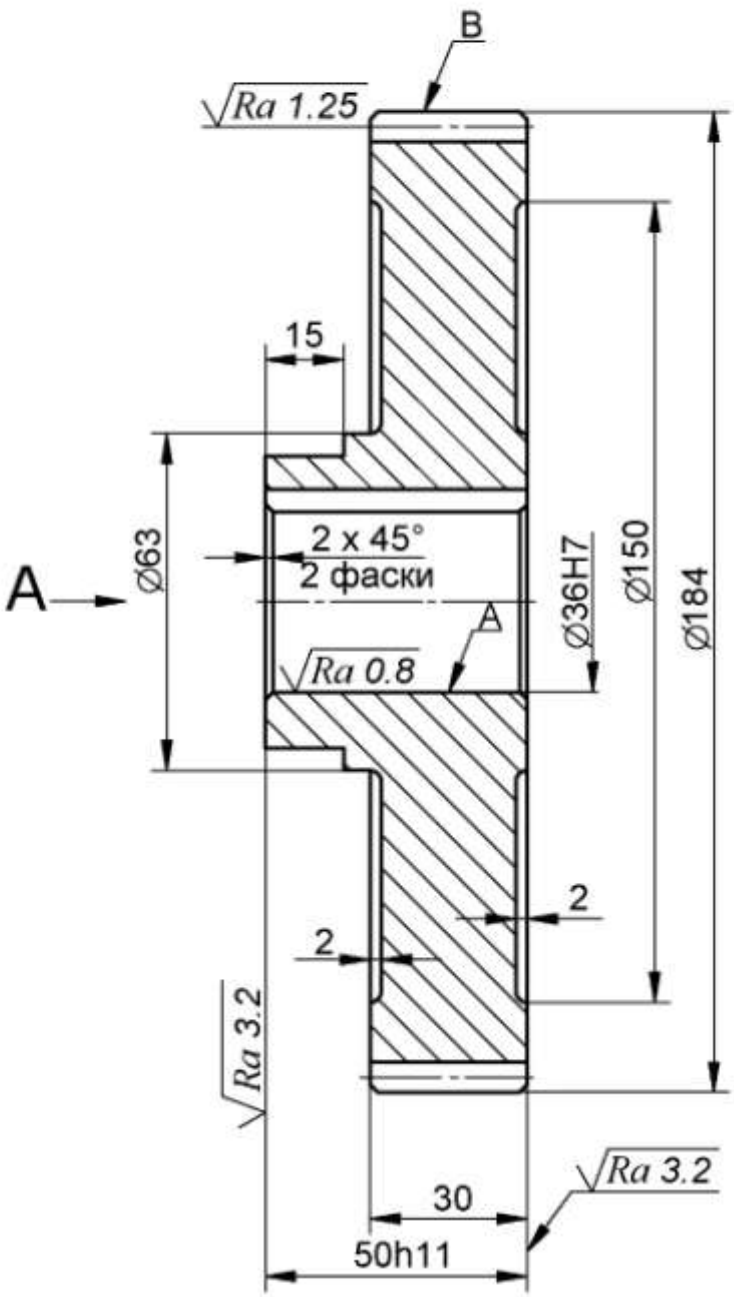



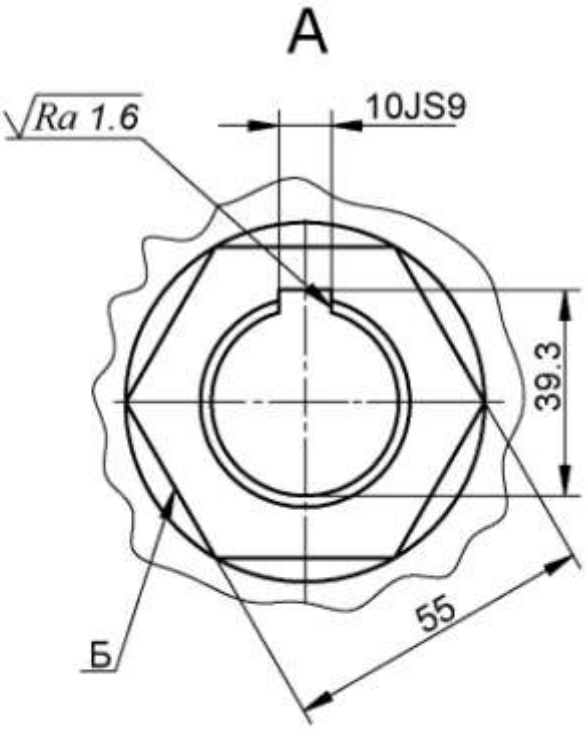
*Материал: Сталь 20*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

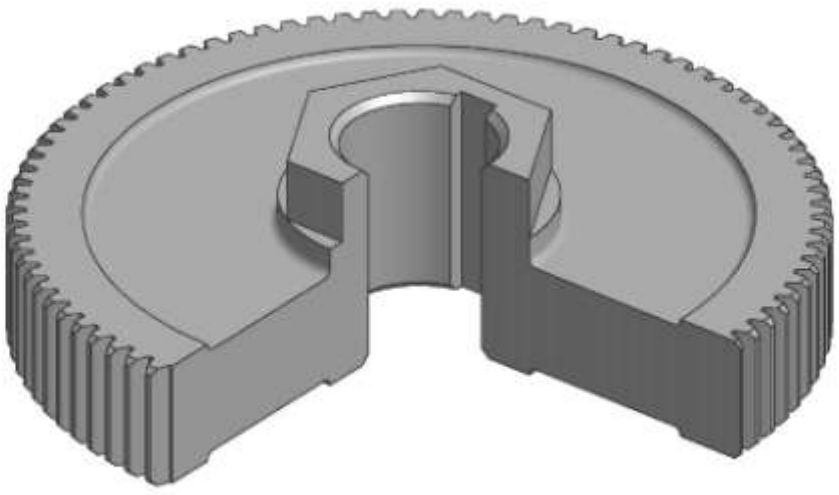
# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| Модуль | m | 2 |
|---|---|---|
| Число зубьев | z | 90 |
| Степень точности | | 8-С |
| Делительный диаметр | d | 180 |



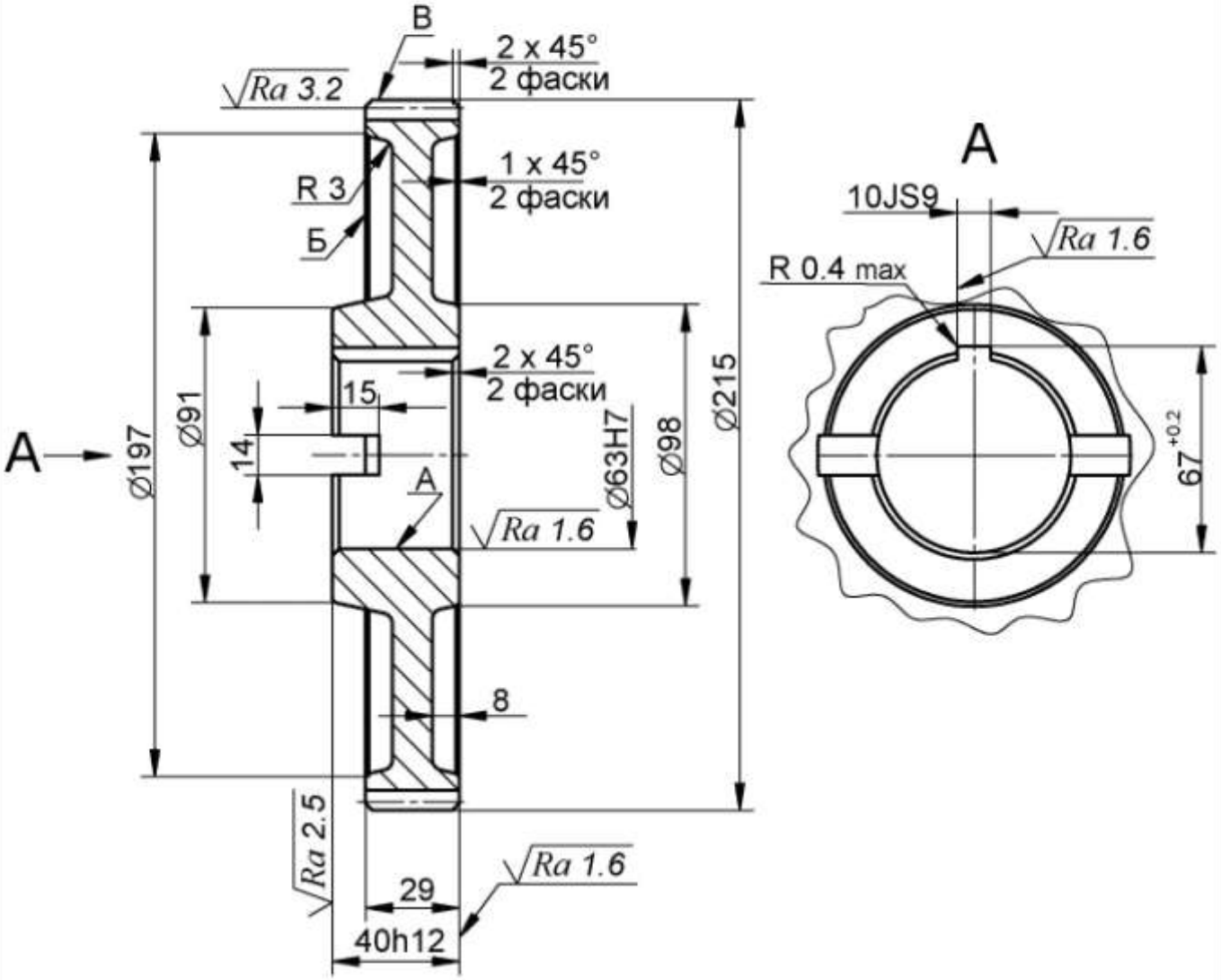
Материал: Сталь 40Х

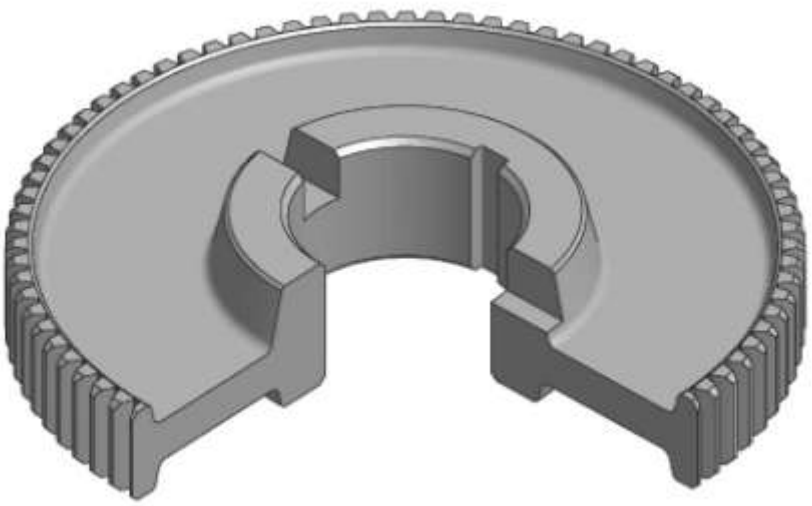
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | m | 2.5 |
| Число зубьев | z | 84 |
| Степень точности | | 8-В |
| Делительный диаметр | d | 210 |



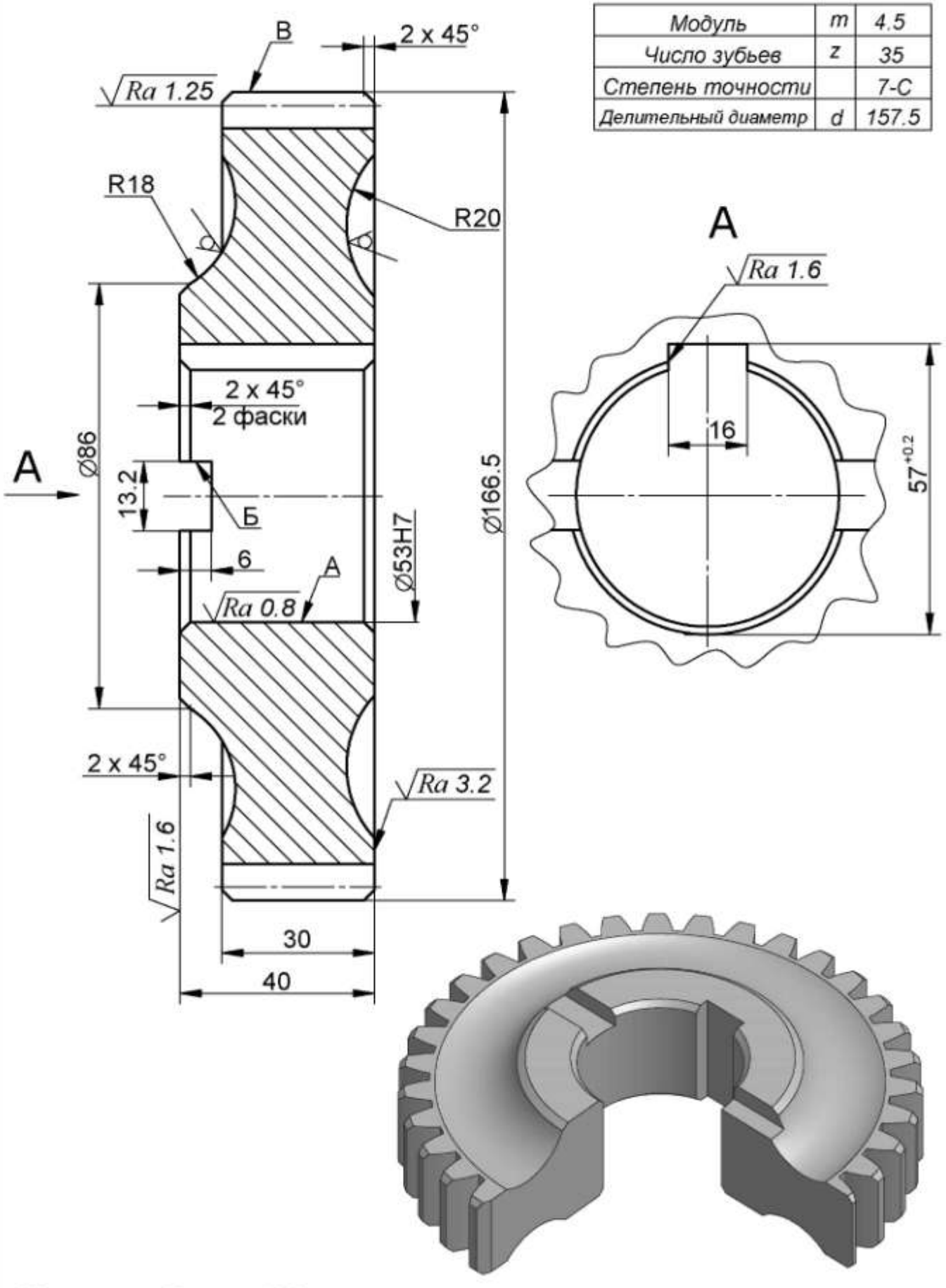
Материал: Сталь 40Х

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | m | 4.5 |
| Число зубьев | z | 35 |
| Степень точности | | 7-C |
| Делительный диаметр | d | 157.5 |





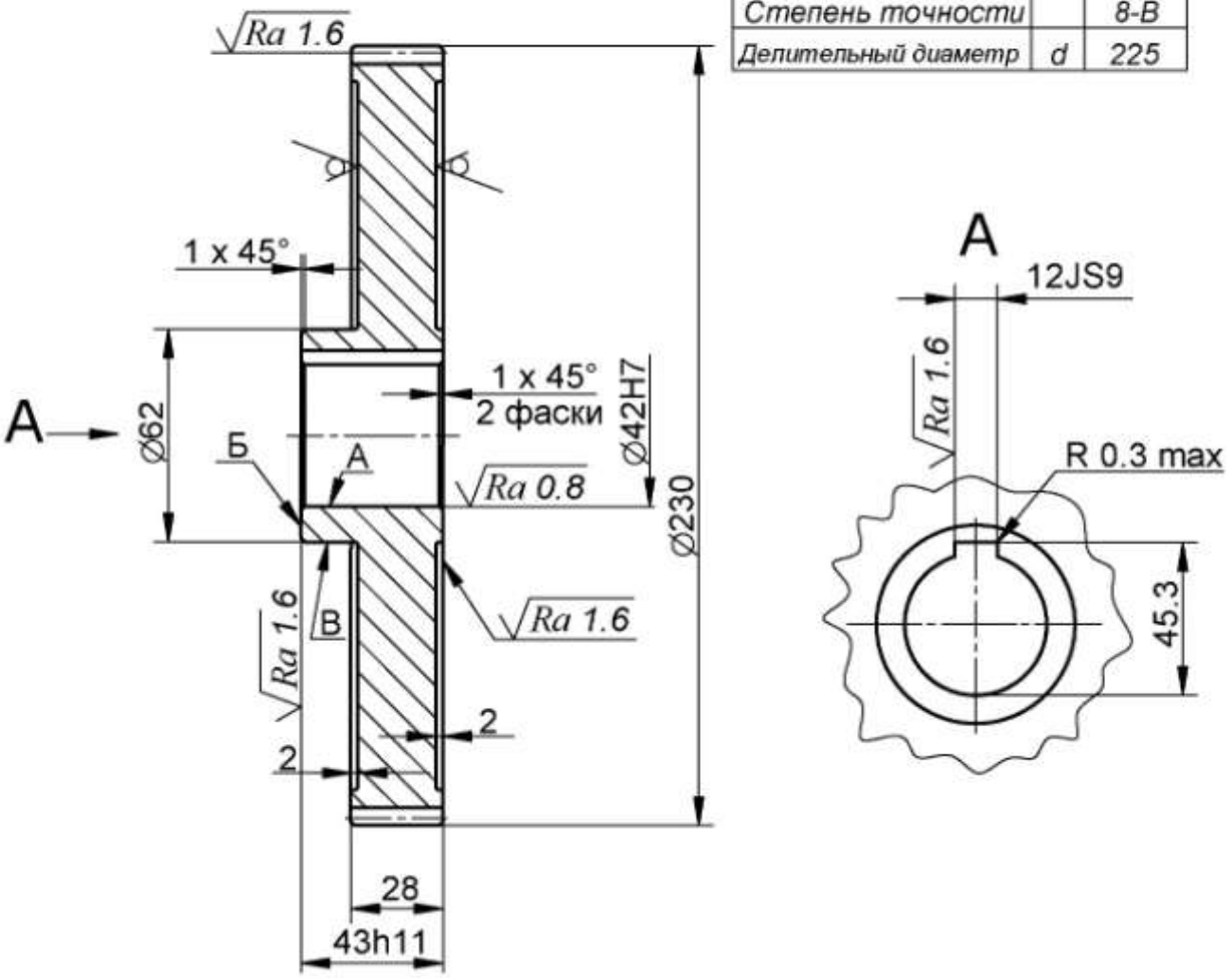

Материал: Сталь 40Х

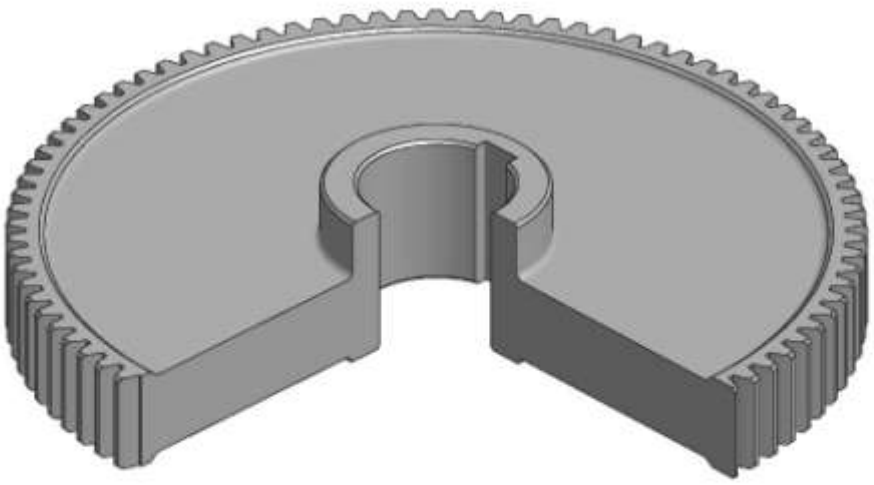
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | | |
|---|---|---|
| Модуль | m | 2.5 |
| Число зубьев | z | 90 |
| Степень точности | | 8-В |
| Делительный диаметр | d | 225 |



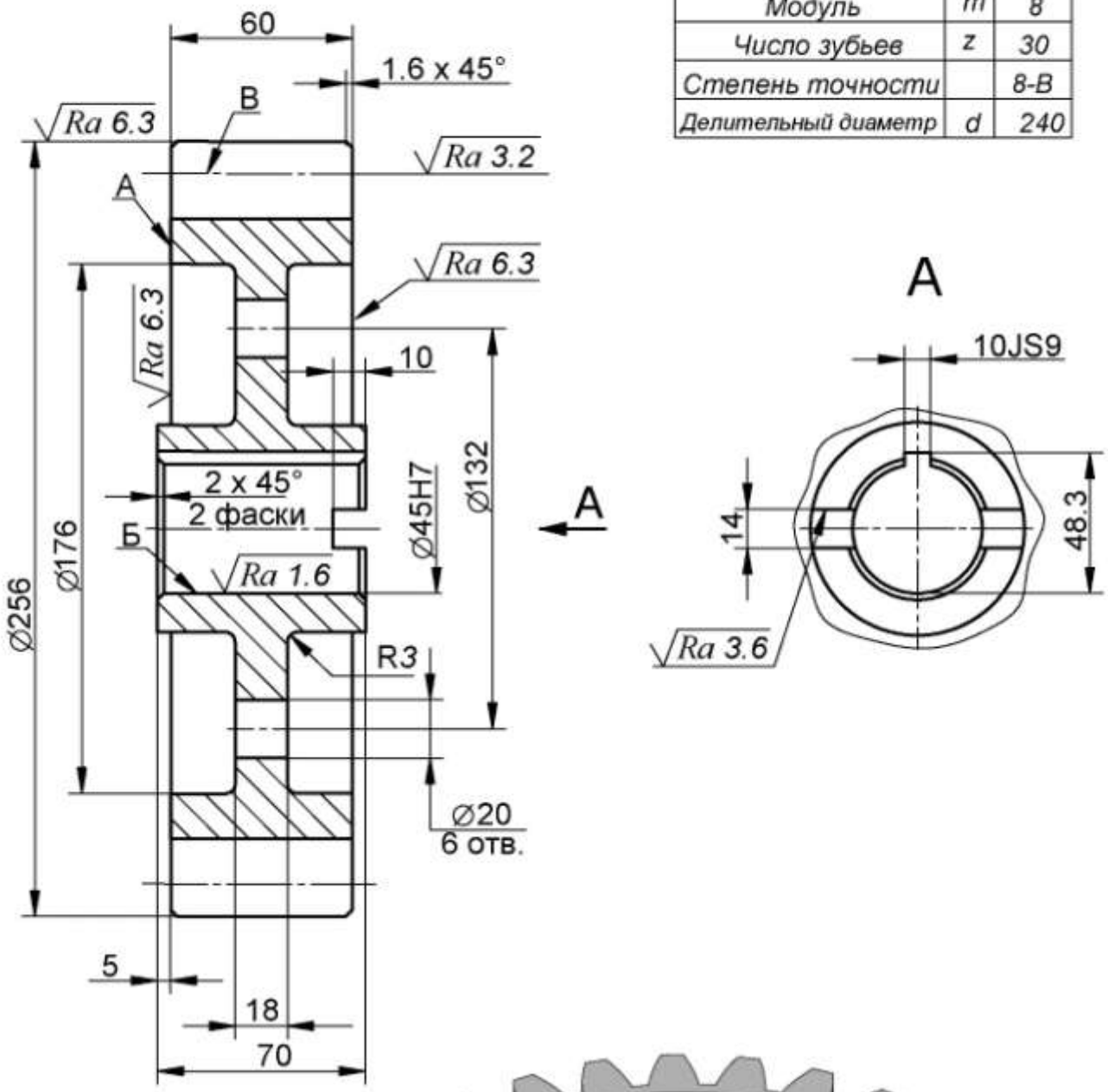
Материал: Сталь 20Х

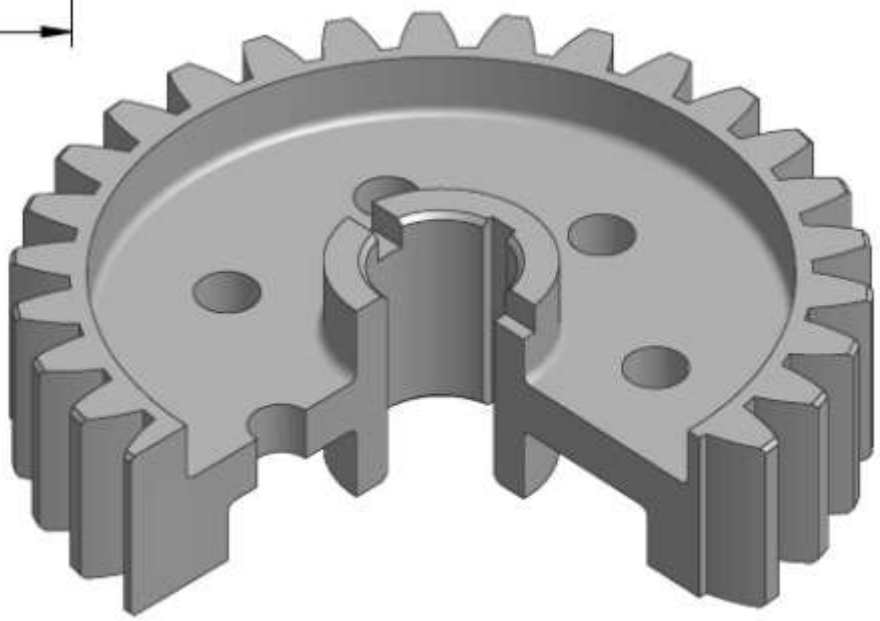
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо зубчатое

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$

| Модуль | m | 8 |
|---|---|---|
| Число зубьев | z | 30 |
| Степень точности | | 8-В |
| Делительный диаметр | d | 240 |



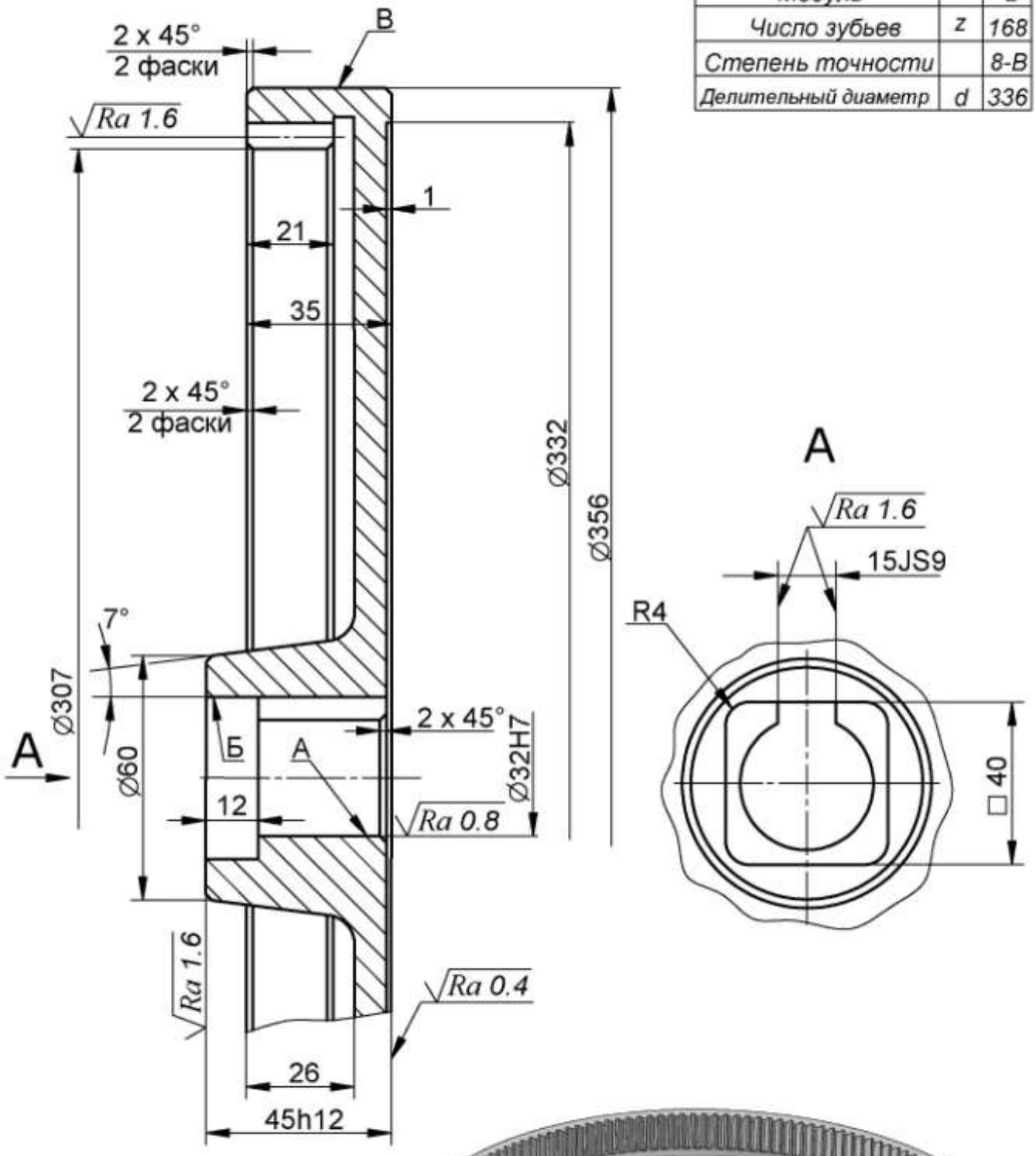



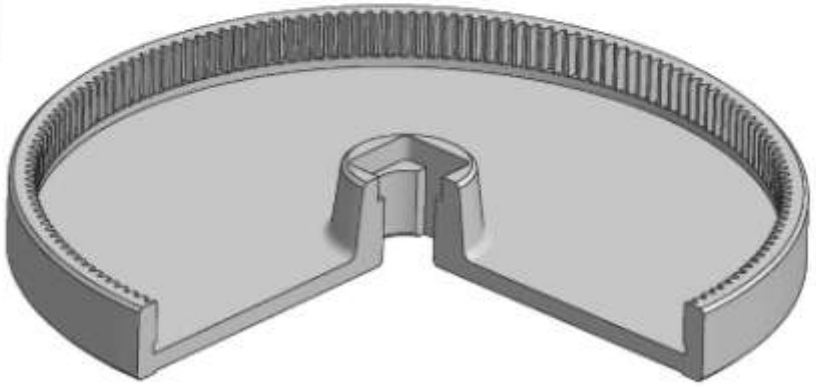
Материал: Сталь 45

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Колесо с внутренним зацеплением $\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| Модуль | m | 2 |
|---|---|---|
| Число зубьев | z | 168 |
| Степень точности | | 8-B |
| Делительный диаметр | d | 336 |



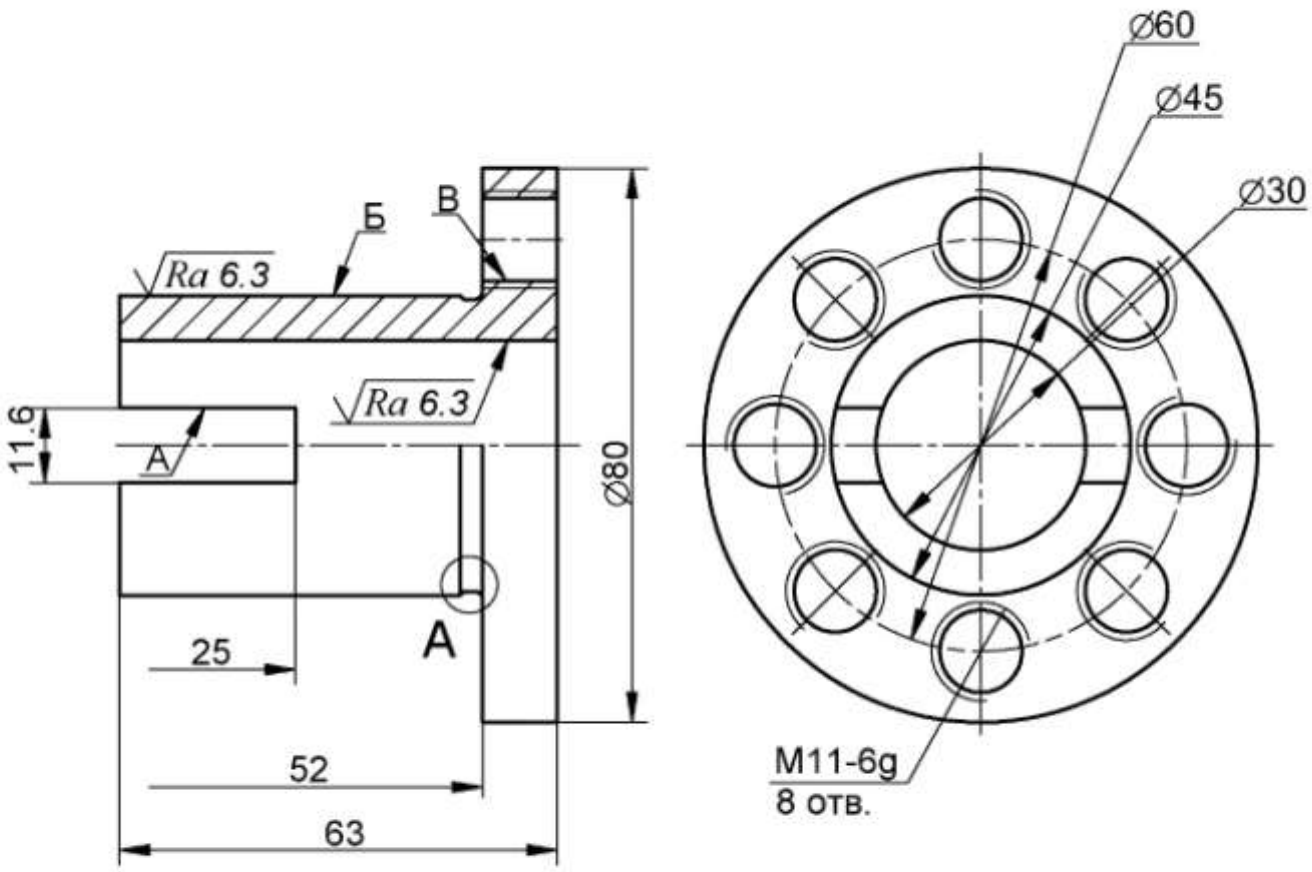



Материал: Сталь 40Х

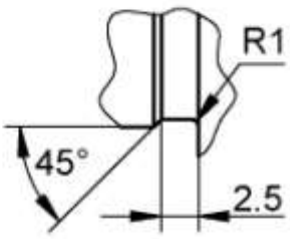
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

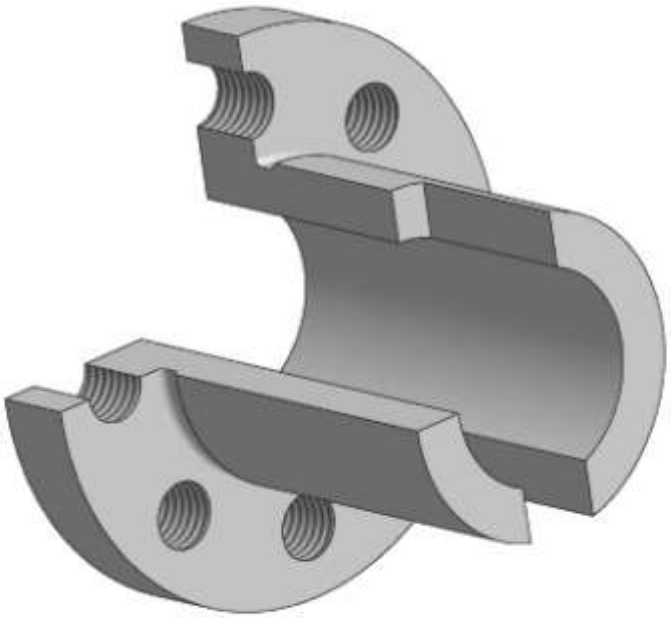
# Втулка

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$




А (2:1)

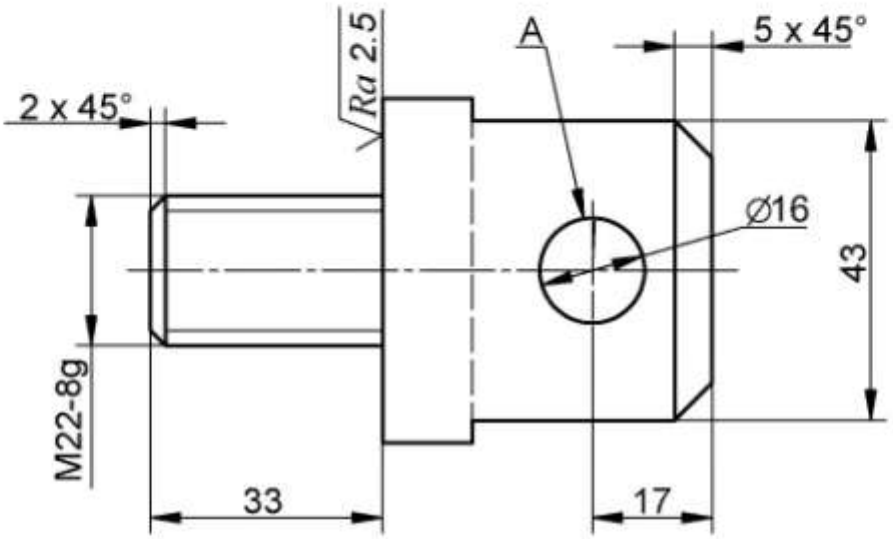


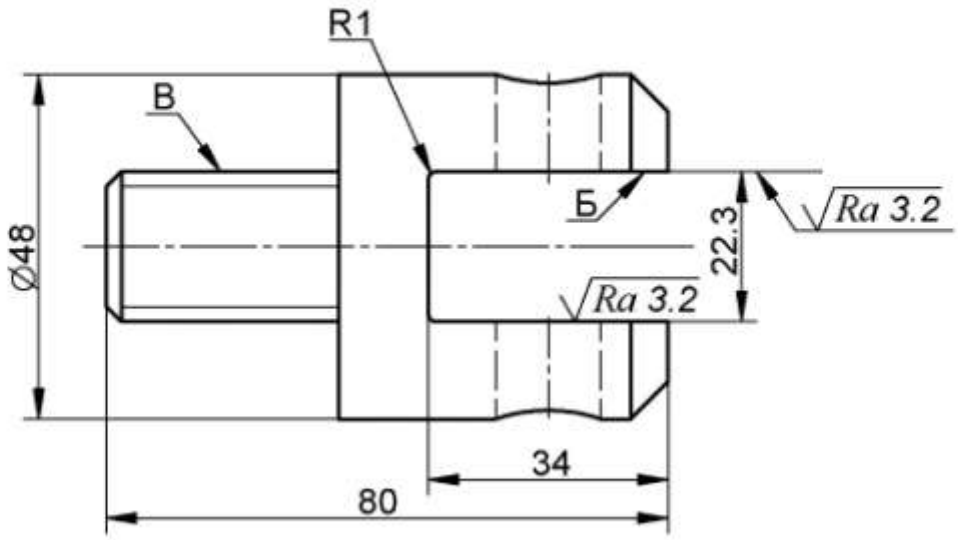



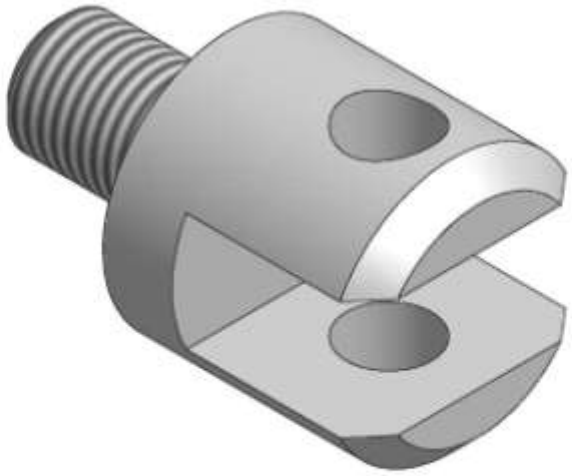
*Материал: ЛЦ40Мц3А*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Вилка шарнирная

$\sqrt{Rz\ 20(\sqrt{})}$



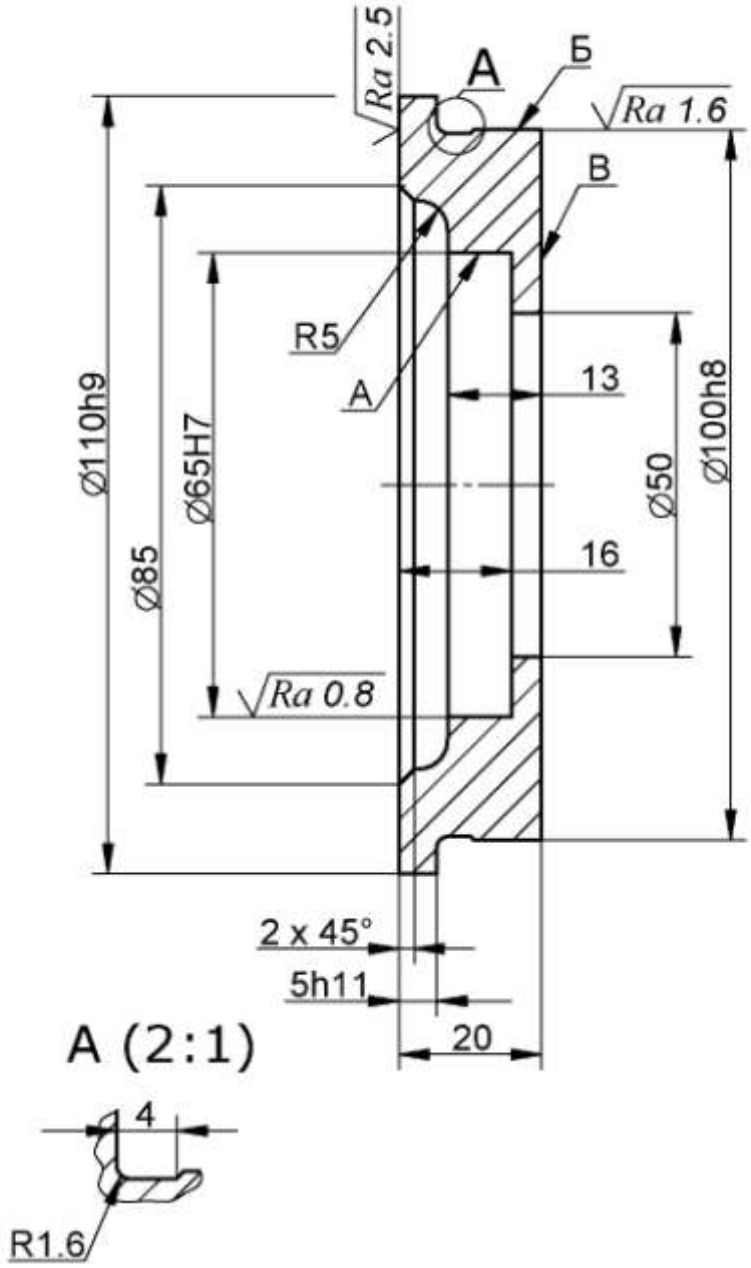



*Материал: Сталь 40Х*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

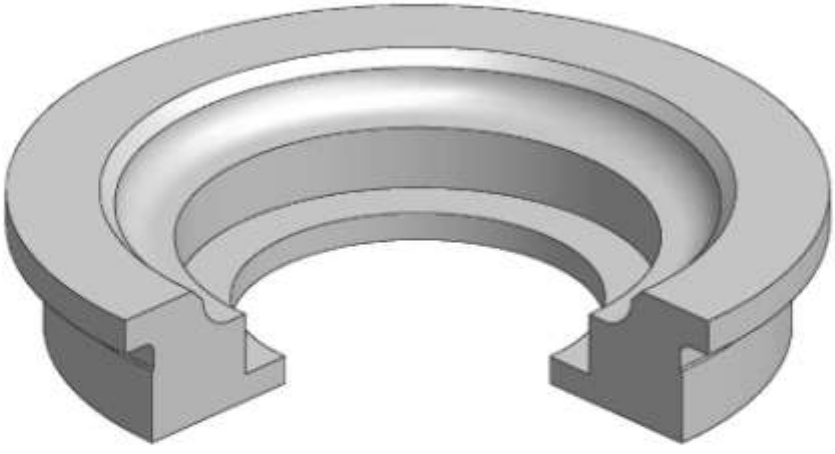
# Крышка подшипника

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$





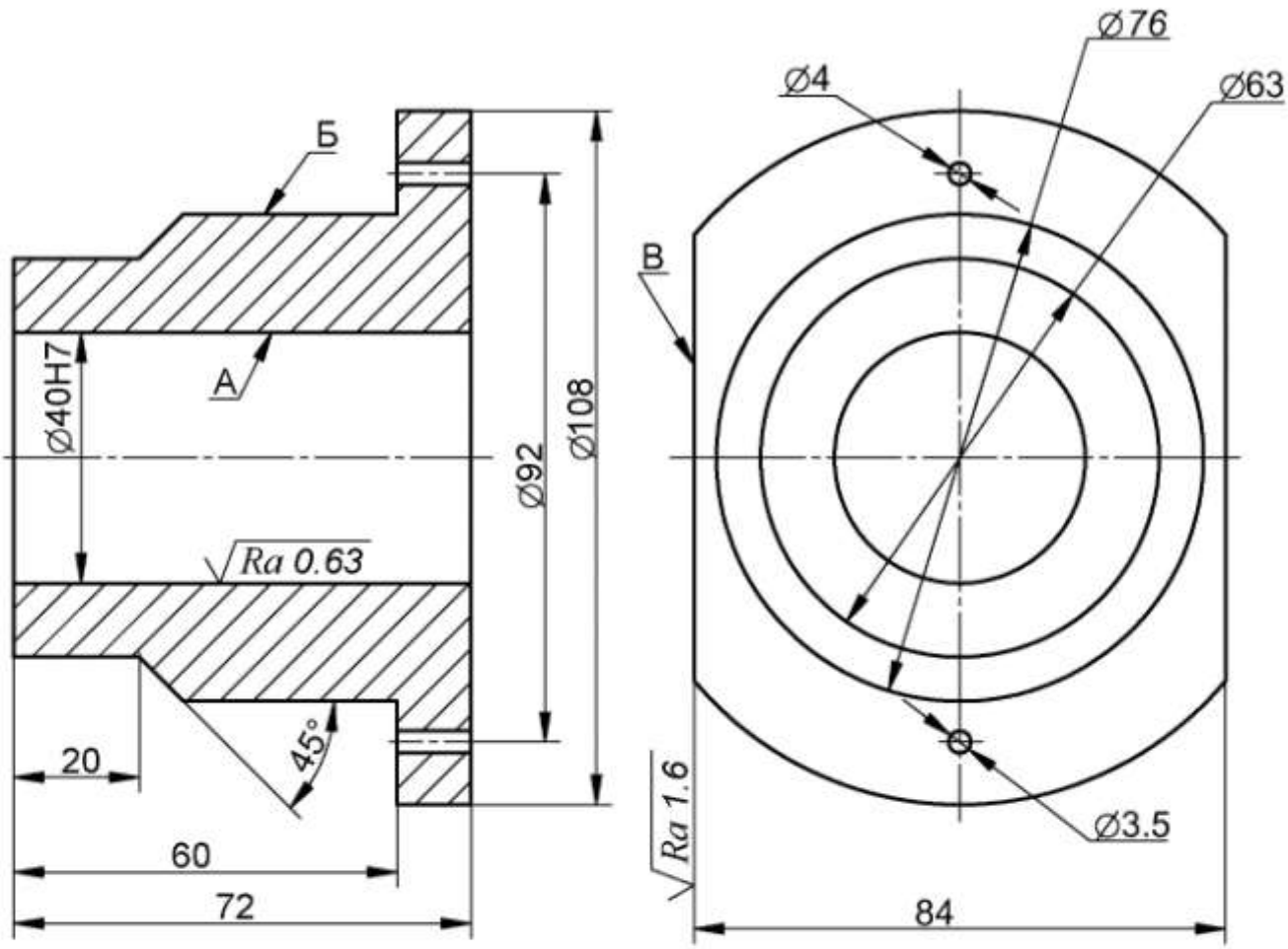


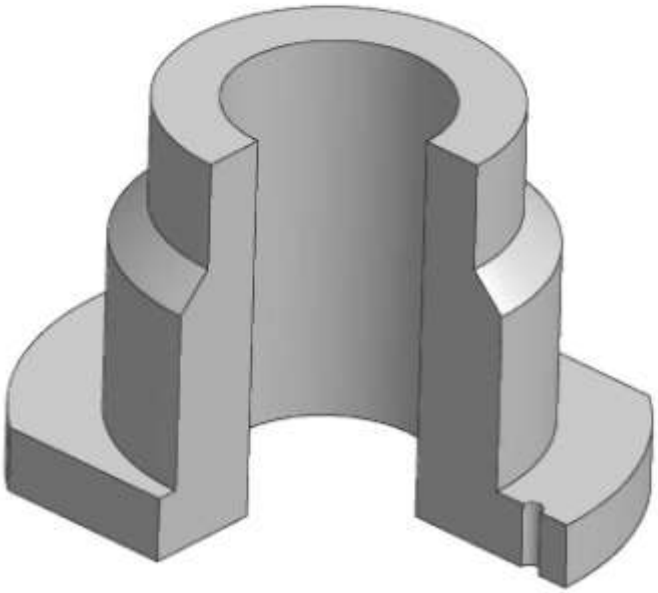


*Материал: Сталь 15*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Втулка

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$

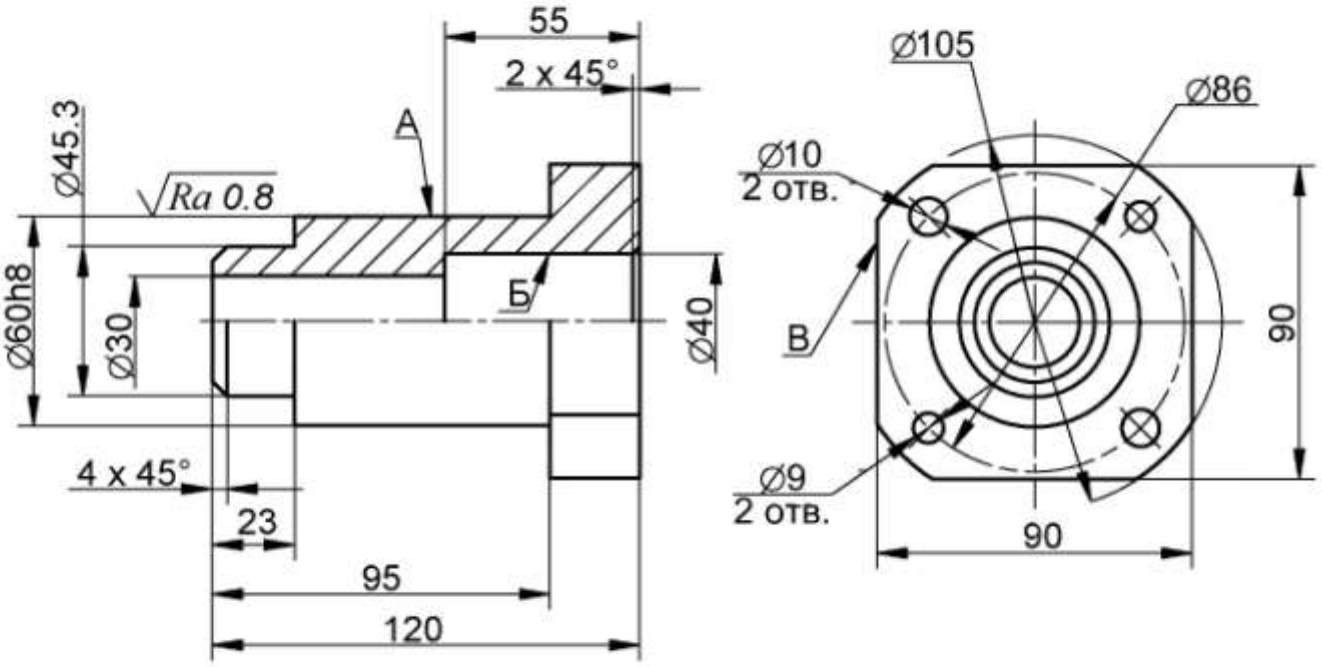


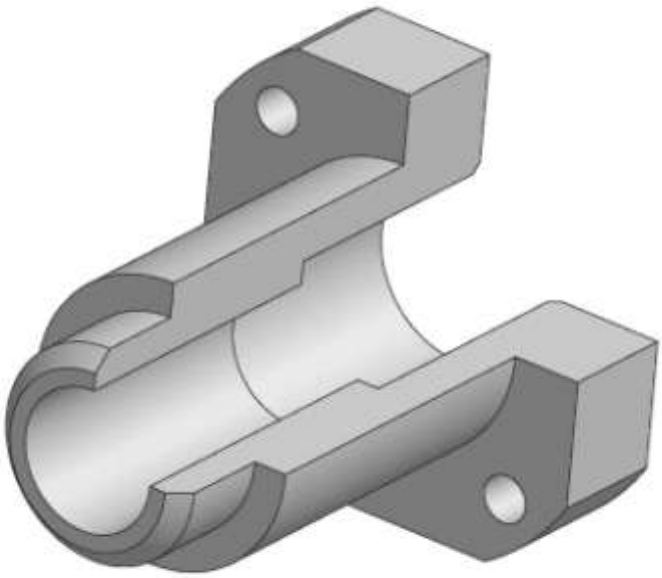



*Материал: Сталь 35*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Переходник

$\sqrt{Ra\ 12,5(\sqrt{})}$



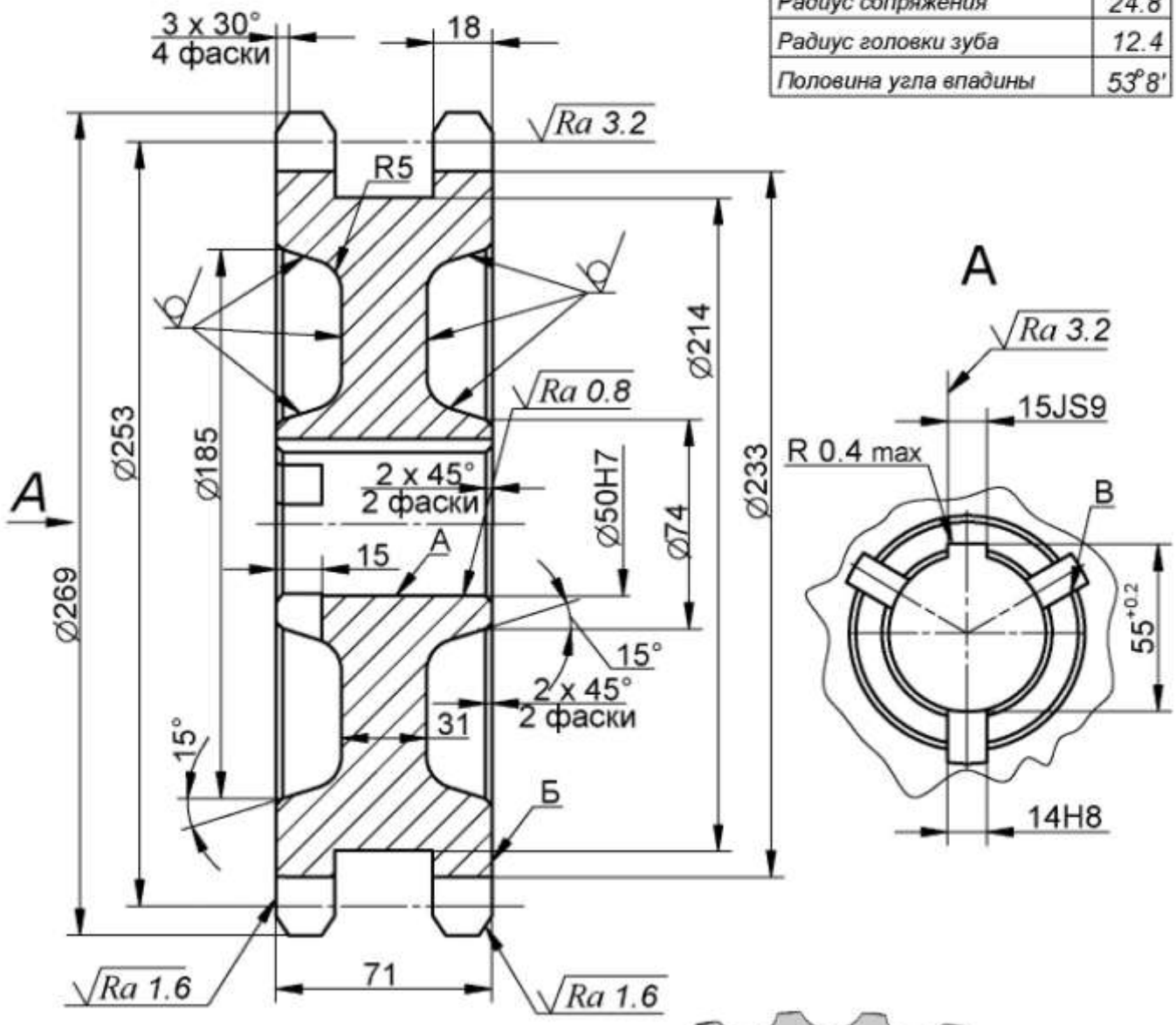



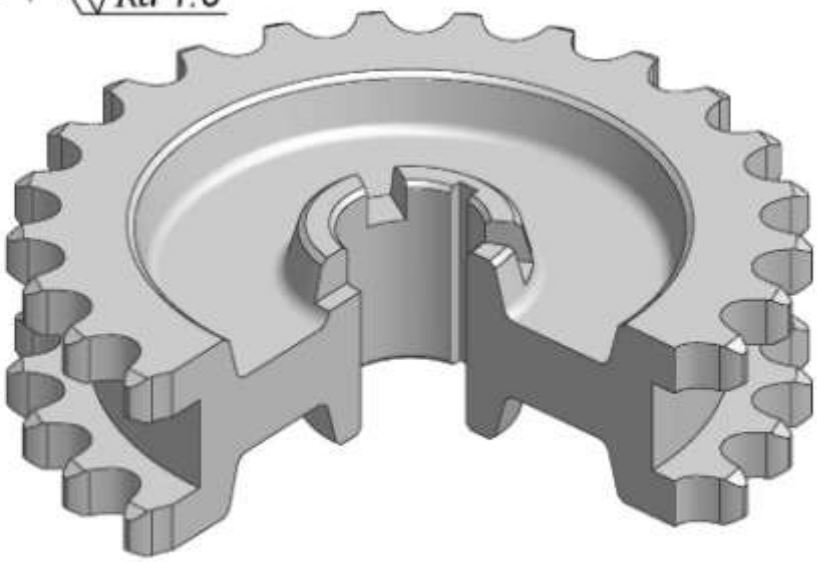
*Материал: Сталь 20*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Звездочка двухрядная

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

| | |
|---|---|
| Число зубьев | 25 |
| Класс точности | 2 |
| Радиус впадины | 9.6 |
| Радиус сопряжения | 24.8 |
| Радиус головки зуба | 12.4 |
| Половина угла впадины | 53°8' |



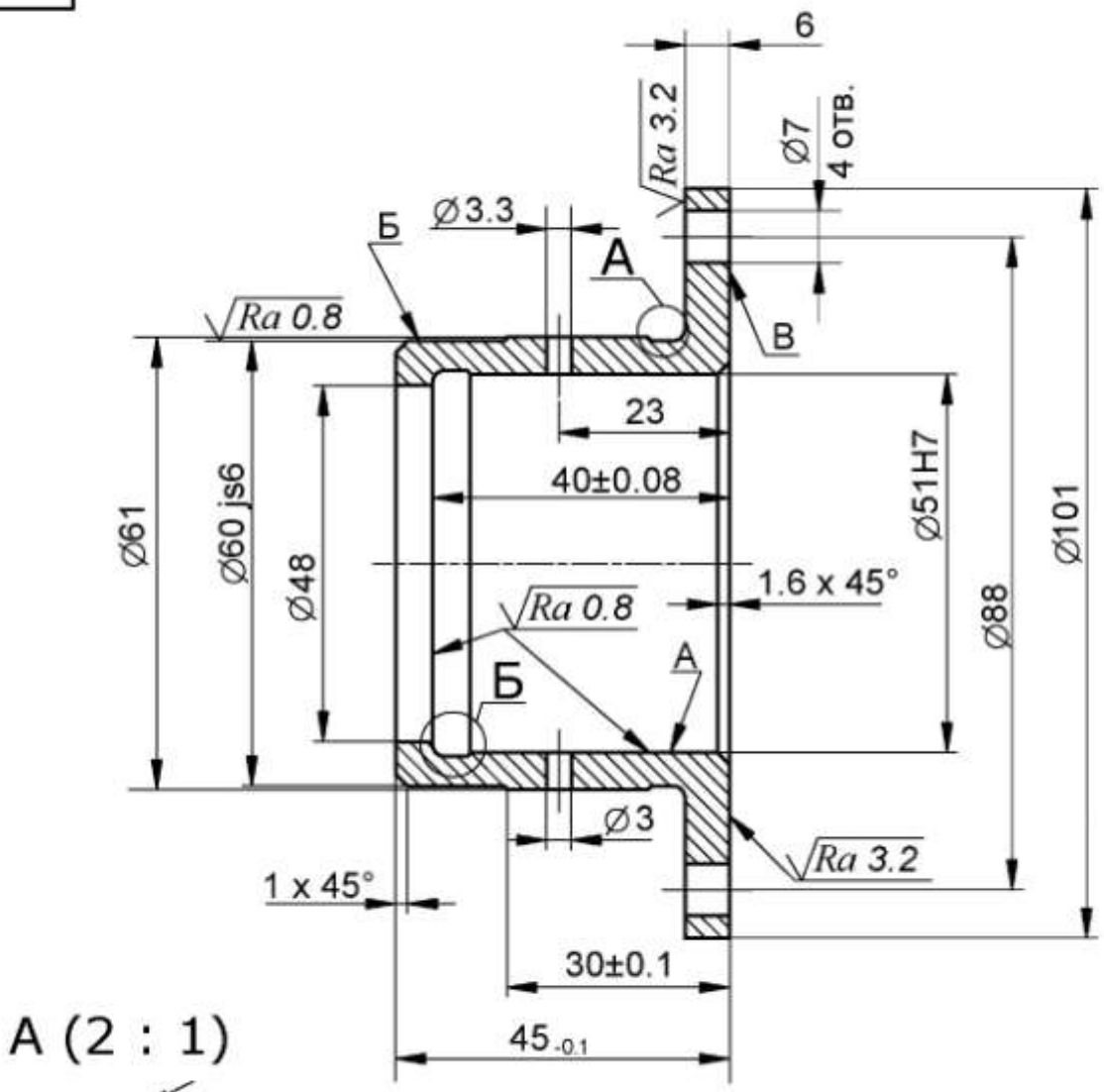



Материал: Сталь 45

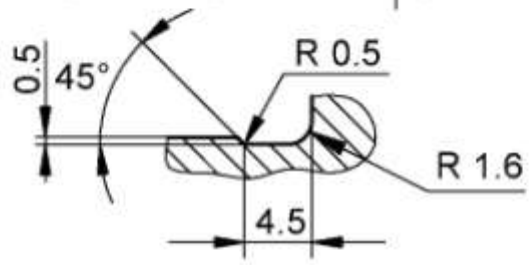
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Стакан

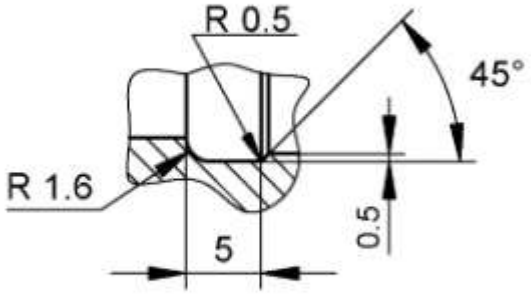
$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

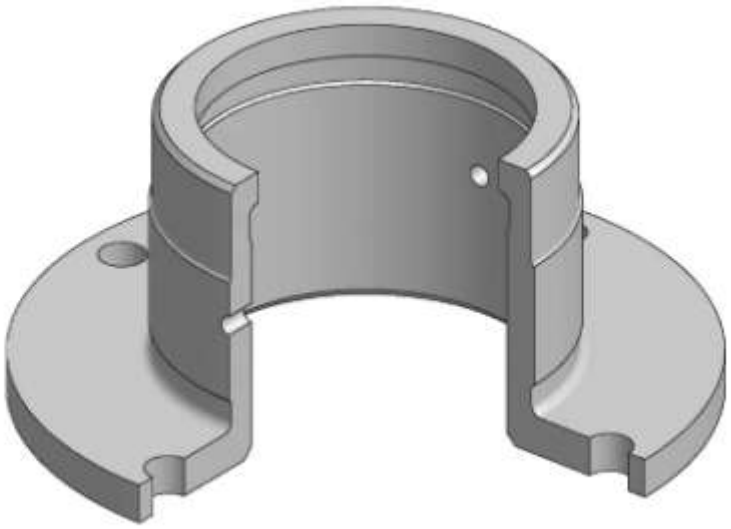



А (2 : 1)




Б (2 : 1)



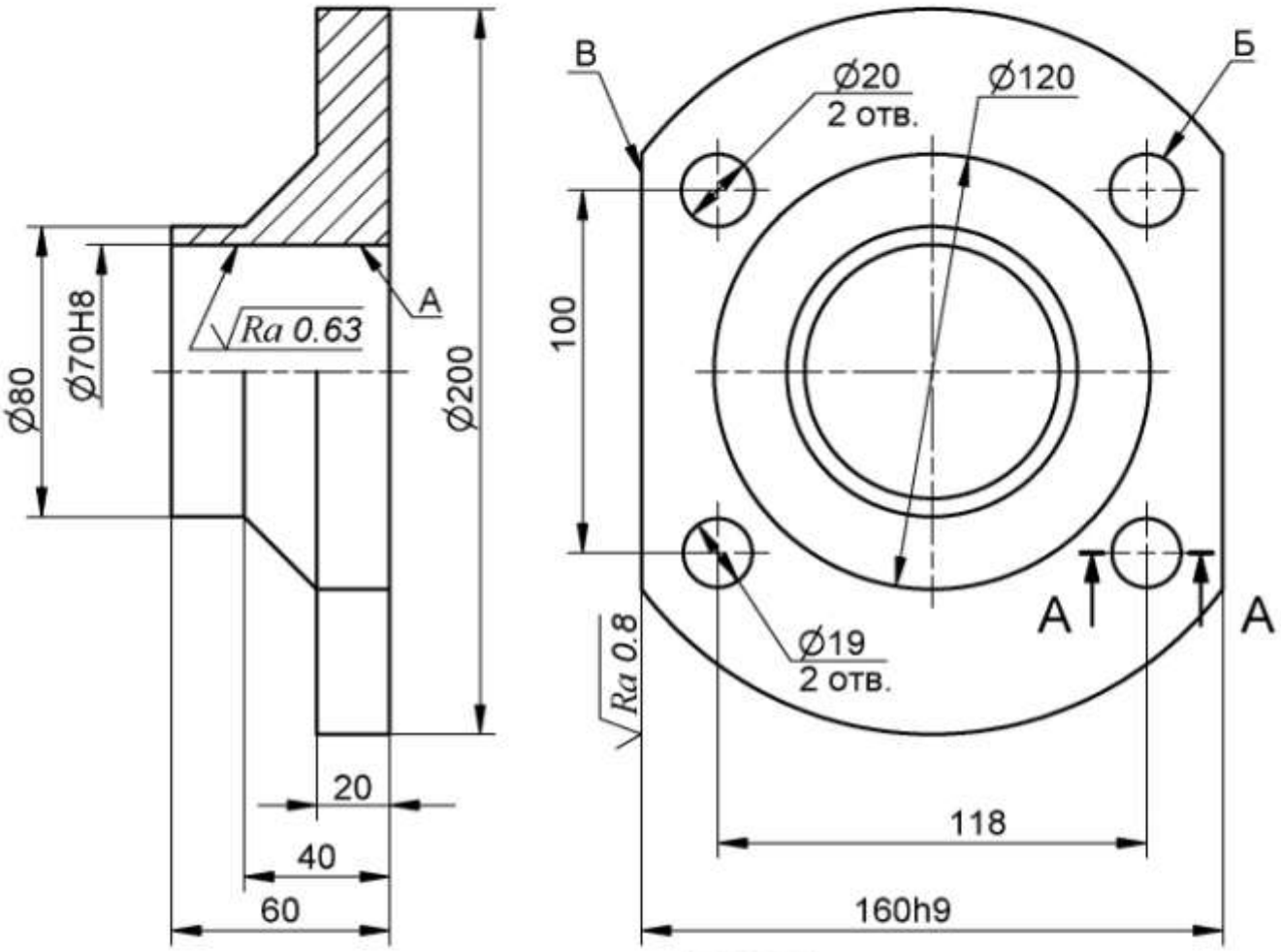



*Материал: Сталь 35*

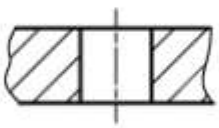
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

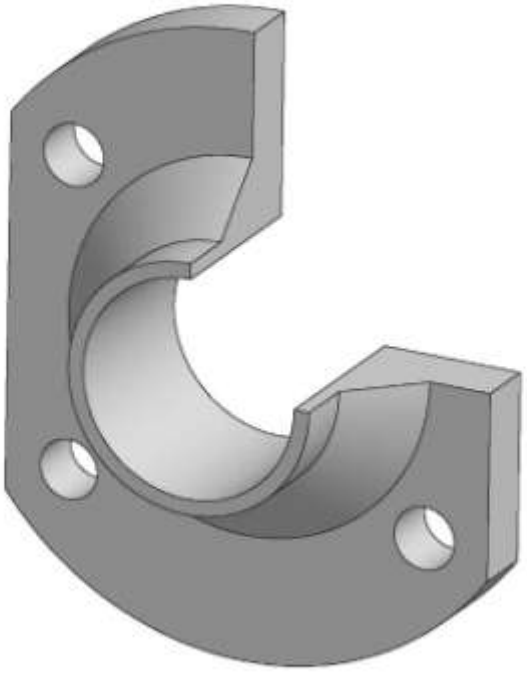
# Фланец

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$




A-A

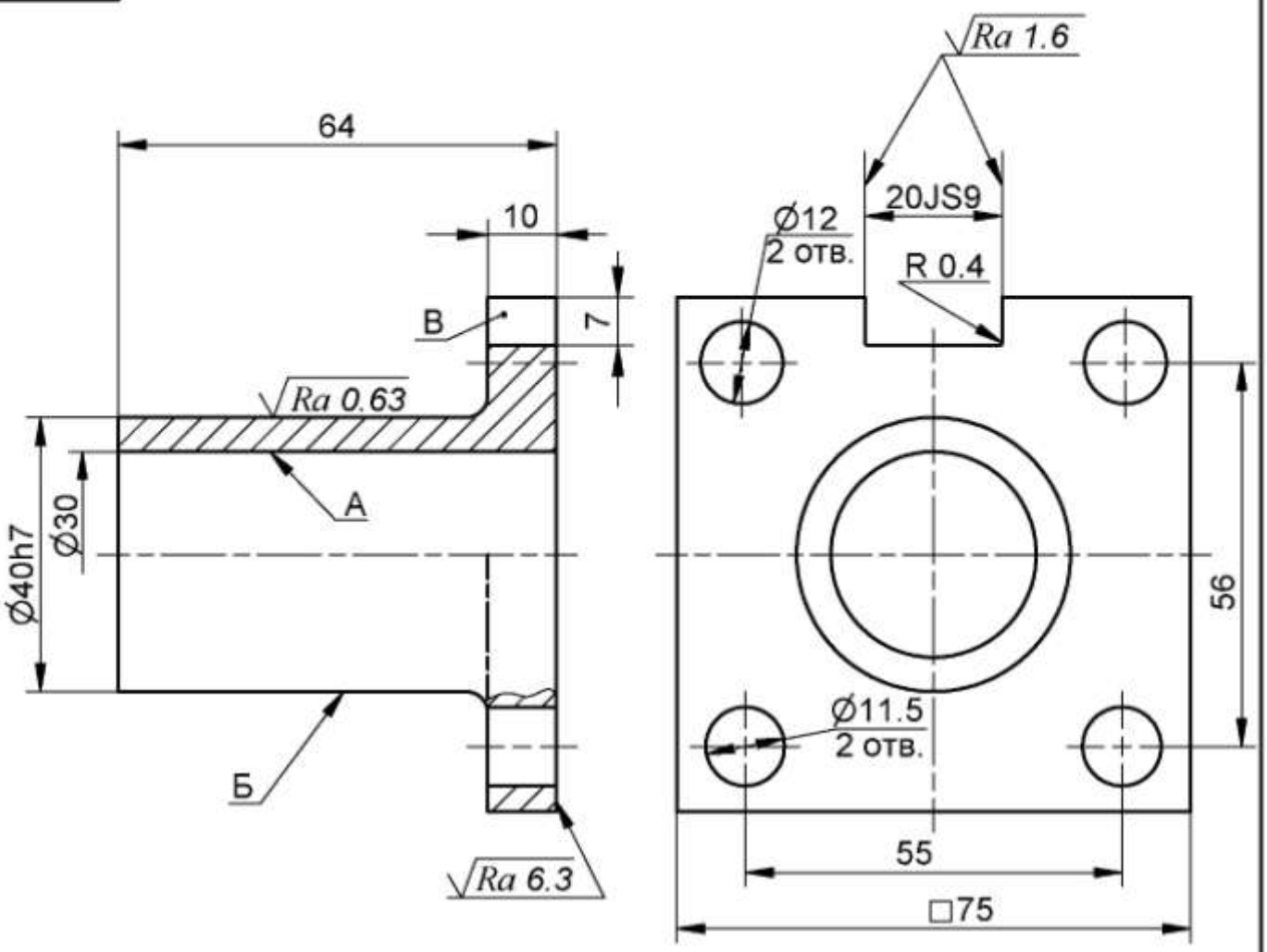


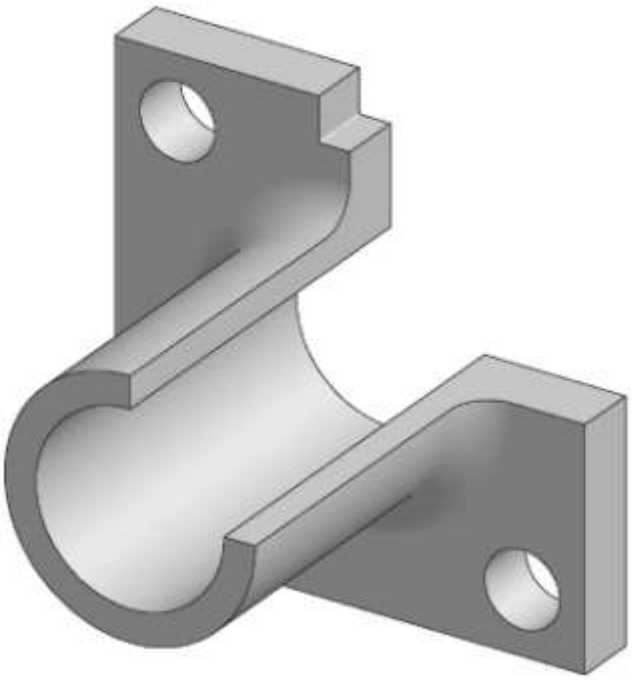


*Материал: Сталь 12Х18Н10Т*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Втулка

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$



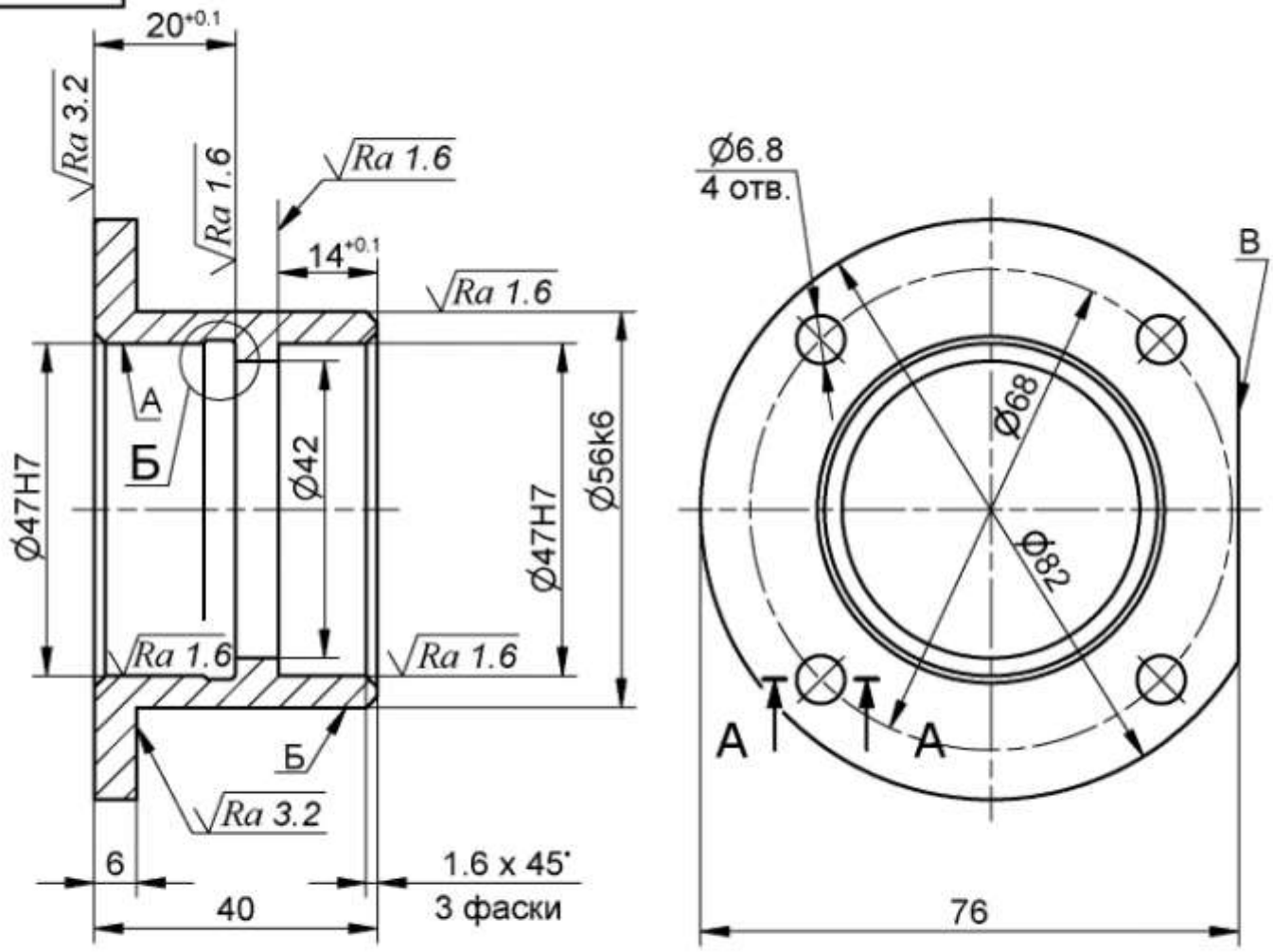



Материал: Сталь 45

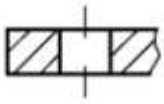
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2

# Стакан

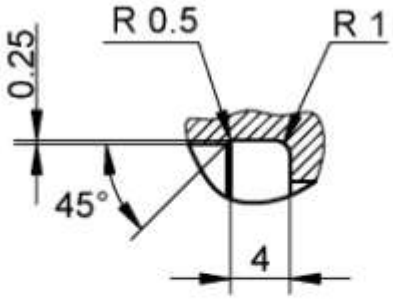
$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

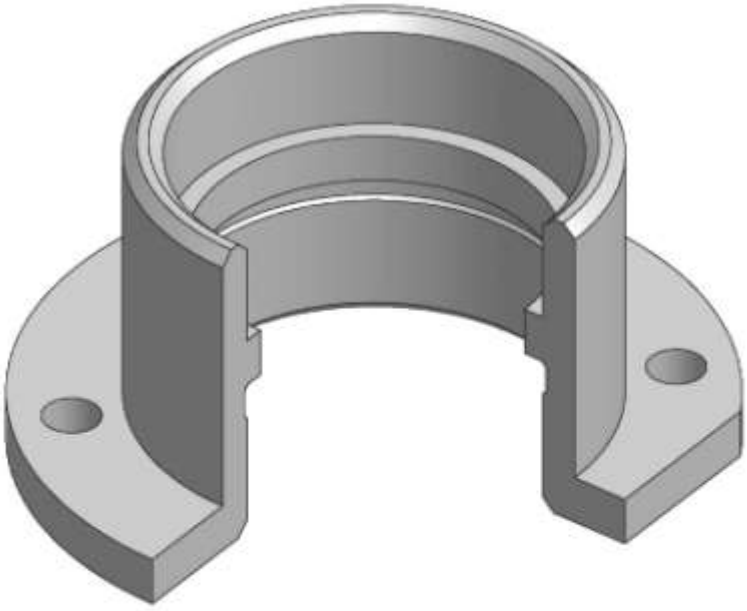



А-А



Б (2:1)

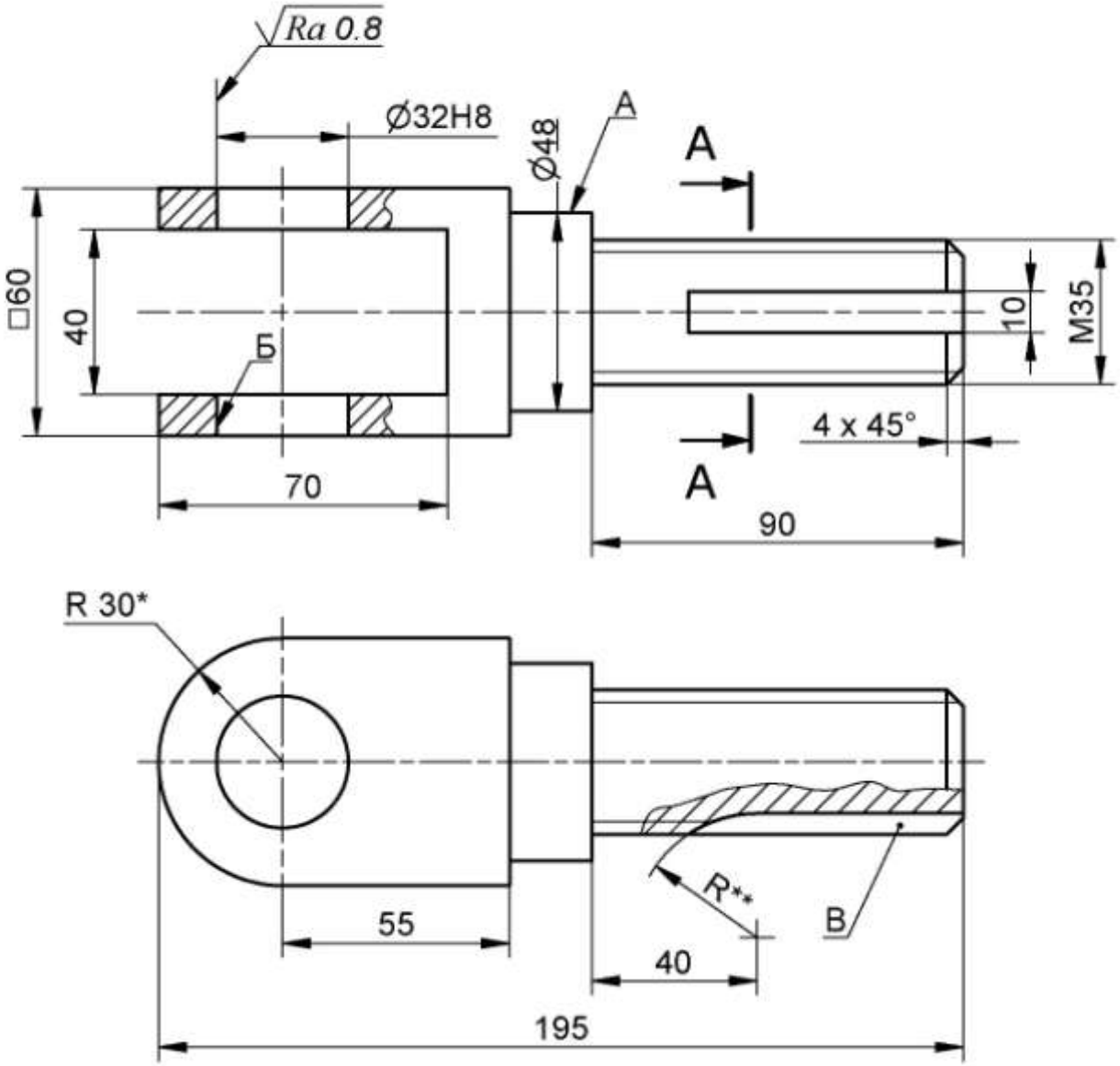


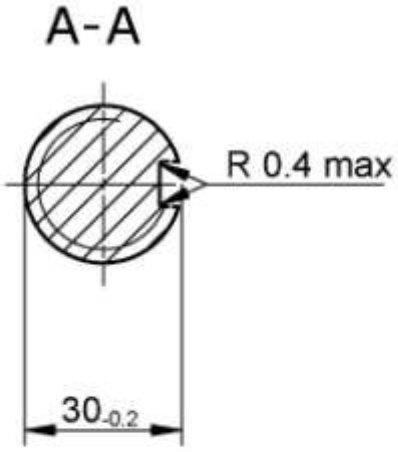



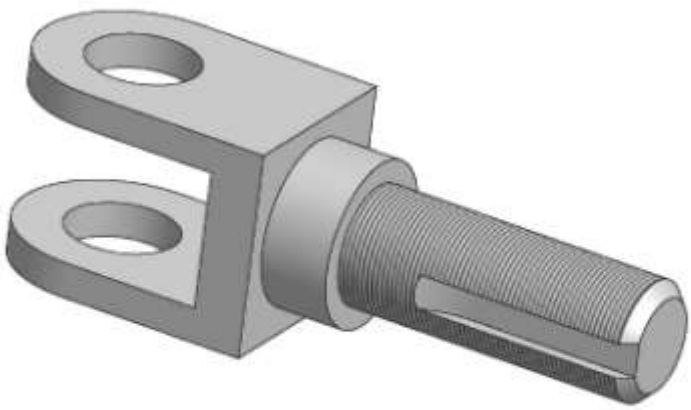
*Материал: СЧ 15 (Сталь 40)*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Вилка

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$



*Материал: Сталь 45*

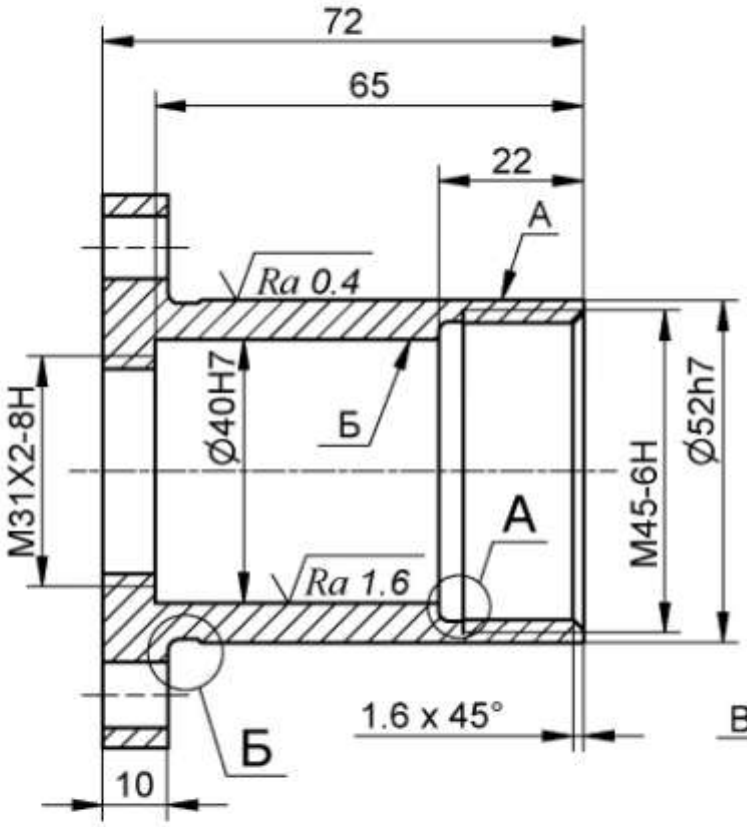
** Размер для справок*

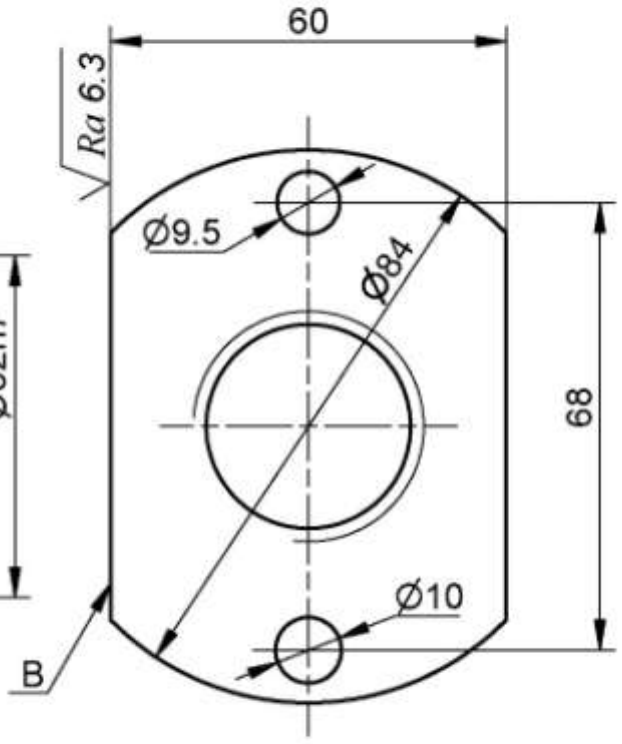
*** Размер обеспечить инструментом*

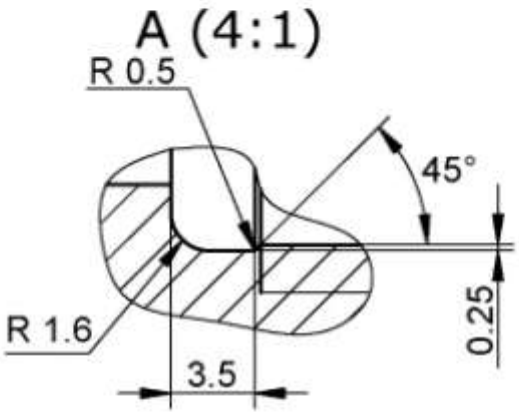
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

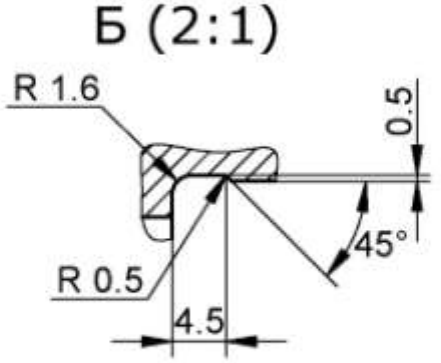
# Корпус

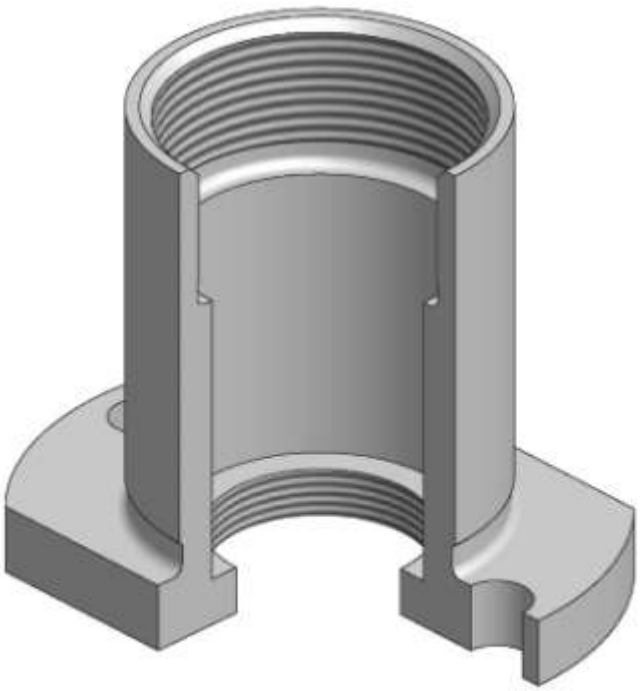
$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$



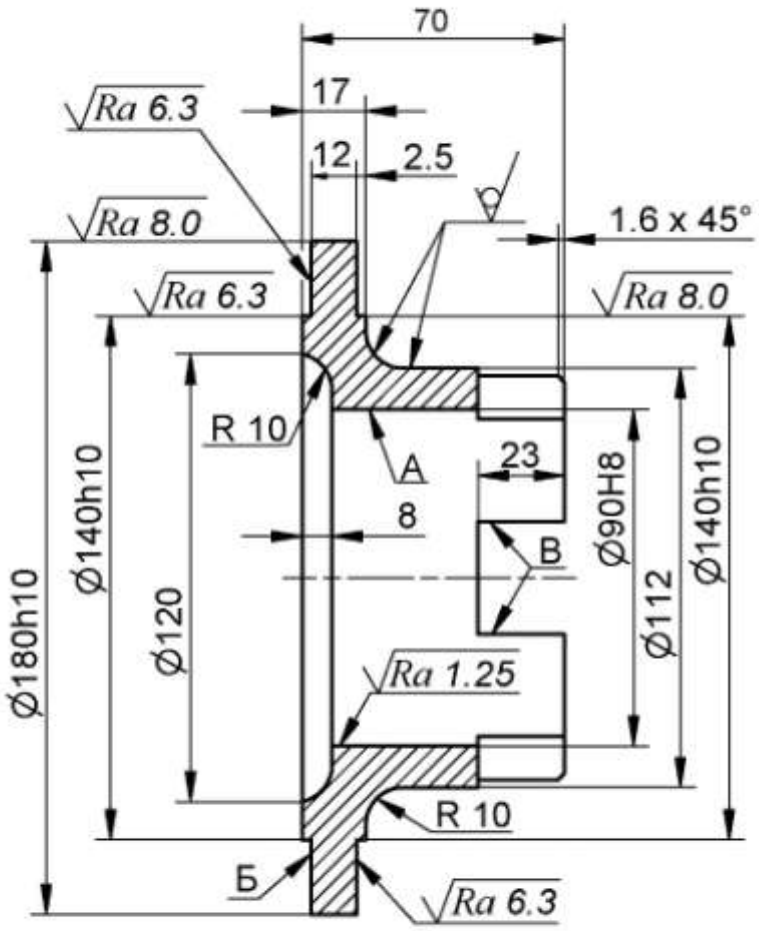



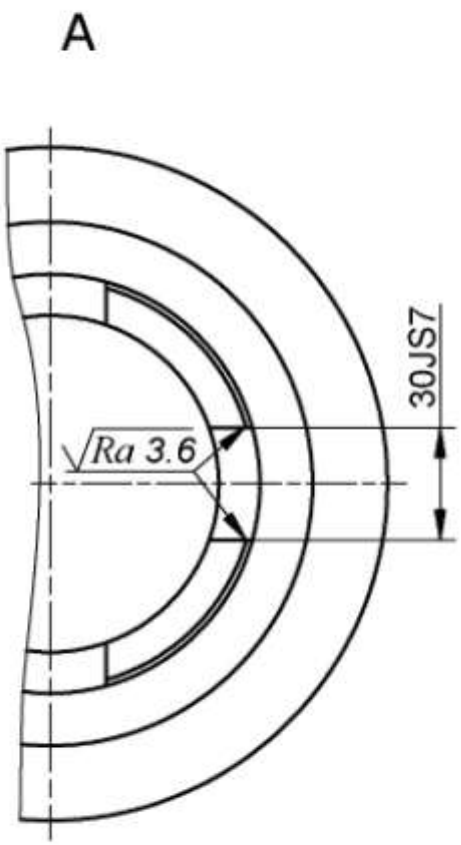



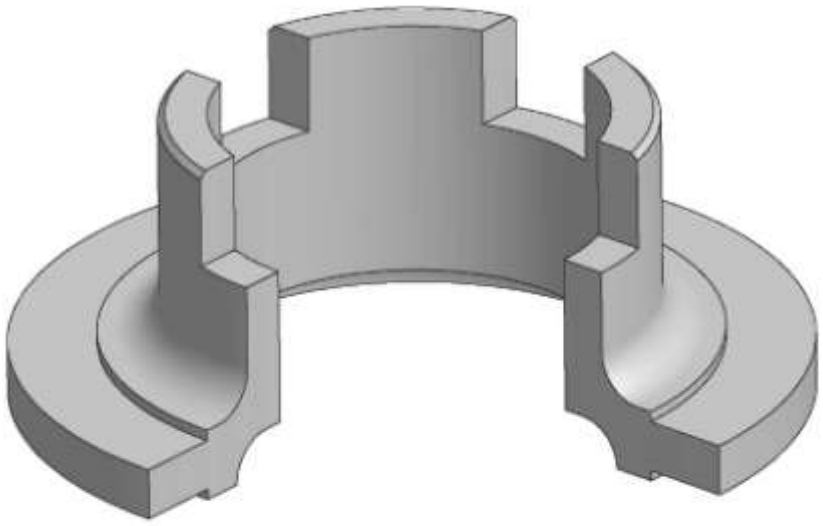
*Материал: Сталь 09Х16Н4Б*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ±IT12/2*

# Муфта

$\sqrt{Ra\ 12.5(\sqrt{})}$

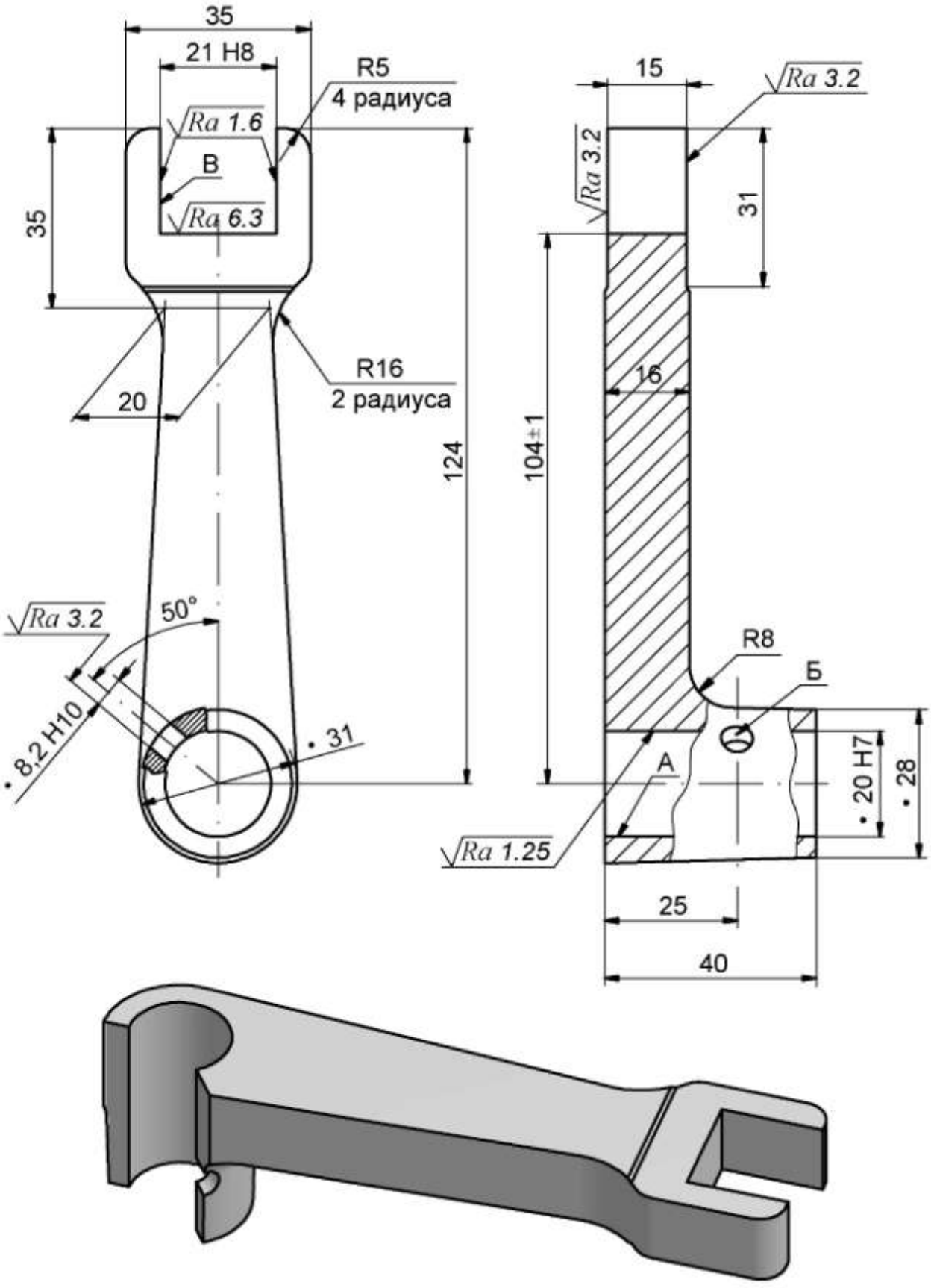


Материал: Сталь 40Х (Чугун ВЧ 45)
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H14, h14, ±IT14/2

# Вилка

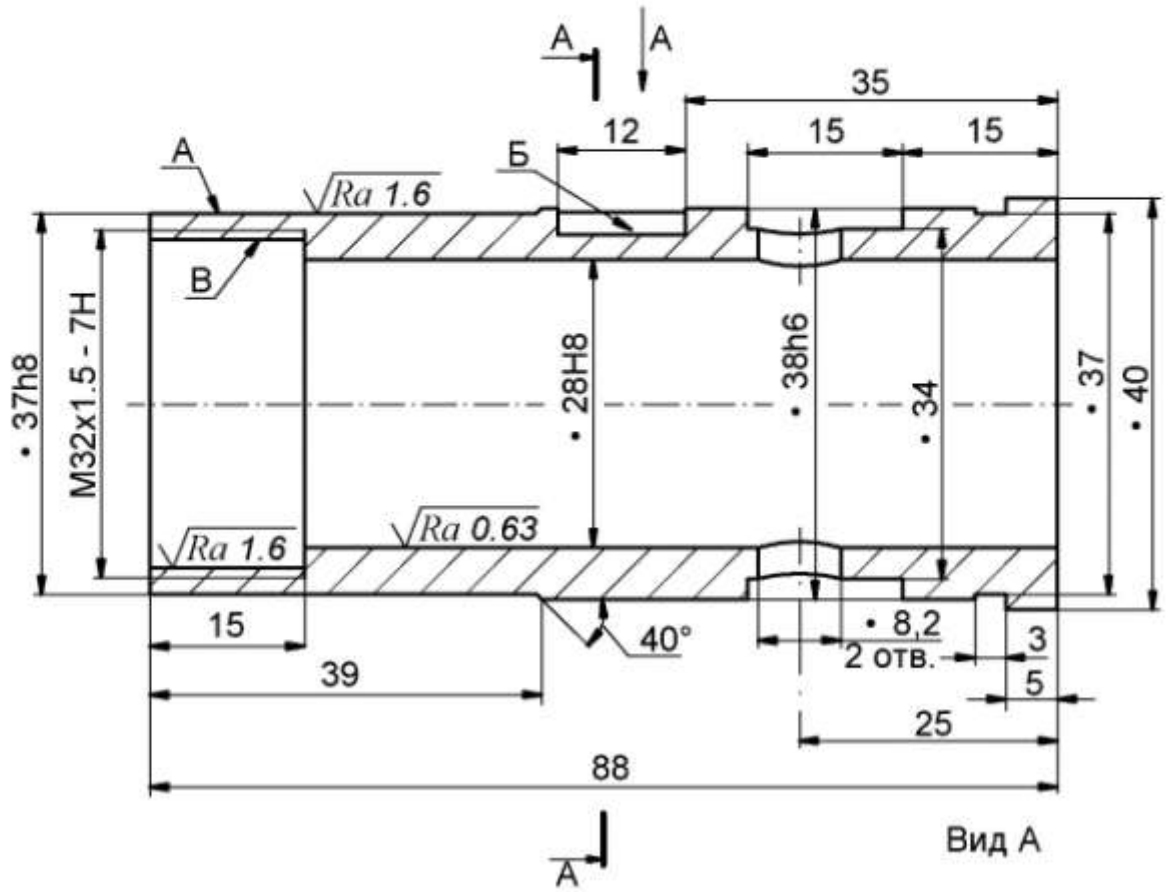


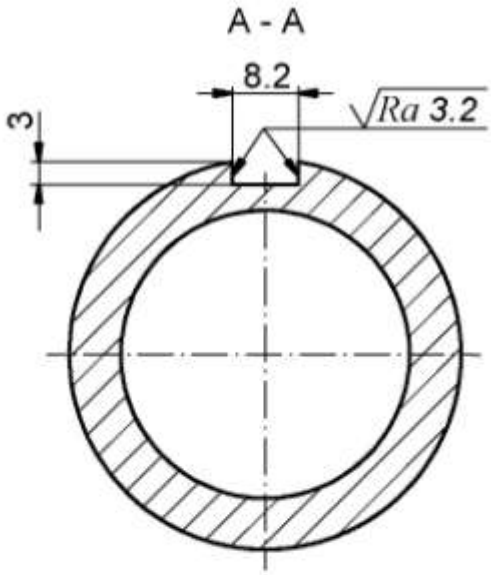


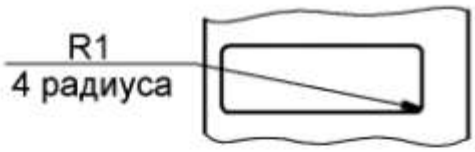

*Материал: Сталь 45*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

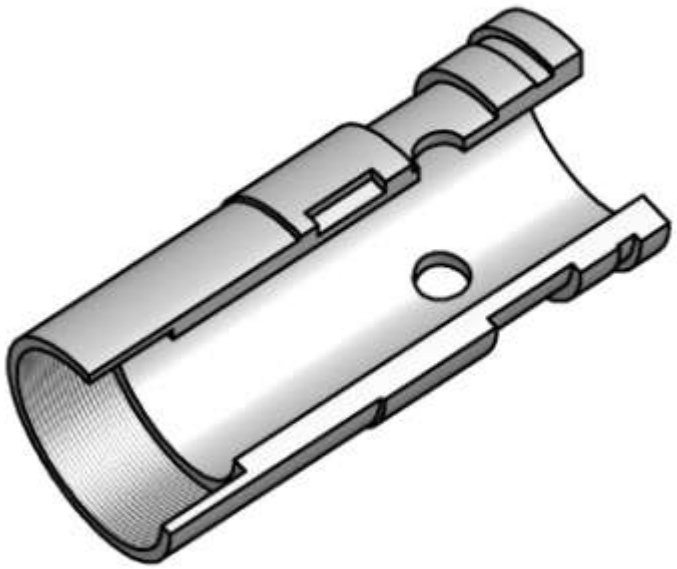
# Втулка

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$



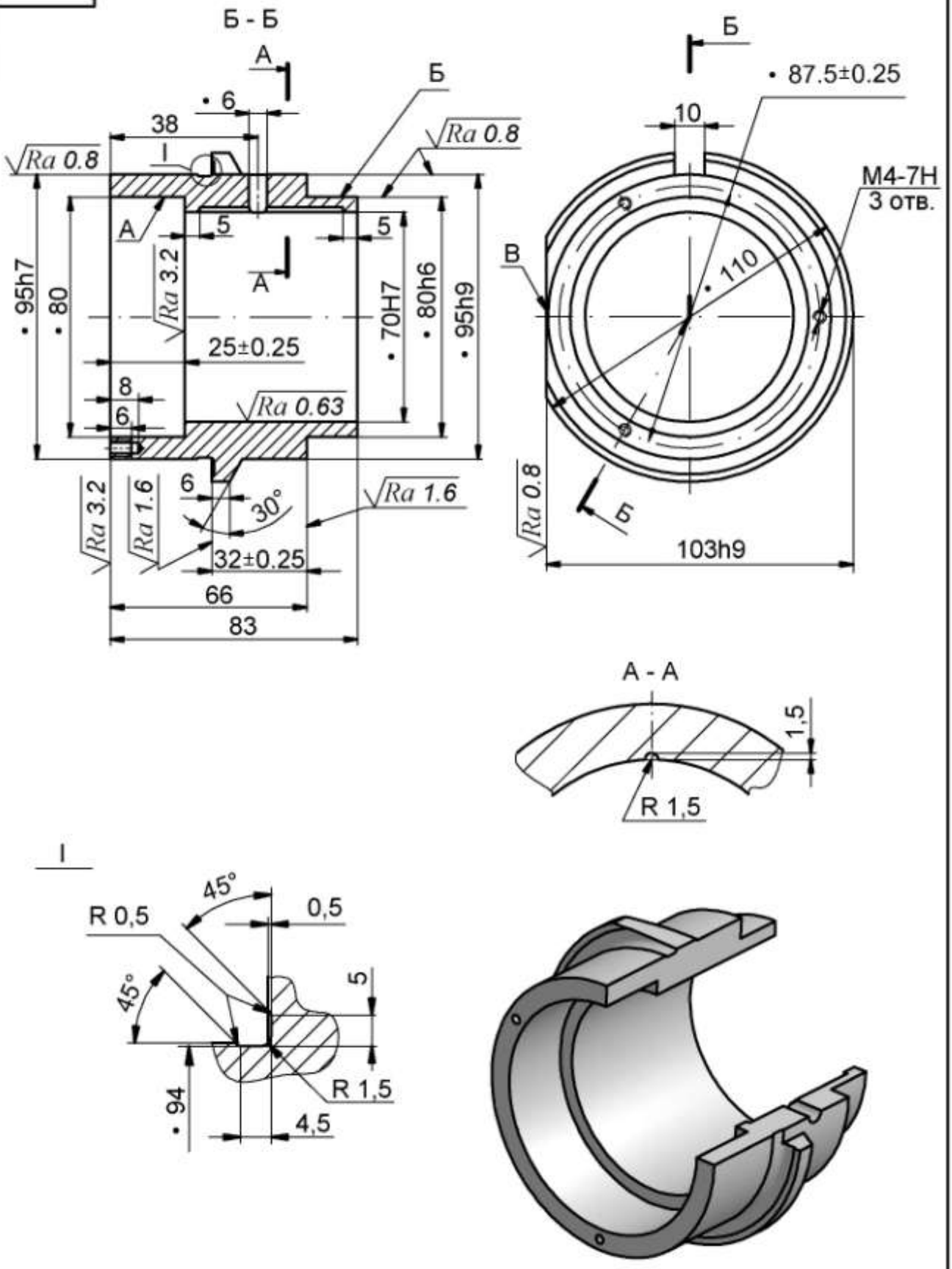



*Материал*: *Сталь 40Х*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: *H12, h12, ± IT12/2*

# Втулка опорная

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

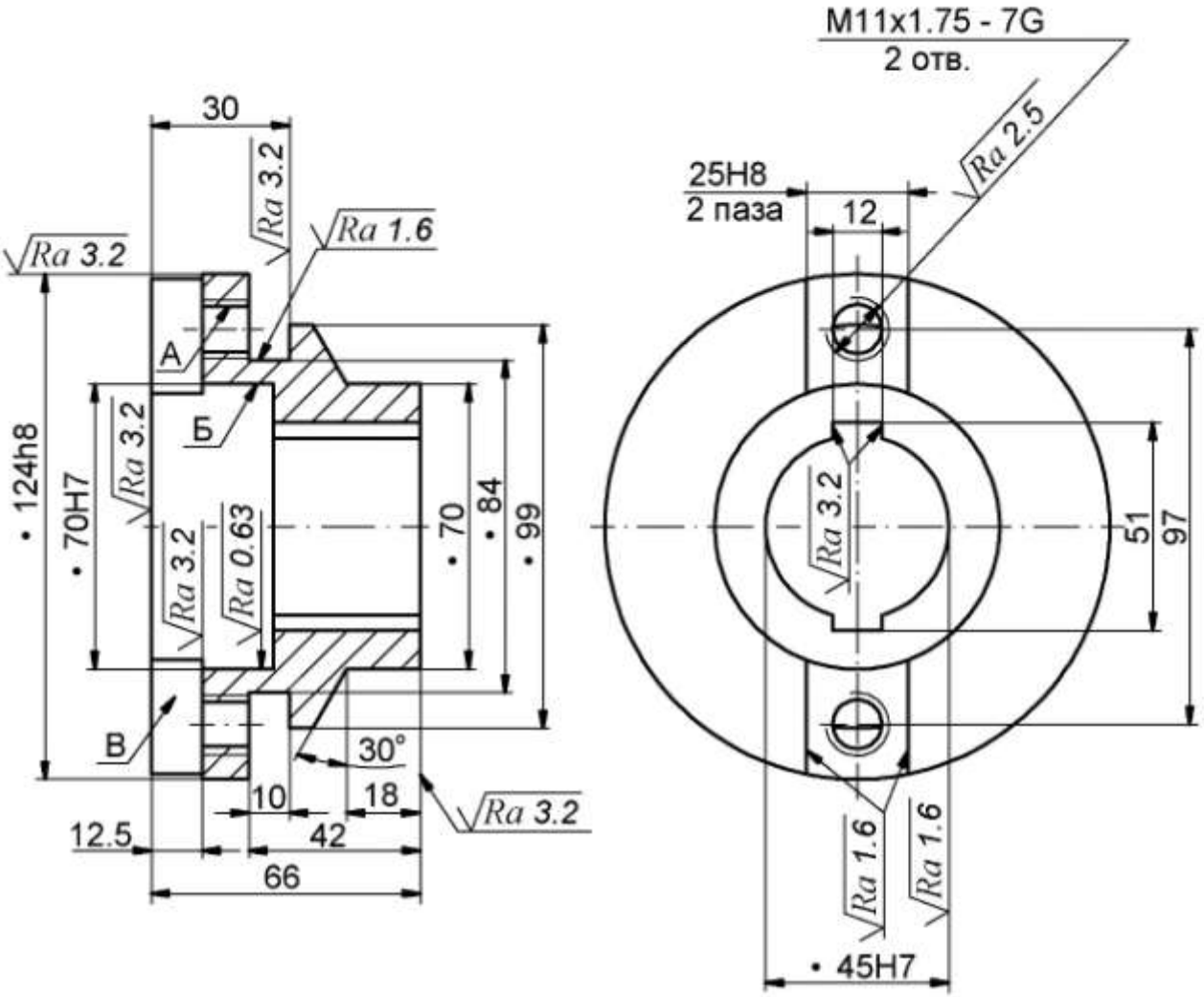


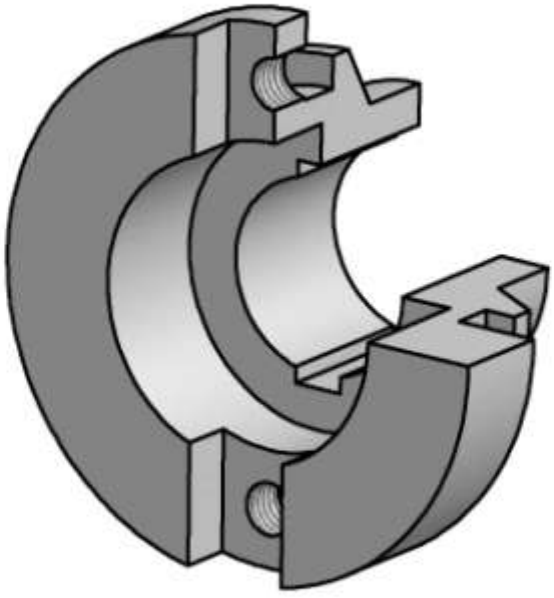

*Материал*: *Сталь 45*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: *H12, h12, ± IT12/2*

# Муфта

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

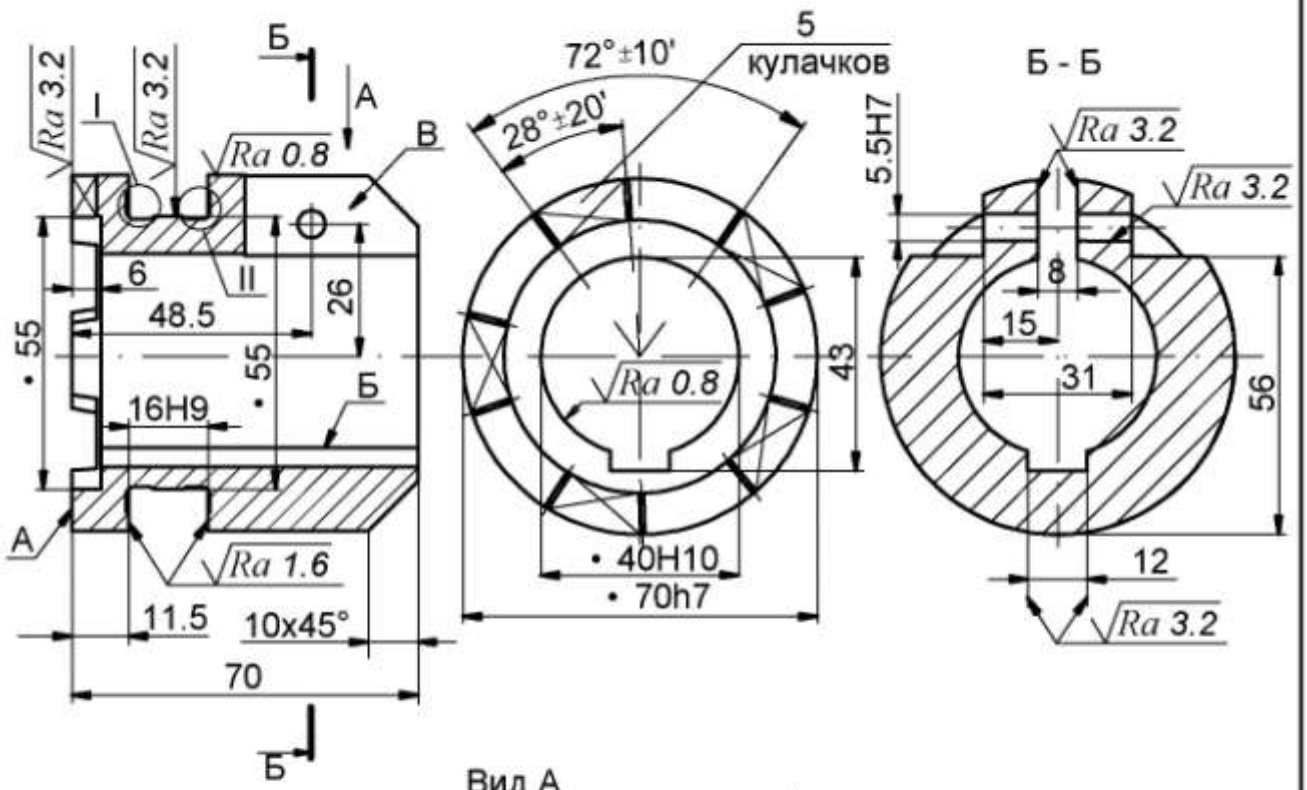


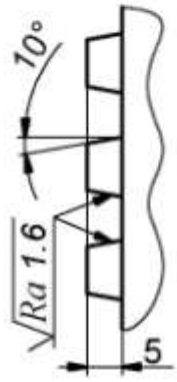



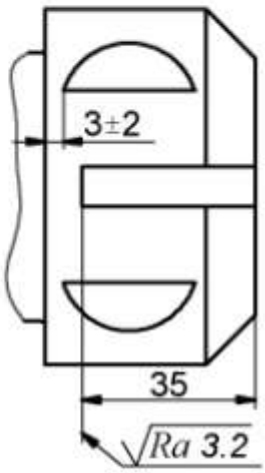
*Материал: Сталь 45*
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

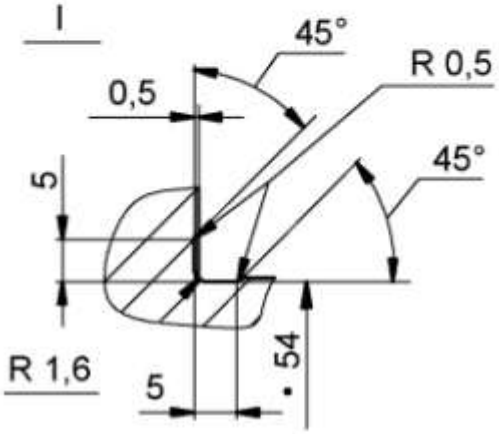
# Муфта кулачковая

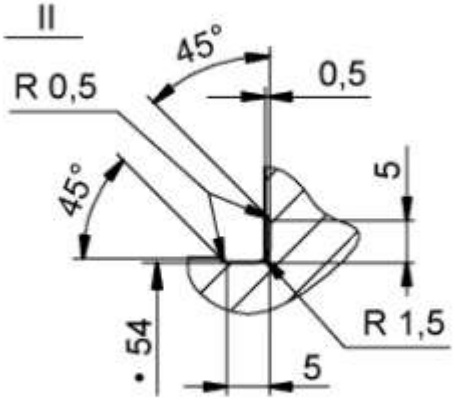
$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

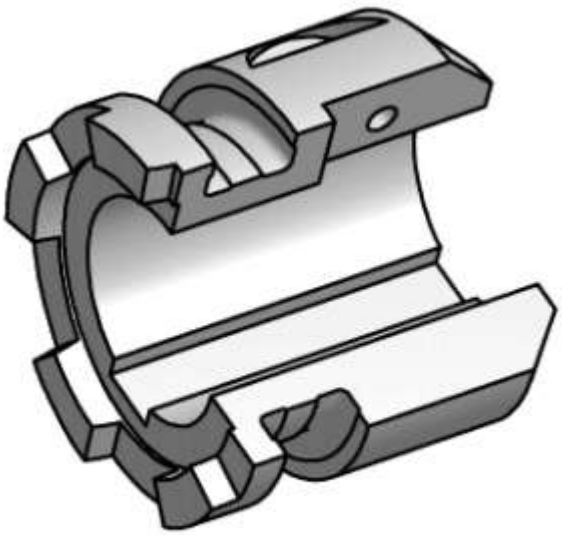


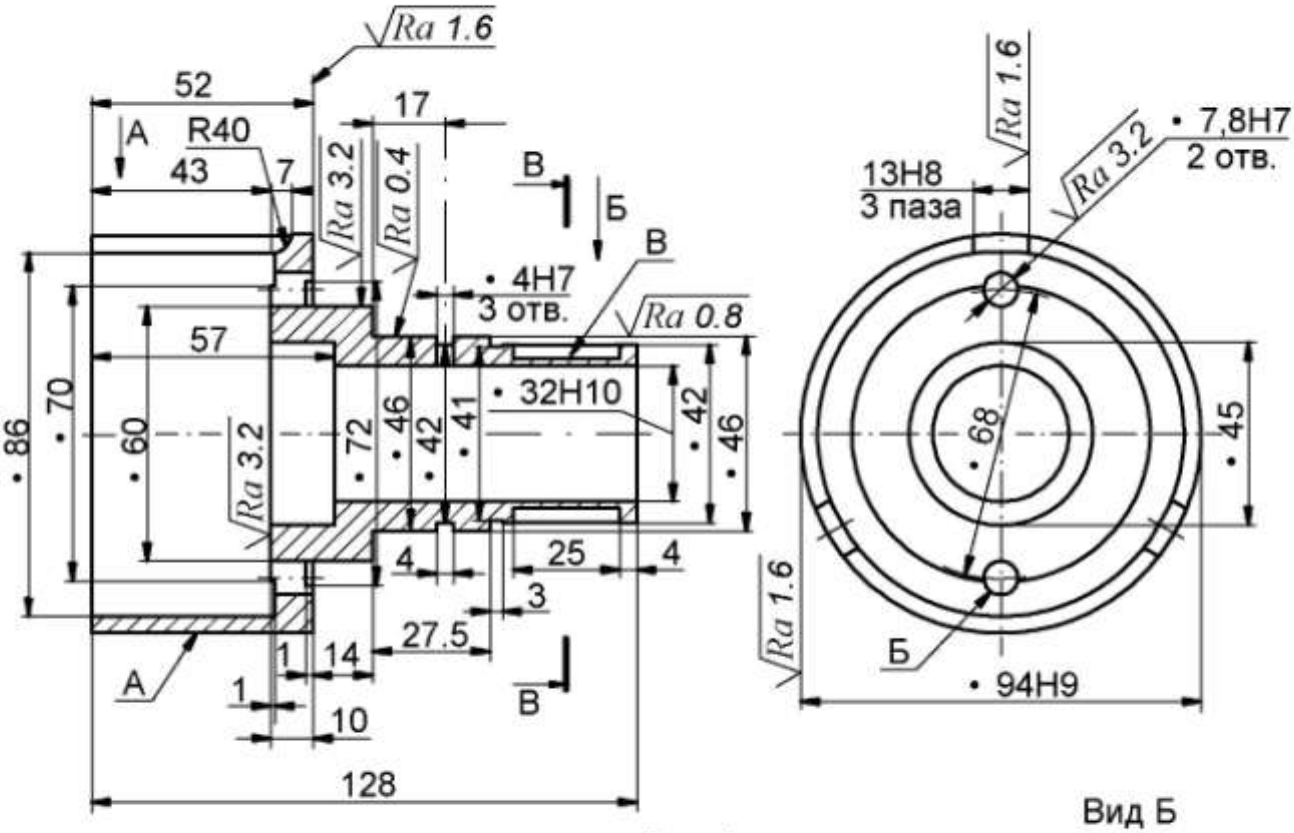



*Материал: Сталь 20Х*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

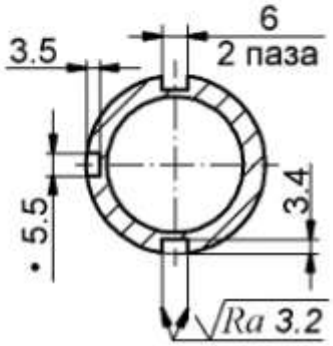
# Муфта фрикционная

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$

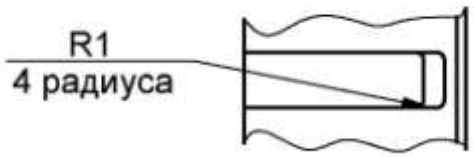


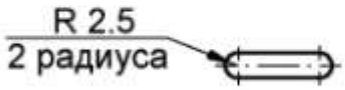

Вид Б

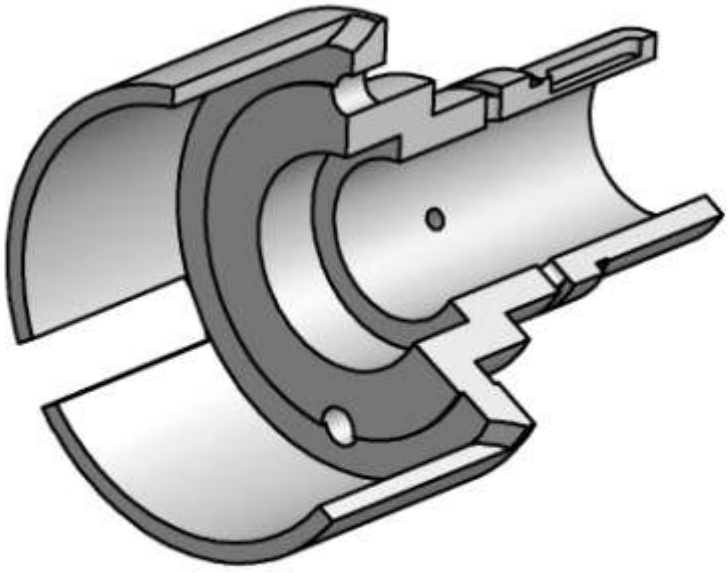
В - В




Вид А



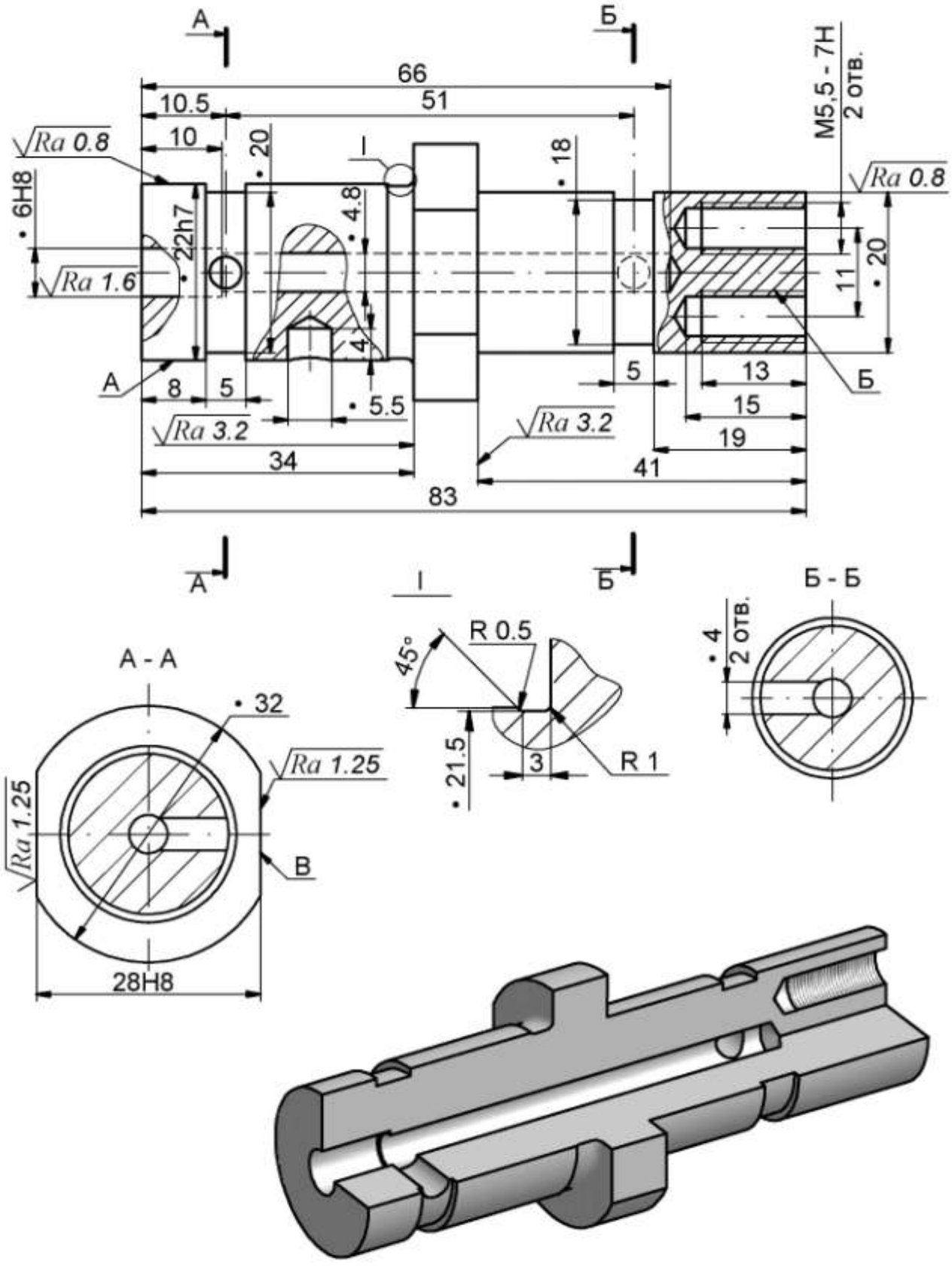



*Материал: Сталь 20Х*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

# Палец

$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{})}$



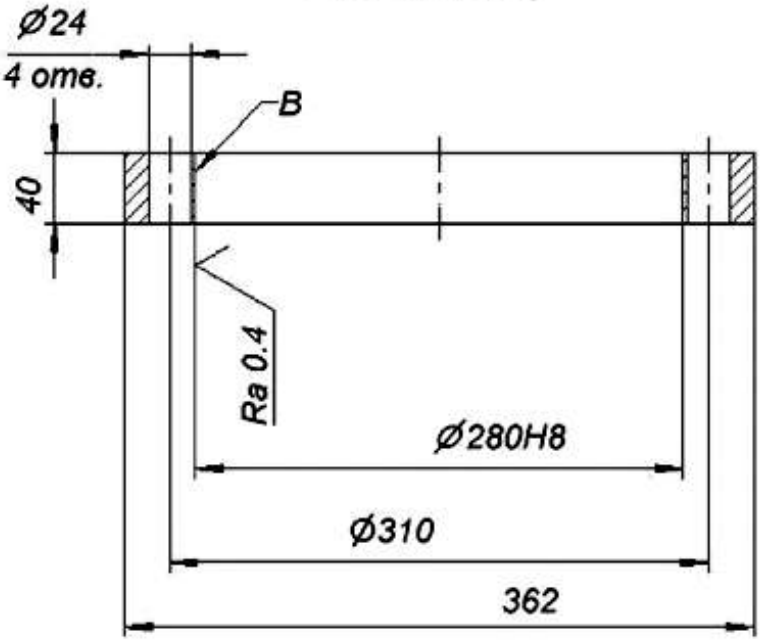

*Материал*: *Сталь 20Х*

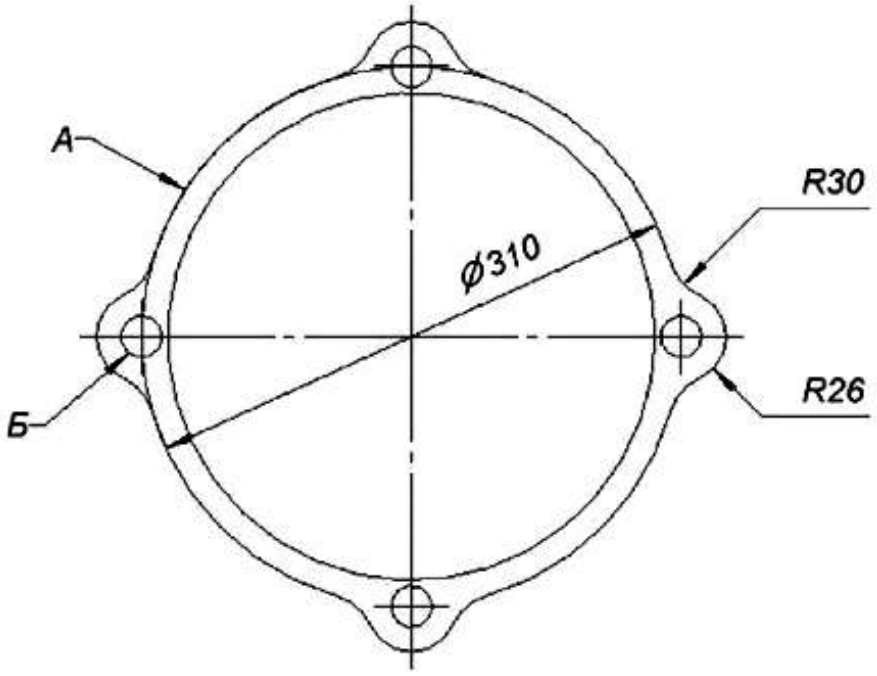
*Общие допуски по ГОСТ 30893.1*: *H12, h12, ± IT12/2*

35

# Фланец

√Ra12.5(√)





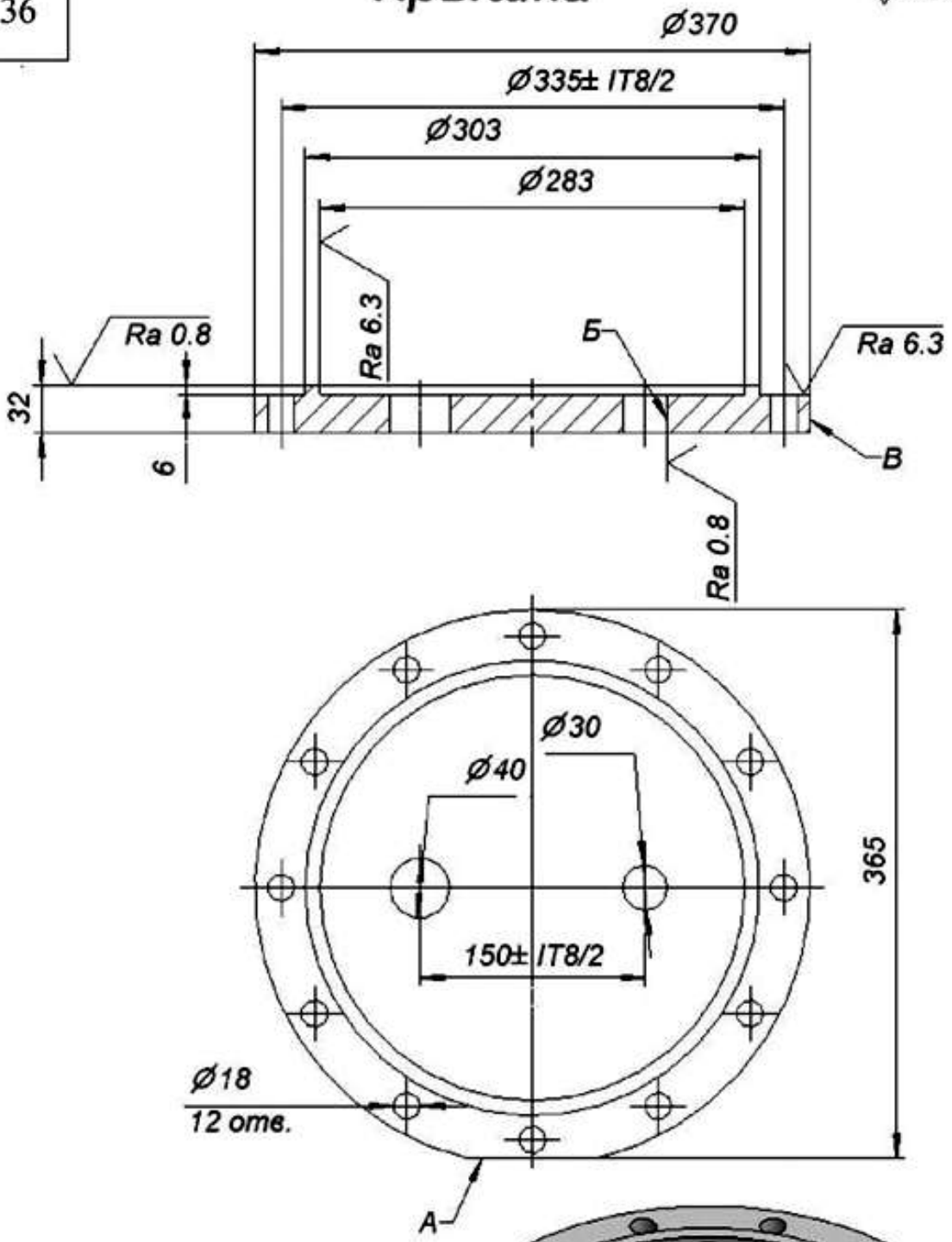

Материал: Сталь 12Х18Н10Т

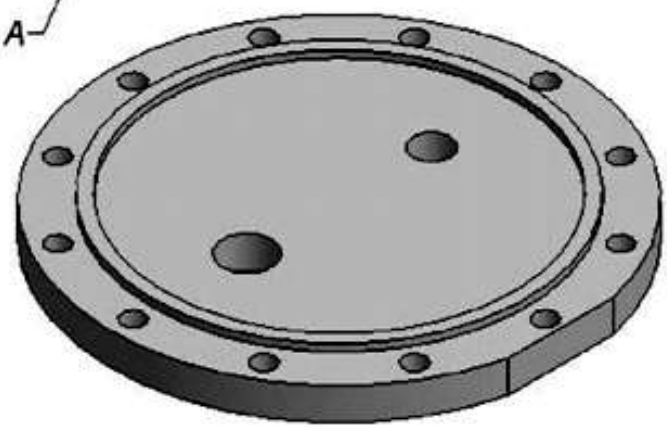
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

36

# Крышка

√Ra12.5(√)



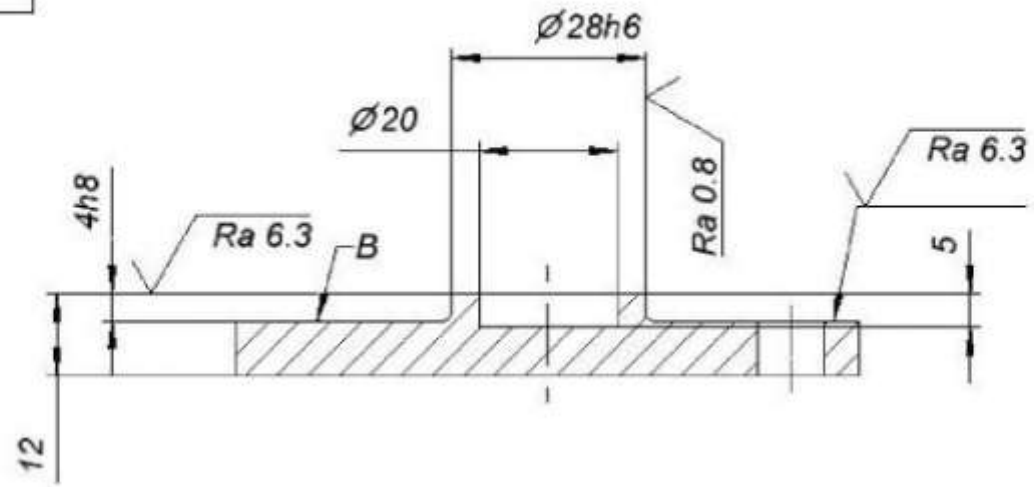
Материал: Д16Т

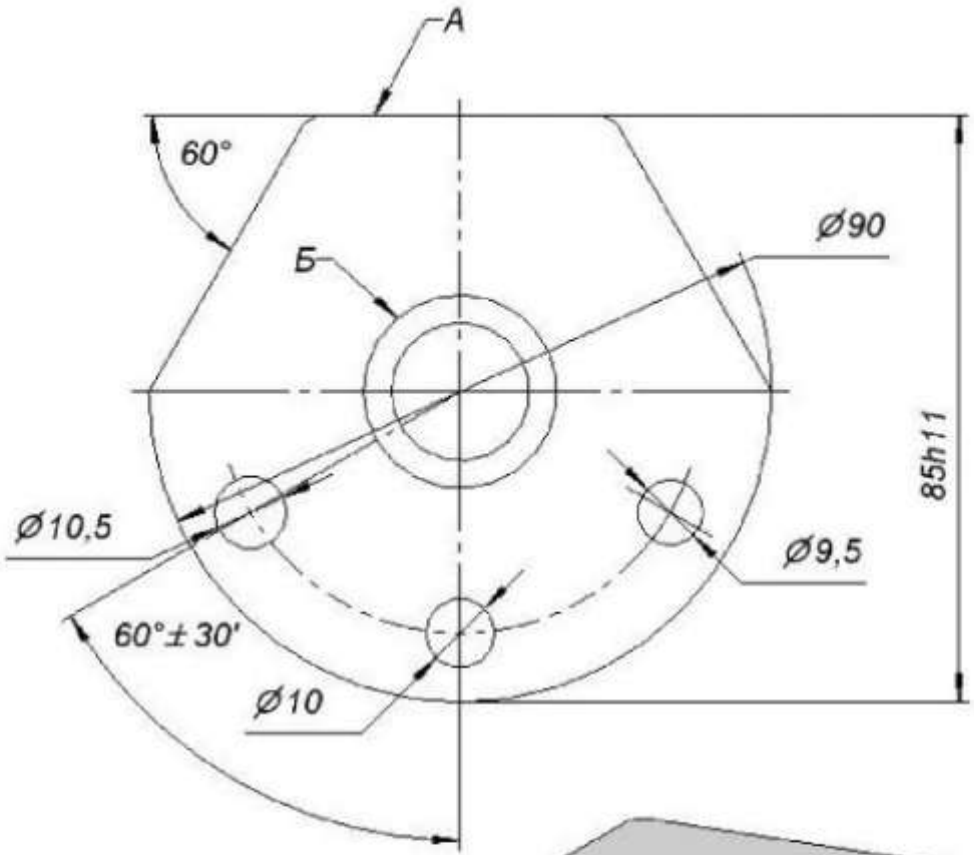
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

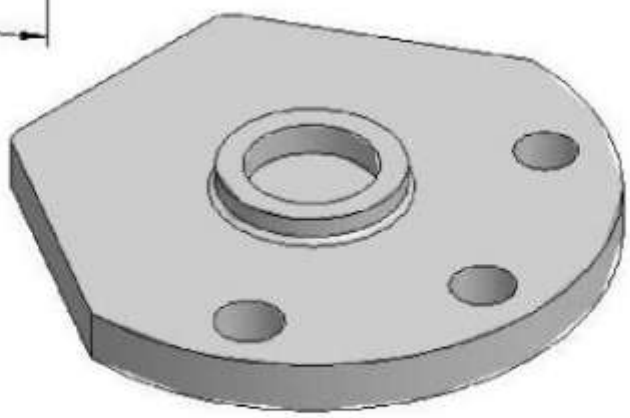
37

# Крышка

√Ra12.5(√)



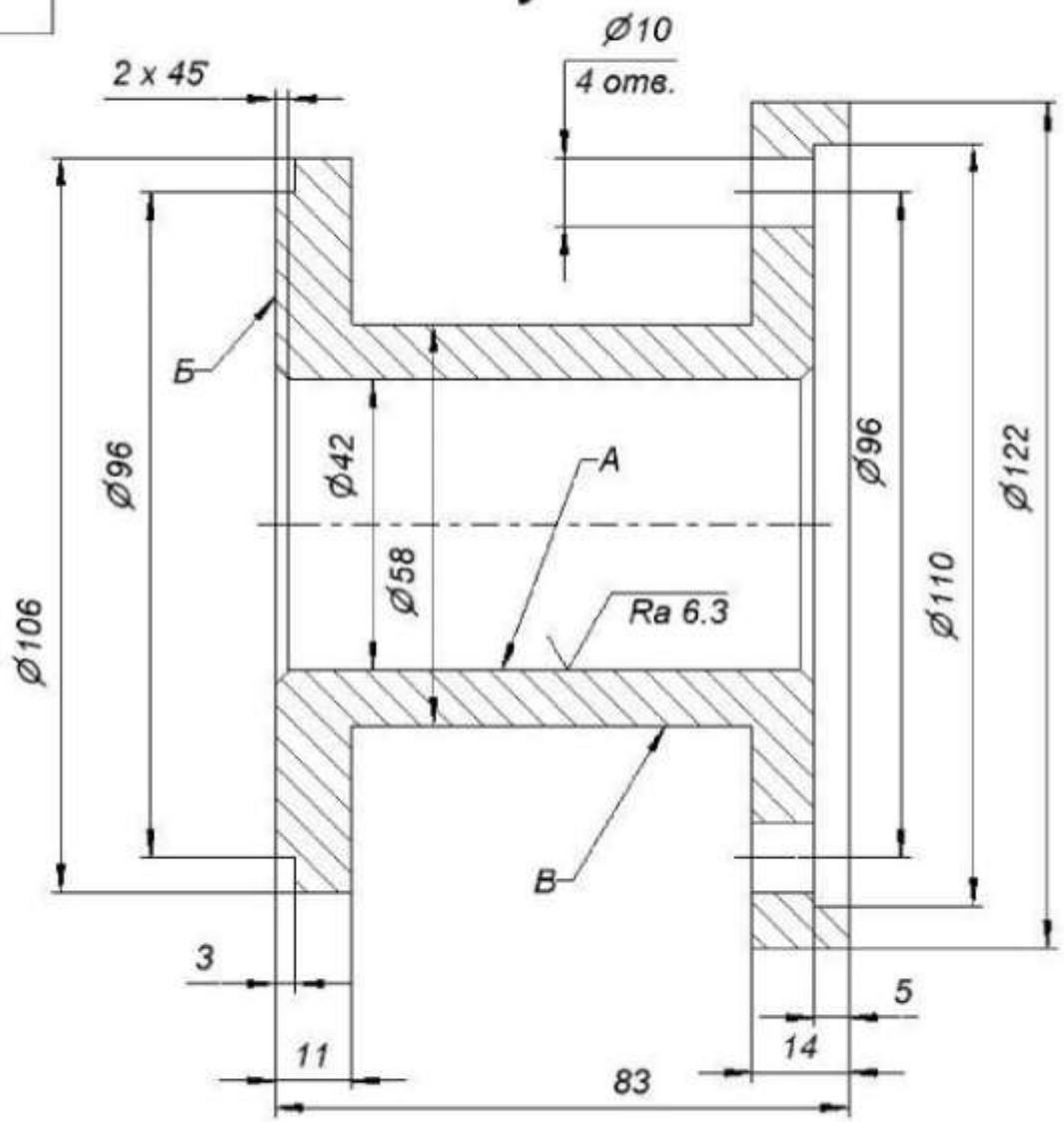
Материал: Сталь 12Х18Н10Т

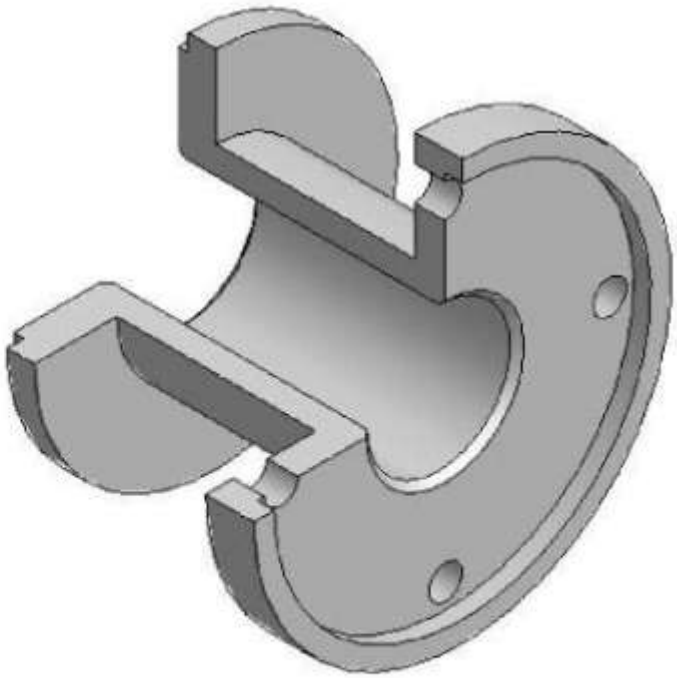
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

38

# Втулка

√Ra12.5(√)



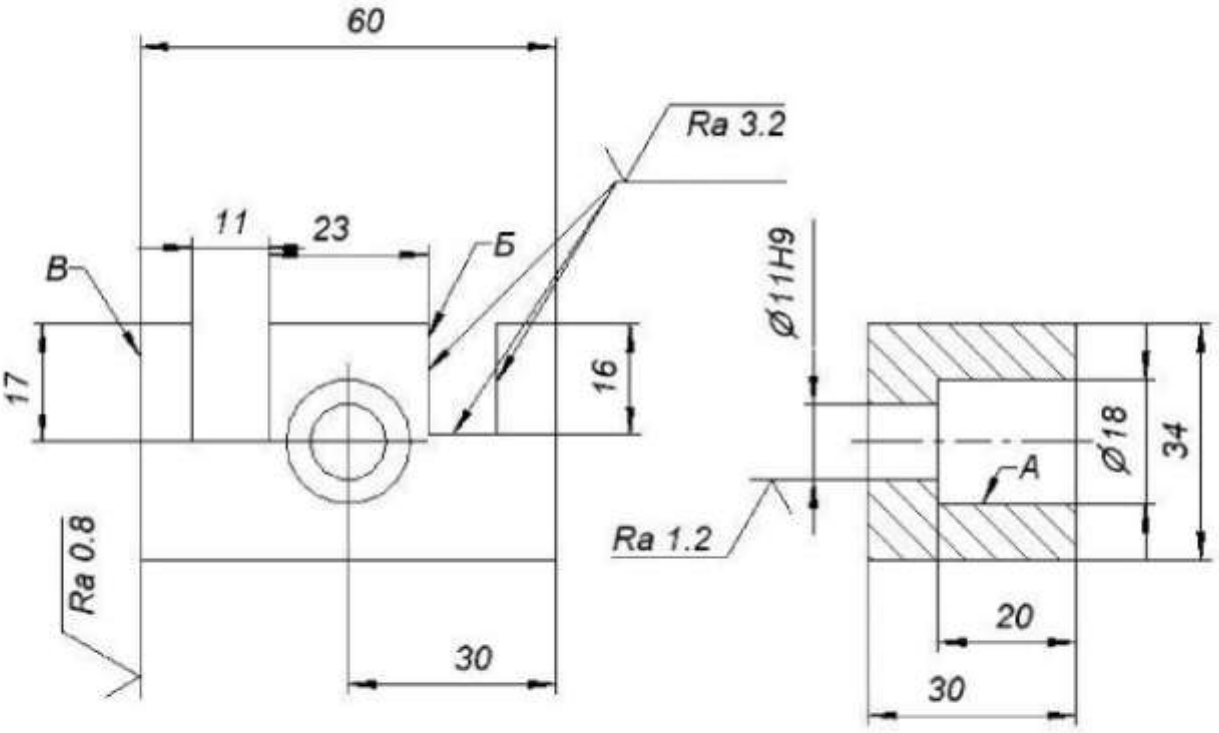
Материал: Сталь 20

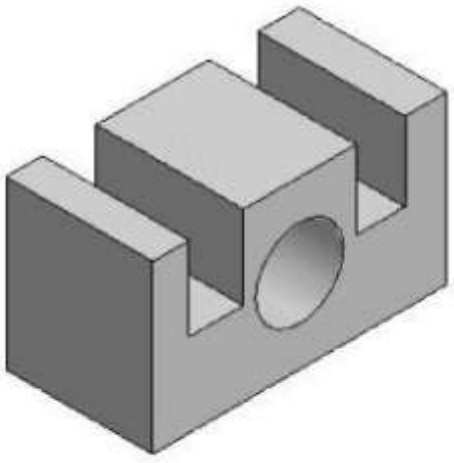
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

39

# Ползун

√Ra12.5(√)



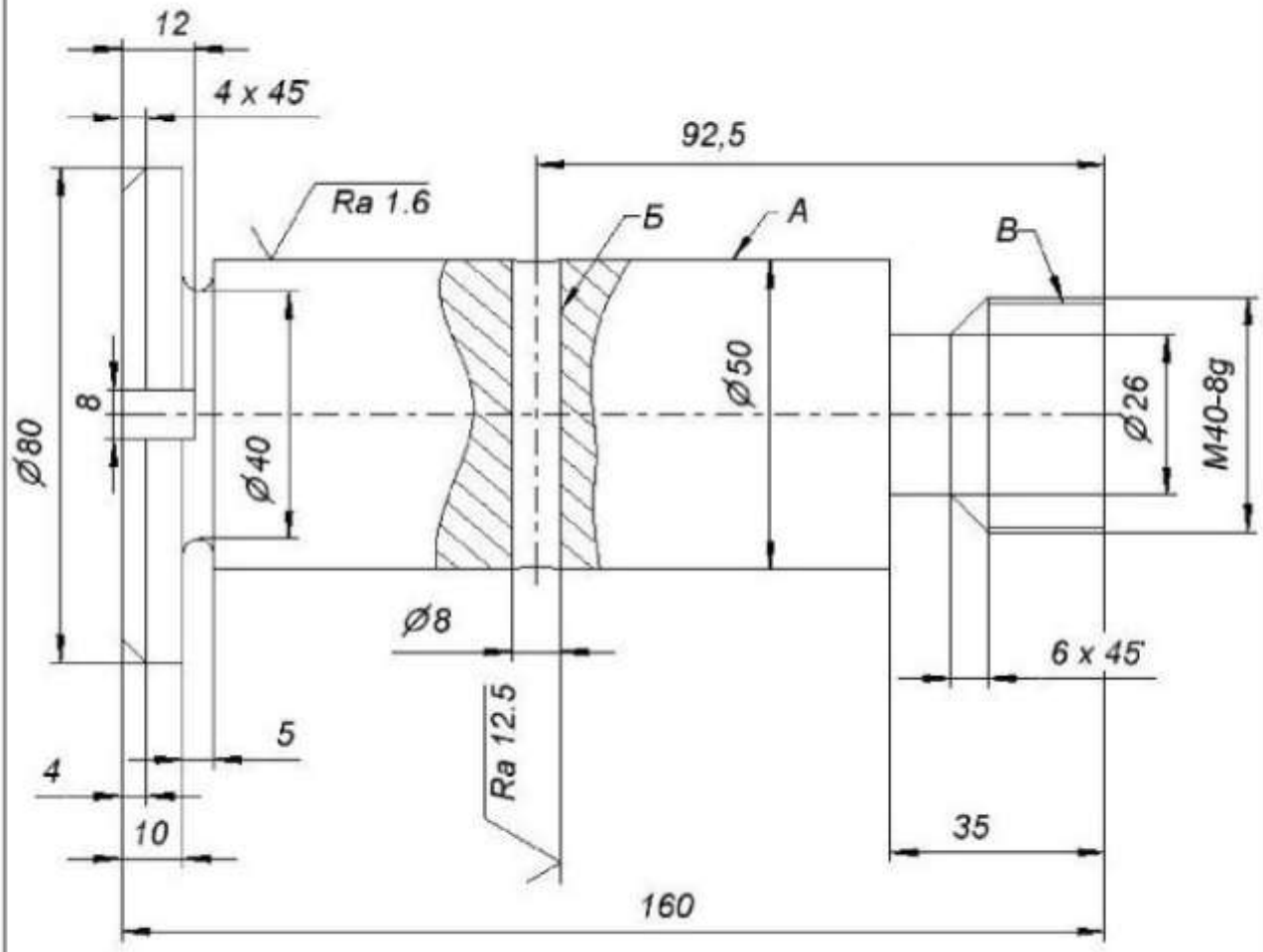
Материал: Сталь 20

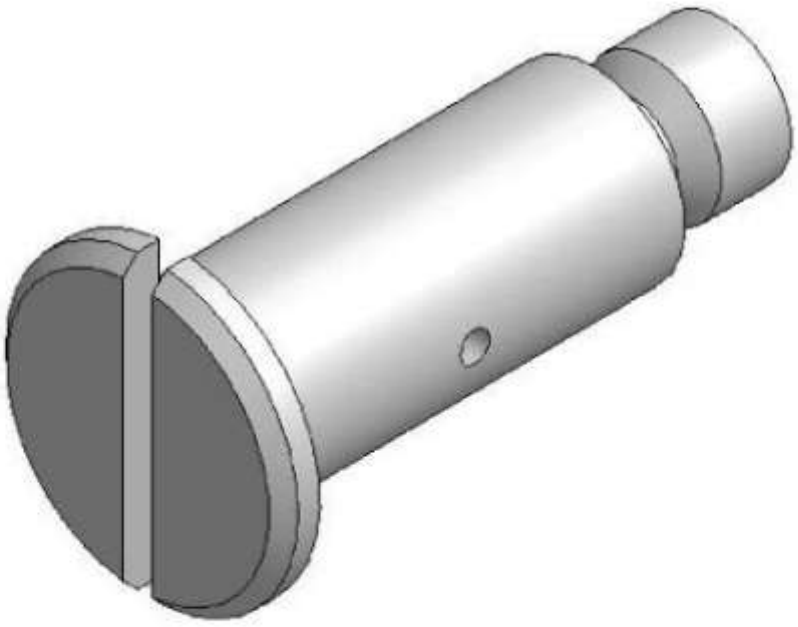
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

40

# Винт-ось

√Ra6.3(√)



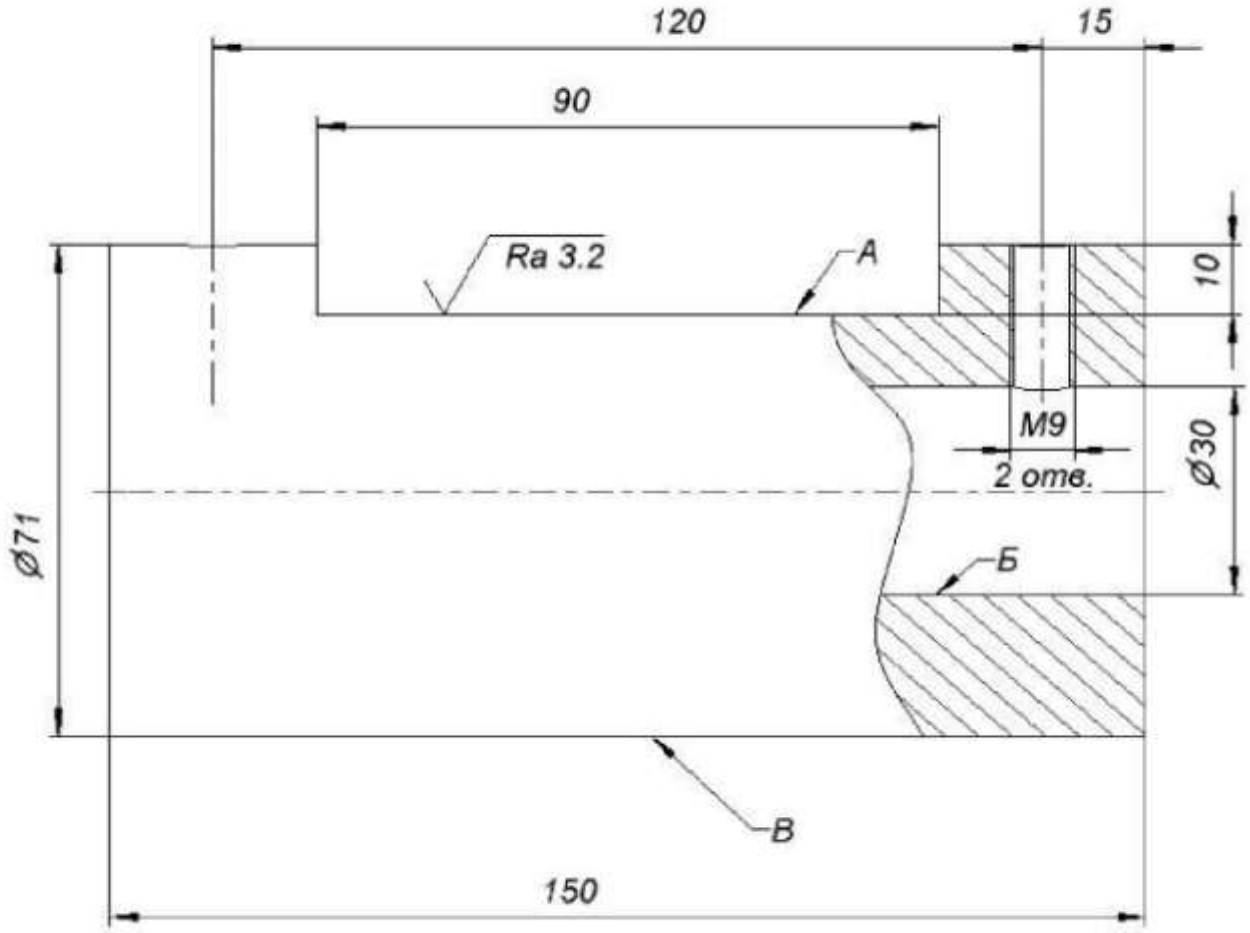
Материал: Сталь 20

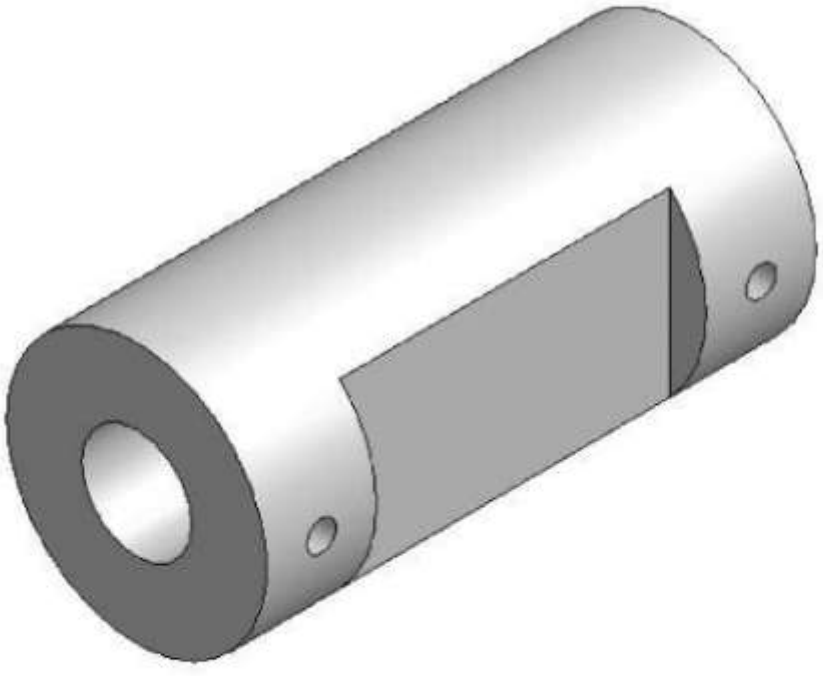
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

41

# Втулка

√Ra12.5(✓)



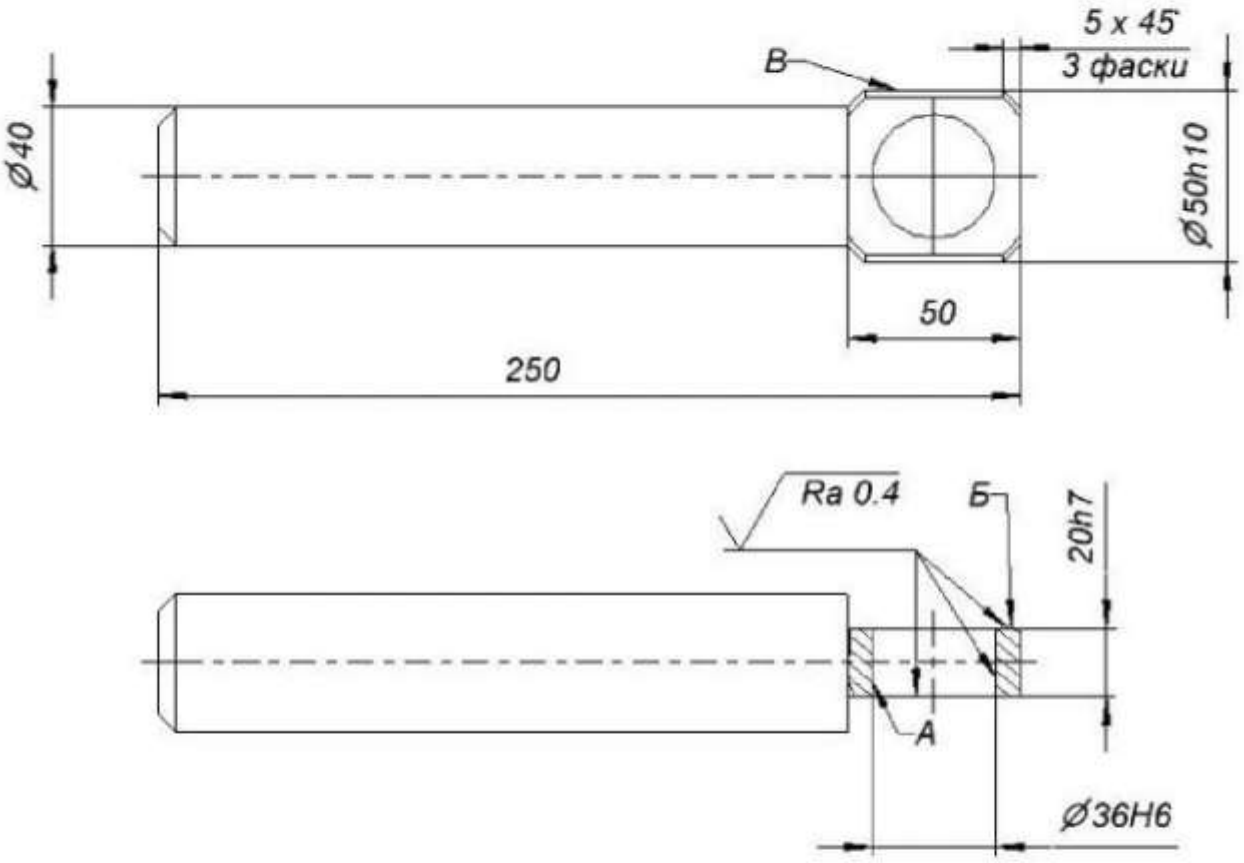
Материал: Сталь 20

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

42

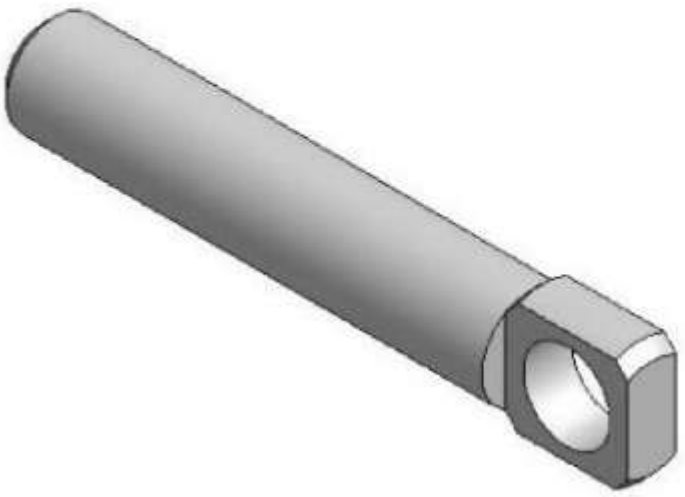
# Люнет

√Ra12.5(√)









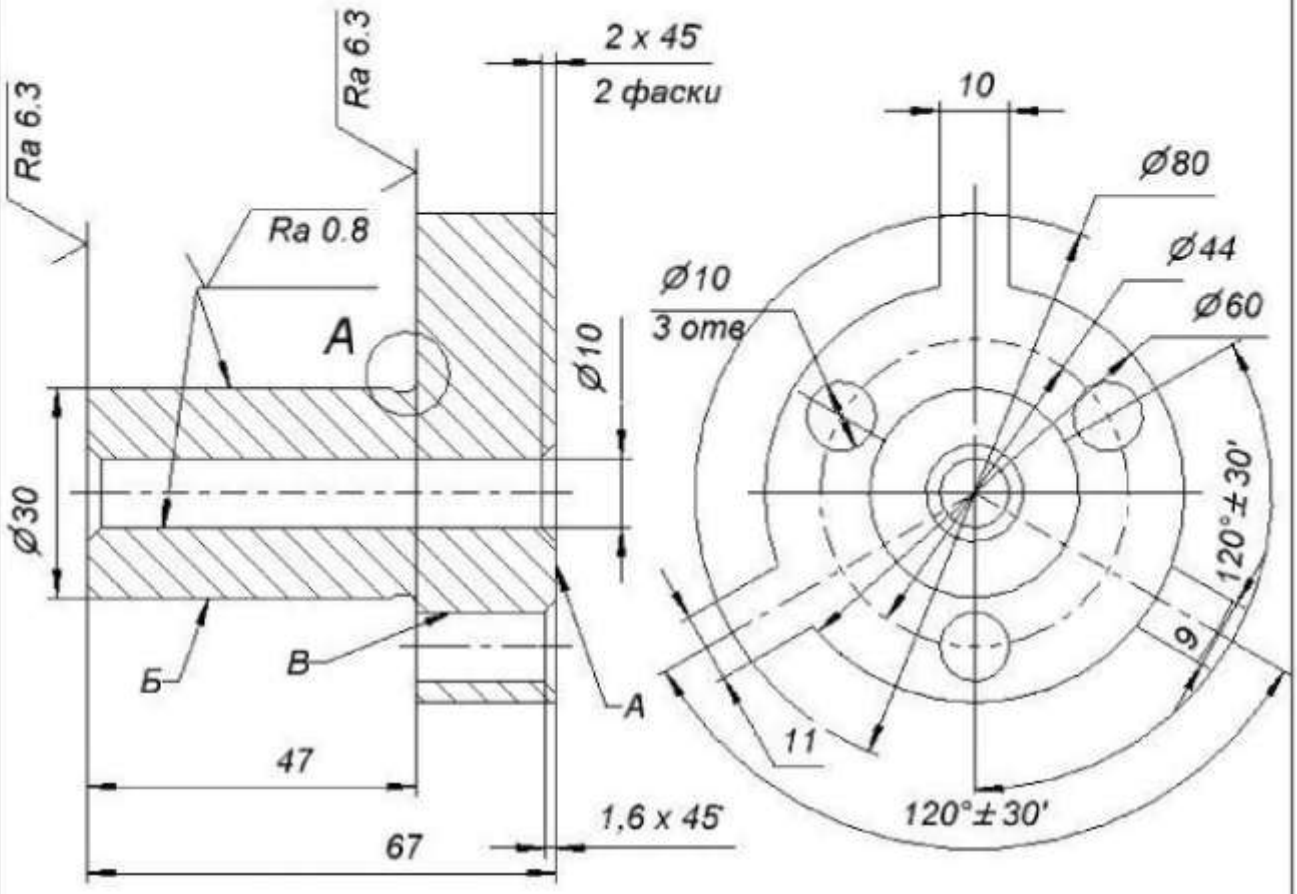
Материал: Сталь 45

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

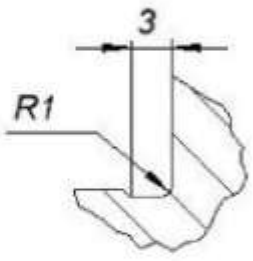
43

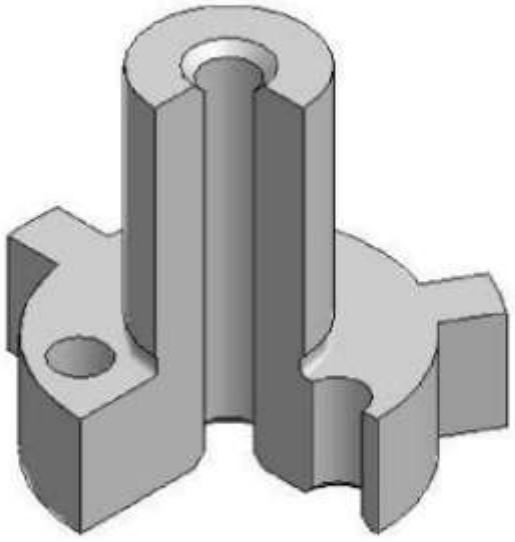
# Поршень

√Ra12.5(√)




A ( 2 : 1 )



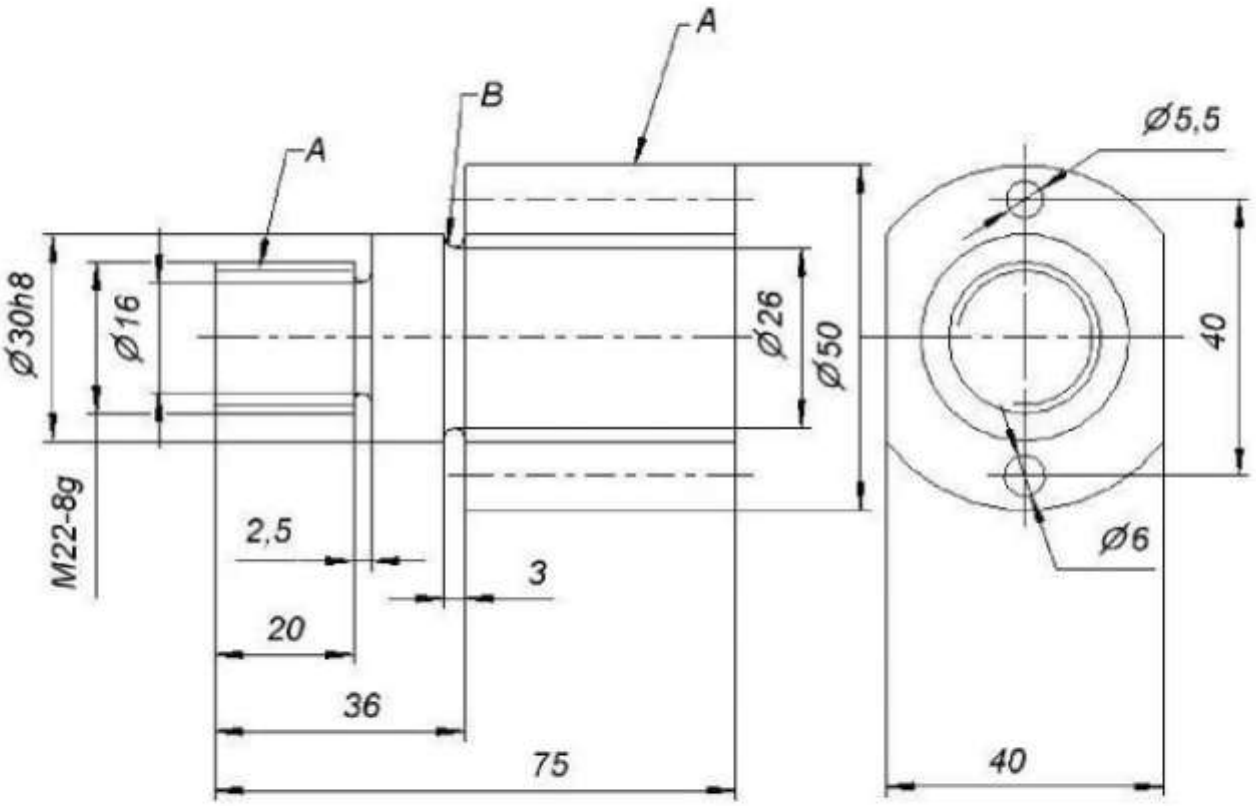
Материал: Сталь 30ХГСА

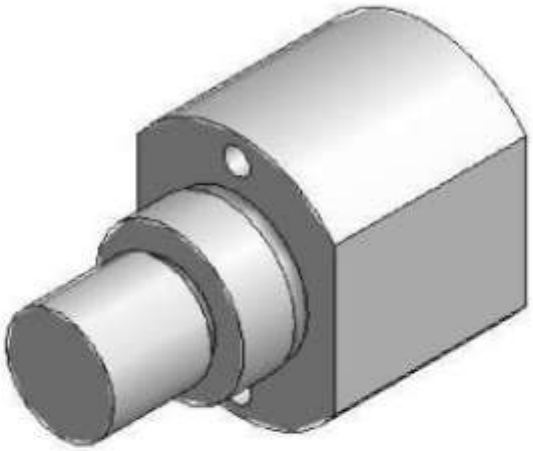
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

44

# Заглушка

√Ra12.5(√)



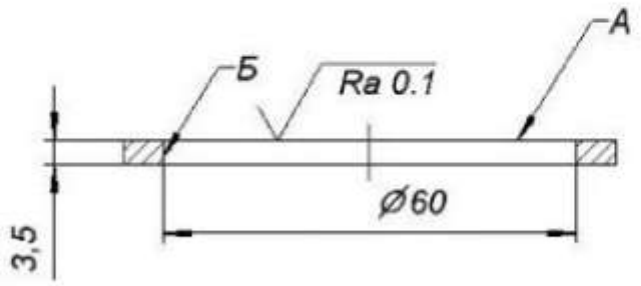
Материал: Сталь 45

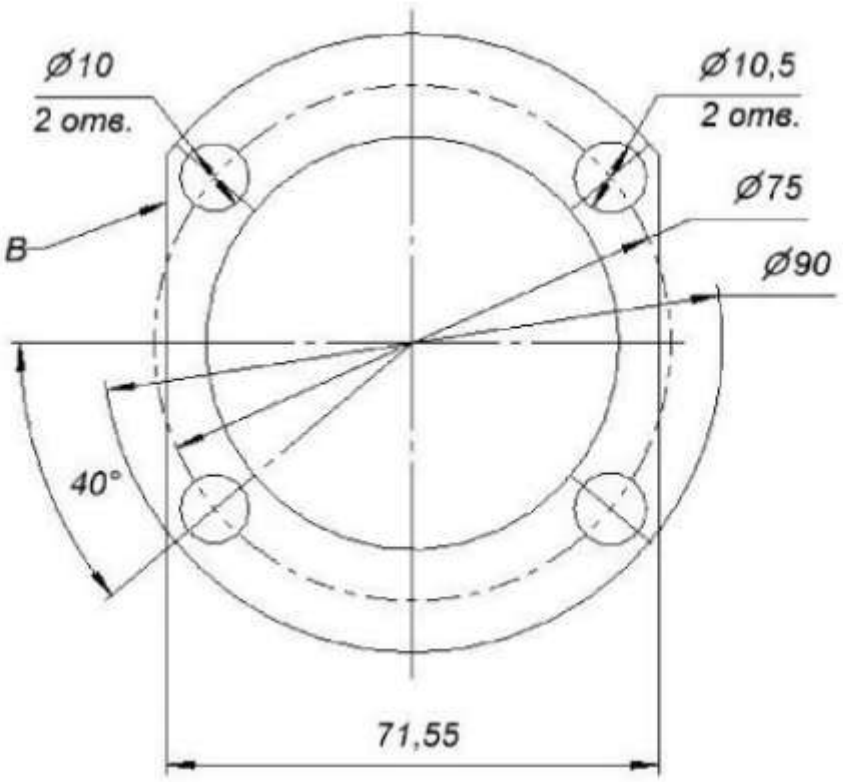
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

45

# Кольцо

√Ra12.5(√)





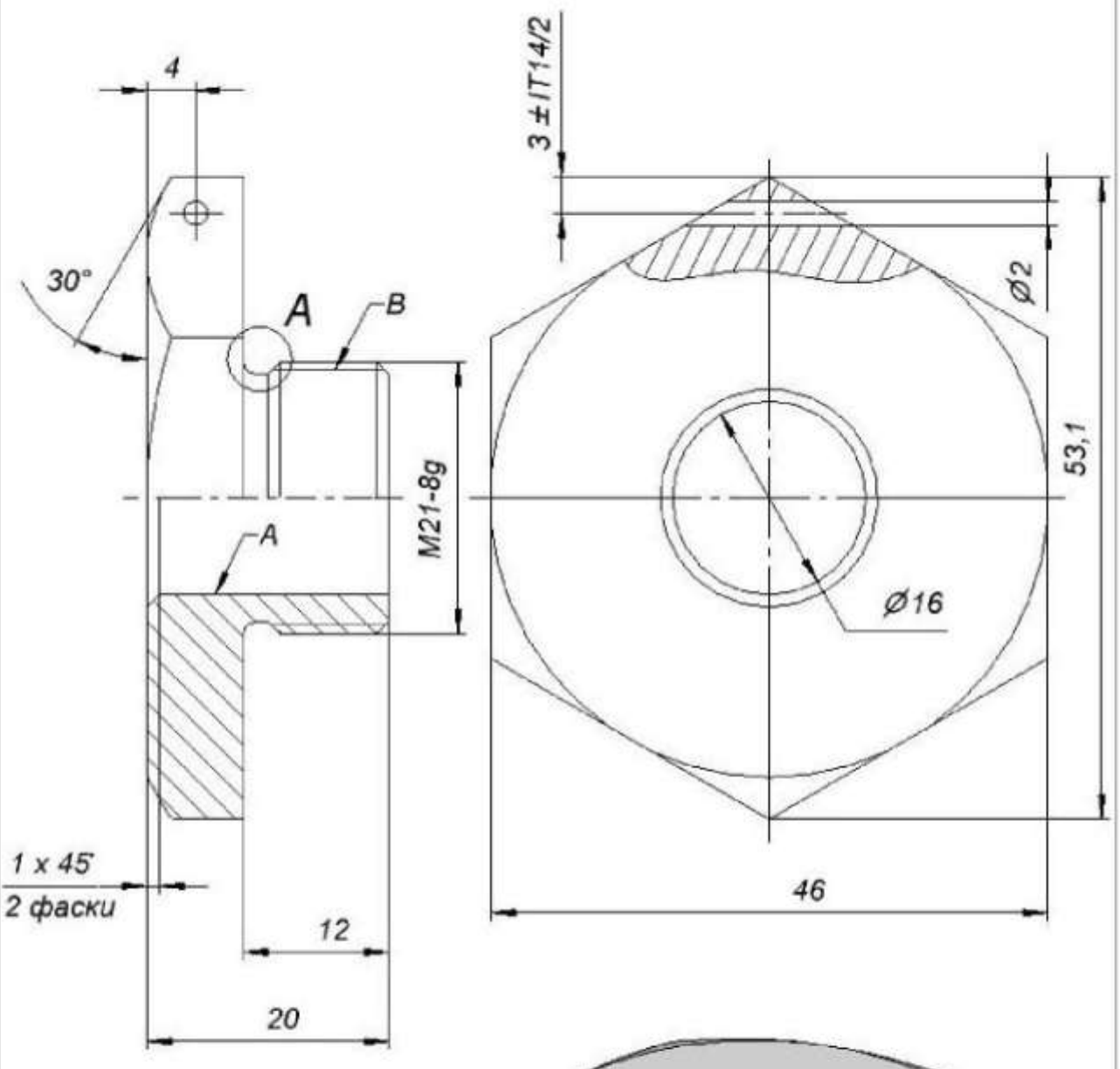

Материал: Сталь 10

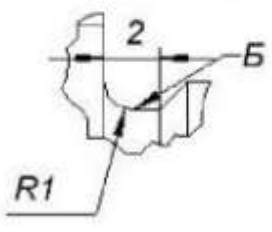
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

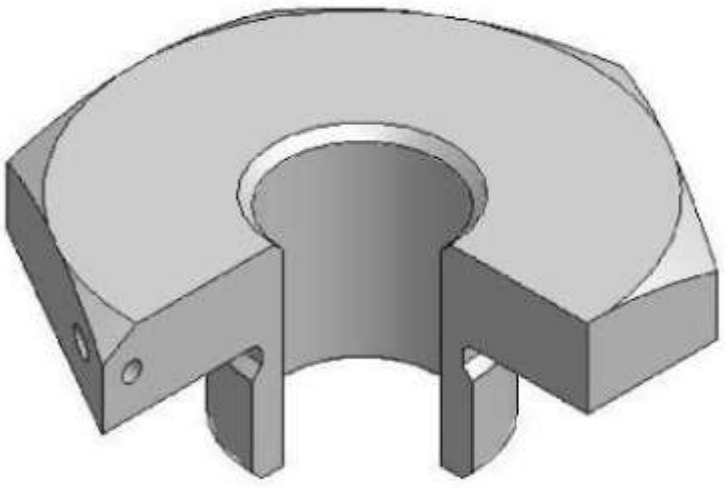
46

# Штуцер

√Ra12.5(√)



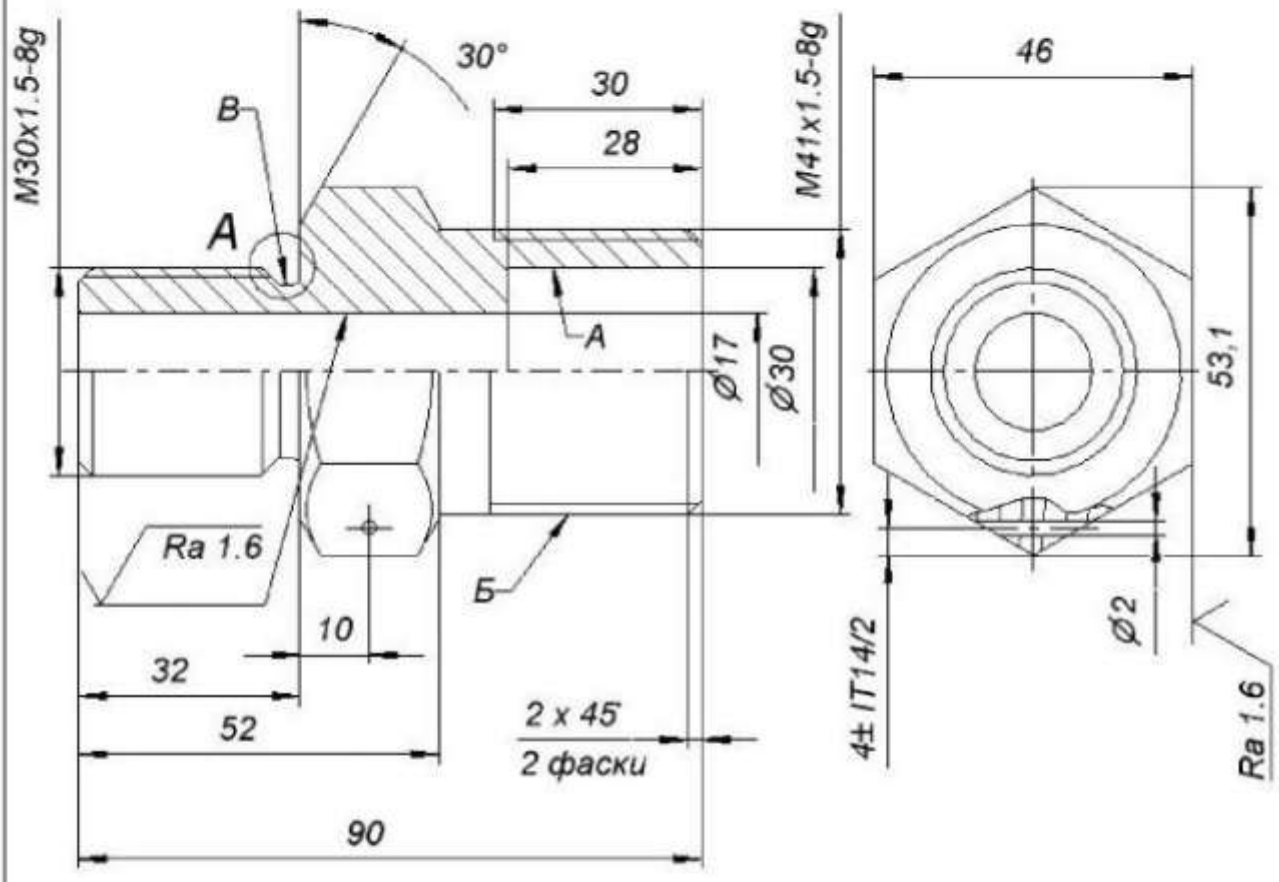
Материал: Д16Т

Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

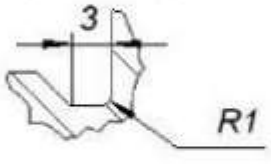
47

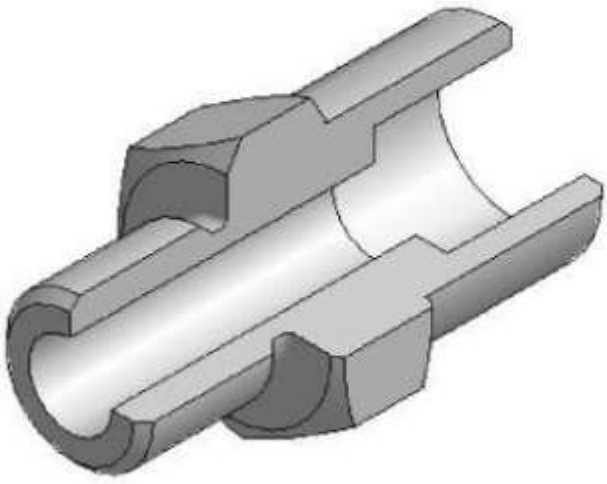
# Штуцер

√Ra12.5(✓)




A ( 2 : 1 )



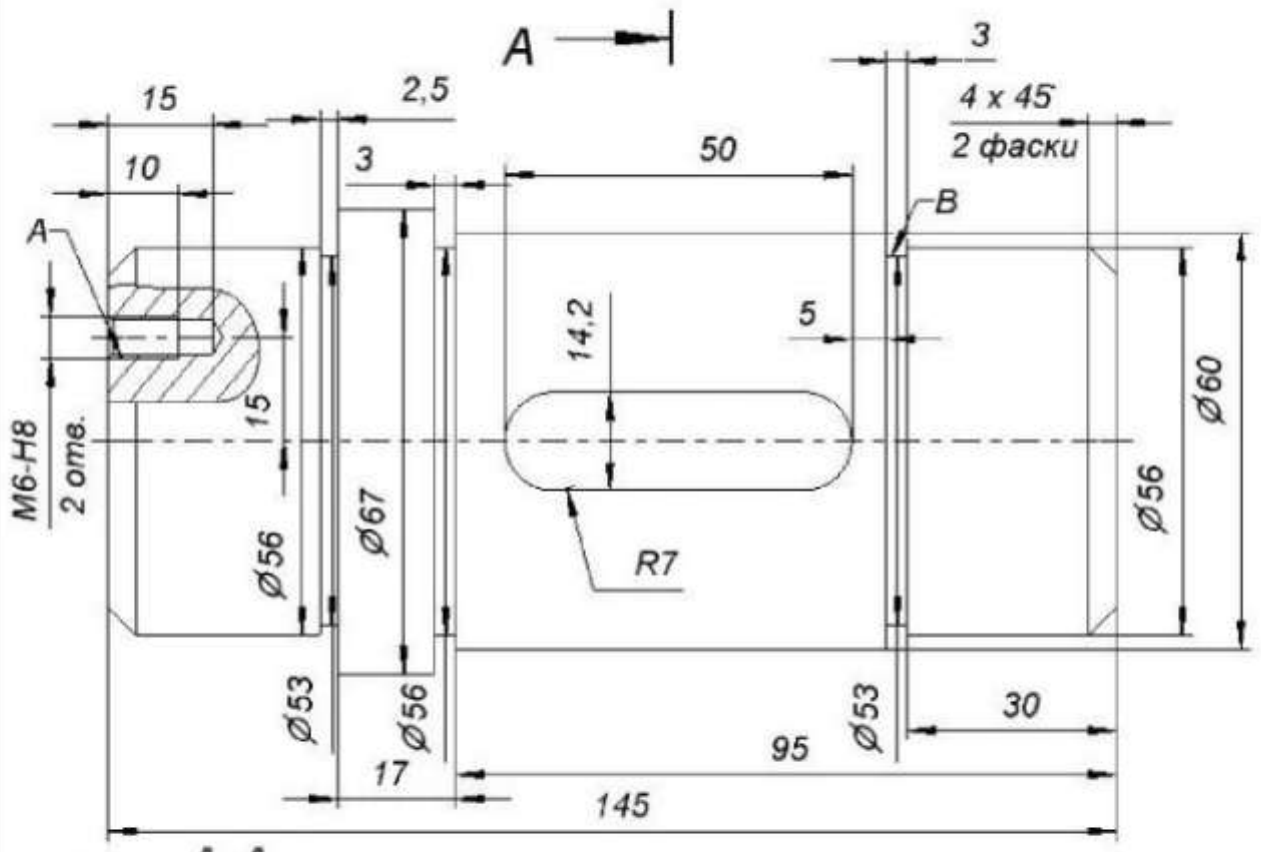
Материал: Сталь 45

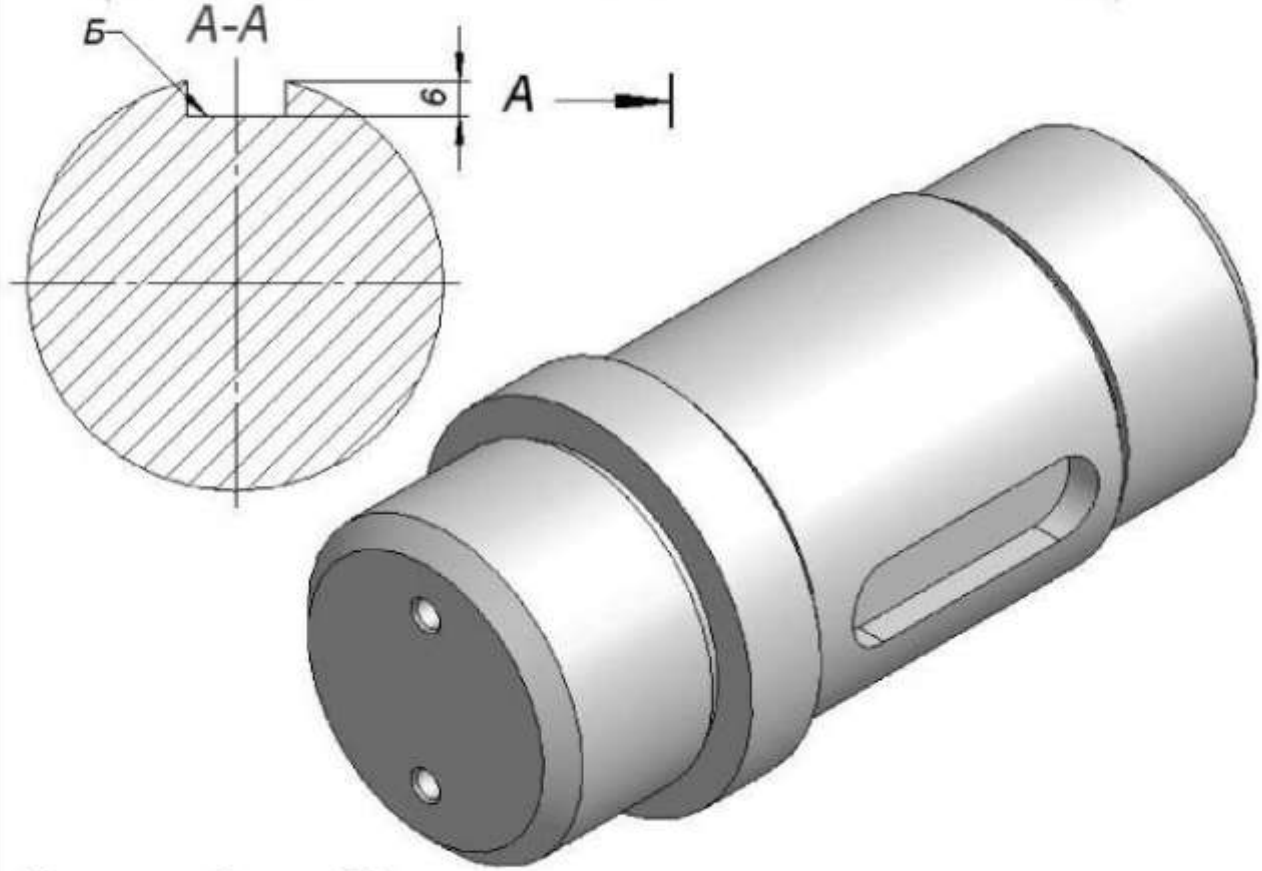
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

48

# Вал

√Ra6.3(√)



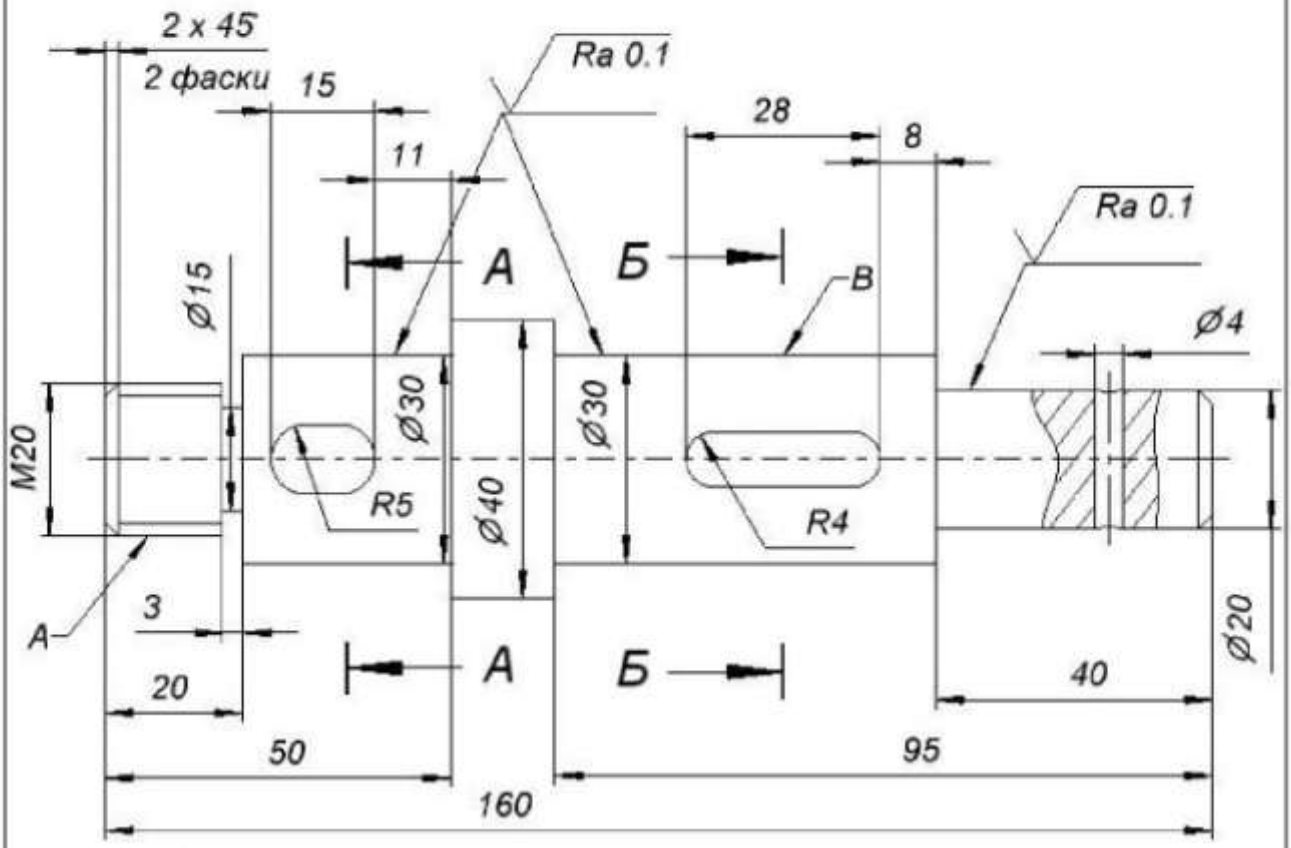

Материал: Сталь 40Х

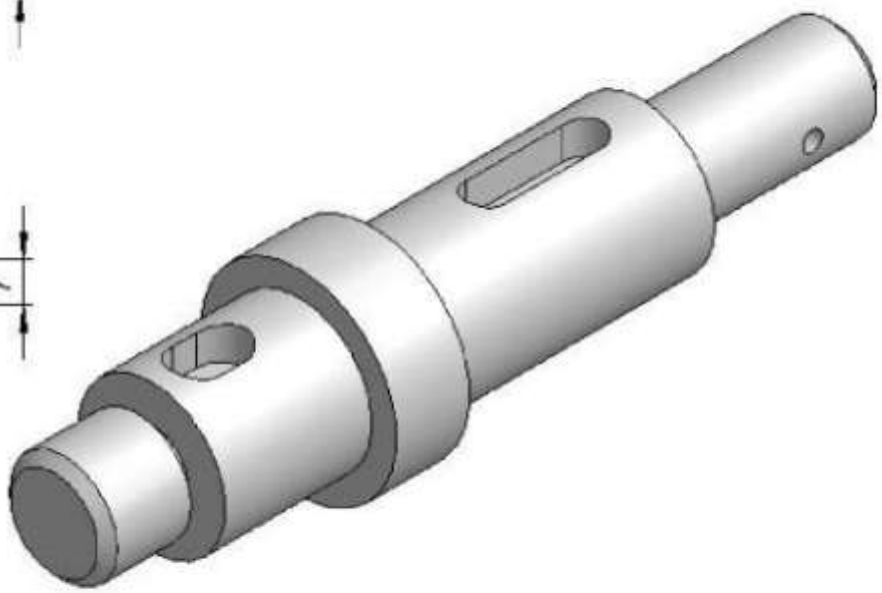
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

49

# Вал ротора

√Ra12.5(√)



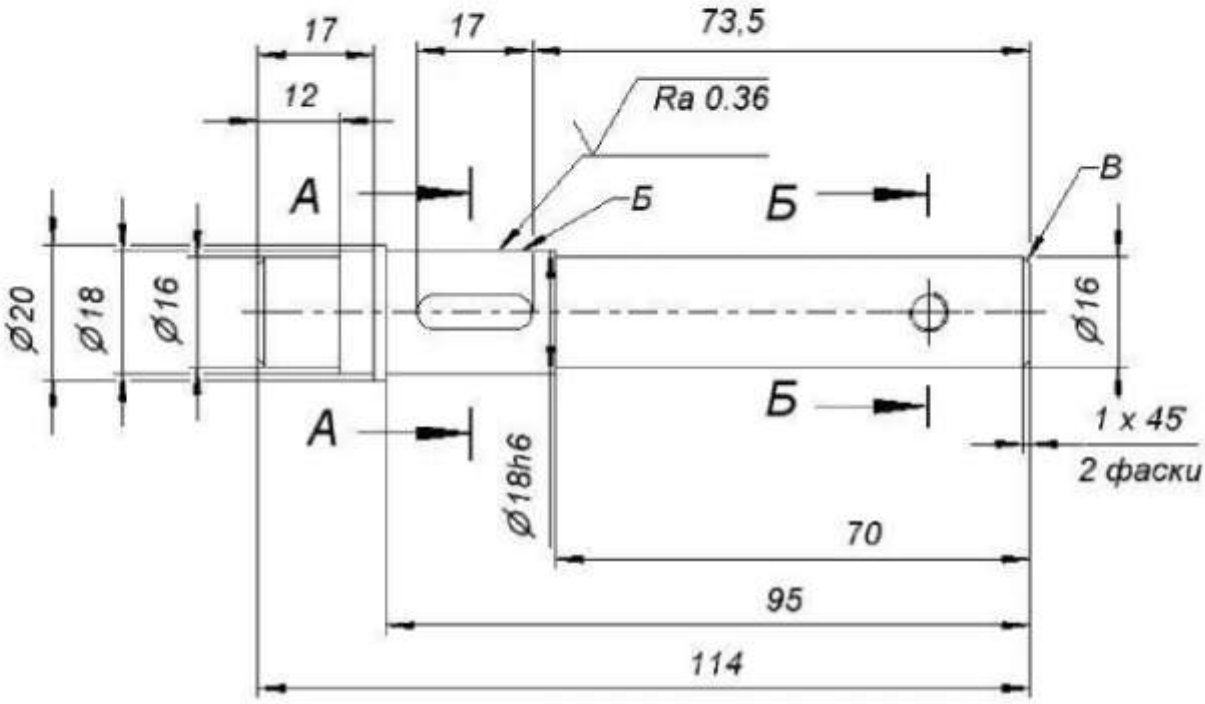
Материал: Сталь 45

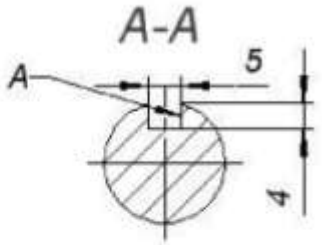
Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2

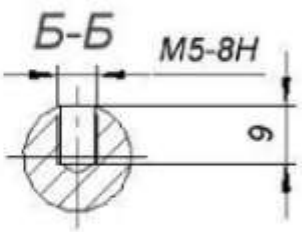
50

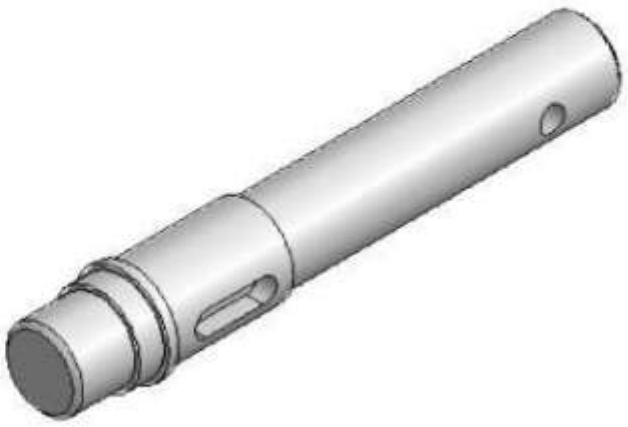
# Вал

$\sqrt{Ra12.5(\surd)}$



*Материал: Сталь 45*

*Общие допуски по ГОСТ 30893.1: H12, h12, ± IT12/2*

Уральский горный университет
Курс «Технология конструкционных материалов»
Самостоятельная работа №1

**Определение режима резания при точении**

Вариант № _____ Студент_____ Группа_____

| Вид точения | заготовка | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Материал, МПа | Состояние обрабатываемой поверхности | *D* | *d* | $L_1$ | *L* | *h* | *Ra, Rz* |
| | | | | | | | | |

**Схема обработки**
(заготовка, инструмент, главные движения)

**Станок:_____**

**Основные параметры:**

Наиб. диаметр обрабатываемой заготовки:
над станиной_____мм
над суппортом_____мм
наиб. длина обрабатываемого изделия _____мм
Высота резца, устанавливаемого в резцедержателе _____мм
Мощность двигателя_____кВт

**Эскиз инструмента**

**Резец**

Название_____
Материал режущей части_____
Основные углы:
**γ =** **α =** **φ =** $\varphi_1$ =
***r* =** ***h*** × ***b*** × ***l*** =_____

**Режим резания**

1. **Глубина резания** ***t* =**
   количество ходов ***i* =**
2. **Подача *S*** (мм/об)
   черновое точение ***S*** = (мм/об) по таблице
   чистовое точение ***S*** = (мм/об) по таблице

$S_{факт}$ = (мм/об) по паспортным данным станка

3. **Скорость резания V** (м/мин) расчетная

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi_1 v} =$$

где $K_v = K_{мv} \cdot K_{п\,v} \cdot K_{мv} \ldots\ldots\ldots\ldots =$
$C_v =$ , $T =$ , $m =$ , $x =$ , $y =$ ,
$K_{мv} =$ , $K_{пv} =$ , $K_{иv} =$ , $K =$ , $K =$ ,

$V =$

4. **Частота вращения шпинделя** - расчетная: $n = 1000V/\pi D =$ (об/мин)
- фактическая: $n_ф =$ (по паспортным данным)

5. **Скорость резания** (фактическая) $V_ф =$ (м/мин)

6. **Проверка режима резания:**

1.Сила резания $P_z = 10\, C_p\, t^x\, S^y\, V_ф^{\,n}\, K_{\varphi p}\, K_{\gamma p}\, K_{мp}$

$C_p =$ , $x =$ , $y =$ , $n =$ , $K_{\varphi p} =$ , $K_{\gamma p} =$ , $K_{мp} =$

7. Мощность, затрачиваемая на резание $N_р$ (кВт)

8.**Основное технологическое время** $T_0$

**Режим резания**

| $L$ | $t$ | $i$ | $S$ | $n_ф$ | $V_ф$ | $P_z$ | $N_р$ | $T_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

Уральский горный университет
Курс «Технология конструкционных материалов»
Самостоятельная работа №2

**Выбор режущего инструмента**

Вариант № _____ Студент_____ Группа_____

| заготовка | | Требуемая шероховатость |
|---|---|---|
| Материал | Состояние поверхности | |
| | | |

**Эскиз детали** (поверхность)

**Инструмент**

Эскиз инструмента с основными параметрами (размеры, углы, геометрия режущей части)

Название _____

Материал режущей части_____

Основные углы:

**γ =** **α =** **φ =**

***z* =** ***D* =**

## Станок

Название_____
Марка (расшифровать)_____
Основные параметры, определяющие выполнение задания
Рабочее пространство:_____
_____
_____
_____
Мощность_____кВт

## Схема обработки

## Режим резания

| ***B*** | ***D*** | ***L*** | ***t*** / ***i*** | ***S*** | ***n*** | ***V*** | $T_O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

Уральский горный университет
Курс «Технология конструкционных материалов»
Самостоятельная работа №3

**Выбор шлифовального круга и режима резания**

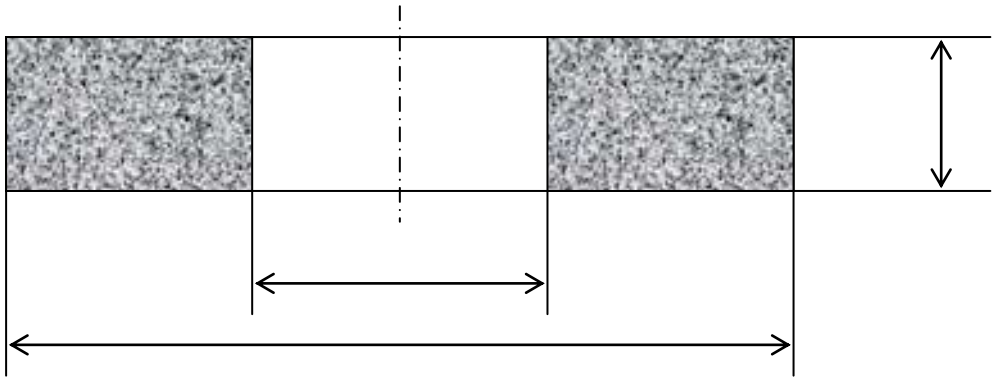
Вариант № _____ Студент_____ Группа_____

| **Деталь** | $d_з$ | $l$ | $l_1$ | $B$ | ***Ra,*** **(**шероховатость**)** | ***H*** **(**припуск**)** | Материал заготовки | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

**Схема обработки** (заготовка, инструмент**,** главные движения)

**Станок:_____**
Модель_____
Рекомендуемые размеры обрабатываемой детали:
Длина_____
Ширина_____
Диаметр_____
Наибольшие размеры круга:
Наружный диаметр_____мм
Высота_____мм

**Эскиз круга (с отклонениями)**



**Примерная характеристика круга_____**

| Условное обозначение параметра | Расшифровка условного обозначения и определение |
|---|---|
| | Тип круга_____<br>Применение_____ |
| | Размеры круга: диаметр_____мм, высота_____мм, отверстие_____мм. |
| | Марка абразивного материала_____<br>Область применения_____<br>Микротвердость_____.Теплоустойчивость_____<br>Получение_____ |
| | Зернистость. Размер зерен основной фракции_____<br>_____-индекс обозначения содержания зерна основной фракции _____ % |
| | Твердость круга_____<br>Определение_____ |
| | Структура круга (номер)_____.Содержание зерна_____% |
| | Марка связки_____<br>Состав_____<br>Предназначение_____ |
| | Окружная скорость круга_____м/с |
| | Класс неуравновешенности_____<br>Определение_____ |

**Полная характеристика круга:**

_____

**Режим резания**

| ***t*** | | ***S*** | | | ***V*** | ***i*** | $T_o$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

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

**Хазин М. Л.,Глинникова Т. П., Волегов С. А.**

# Технология конструкционных материалов

## Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе по темам «Обработка металлов давлением», «Сварка», «Обработка металлов резанием» для студентов направления бакалавриата: 15.03.01- «Машиностроение», 15.03.02 - «Технологические машины и оборудование» (ТМО) и среднего профессионального образования 15.02.01 -«Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)» *очного и заочного обучения*

**Екатеринбург**
**2016**

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

ОДОБРЕНО
методической комиссией
горно-механического факультета
«___» _____ 2016 г.
Председатель комиссии
_____проф. Барановский В. П.

Хазин М. Л., Глинникова Т.П., Волегов С.А.

# Технология конструкционных материалов

Учебно-методическоепособие по практической и самостоятельной работе по темам
«Обработка металлов давлением», «Сварка»,
Обработка металлов резанием»
для студентов направления бакалавриата:
150700 - «Машиностроение»,
151000 - «Технологические машиныи оборудование» (ТМО) и среднего профессионального образования
151031 - «Монтаж техническая эксплуатация промышленного оборудования(по отраслям)»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2016

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

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 18 ноября 2016 г. (протокол № 3) и рекомендовано для издания в УГГУ.

**Хазин М. Л., Глинникова Т. П., Волегов С. А.**

Технология конструкционных материалов: Учебно-методическое пособие по практической и самостоятельной работе по темам «Обработка металлов давлением», «Сварка», «Обработка металлов резанием», «Литье», «Металлургическое производство» для студентов направления бакалавриата: 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 / М. Л.Хазин, Т. П. Глинникова, С. А. Волегов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. 80 с.

Учебно-методическое пособие составлено для проведения практических и самостоятельных работ по дисциплине "Технология конструкционных материалов" В пособии изложены краткие теоретические сведения о получении металлов и методах их обработки давлением, сваркой, резанием,литьем. Приведены задания по каждой теме в соответствии с рабочей программой дисциплины «Технология конструкционных материалов», перечень основной и дополнительной литературы. В приложении приводятся справочные таблицы, необходимые для решения задач.

©Хазин М. Л., Глинникова Т. П., Волегов С. А.,
© Уральский государственный горный университет

# Оглавление

1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ ..... 5
19. Опишите технологию производства гнутых профилей. ..... 9
1.3. Волочение ..... 9
1.4. Ковка ..... 12
2. СВАРКА ..... 17
2.1. Ручная сварка покрытыми электродами ..... 21
3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ ..... 31
4. Литье
5. Получение металлов

# 1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

## 1.1. Общая характеристика способа

Обработка металлов давлением - один из прогрессивных способов получения заготовок и деталей сложной конфигурации. При этом методе повышается коэффициент использования металла, уменьшаются отходы, улучшаются свойства металла, 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.

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**.

Характер пластической деформации зависит от соотношения процессов упрочнения иразупрочнения. Принято 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.

Основными схемами деформирования объемной заготовки, применяемые в промышленности 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.

## 1.2. Методические указания

Изучая обработку металлов давлением, следует обратить внимание на различие между упругой и пластической видами деформации.

Основным видом обработки материалов давлением является прокатка.Рассматривая процесс прокатки, следует изучить схему и сущность процесса: как происходить захват металла валками и какие видыдеформации различают при прокатке. При изучении технологии

изготовления отдельных видов проката надо обратить внимание на последовательность операций выполняемых отдельными машинами и механизмами.

Необходимо усвоить понятия горячей и холодной обработки давлением, явления, которыми они охарактеризуются: наклеп и рекристаллизация.Для обеспечения равномерного прогрева заготовки по высоте и сечению нужно правильно выбрать режим нагрева.

Путем прессования,в отличие от проката, когда используются пластичные материалы, при деформации сплавов пониженной пластичности, можно получать сложные по форме и точные по размеру профили.При изучении прессования необходимо запомнить, что этот способ применяют для обработки давлением труднодеформируемых сталей и сплавов цветных металлов.

Прессование производят на прессах. Изготовление изделий малых сечений методами проката и прессования обычно энергетически нецелесообразно.

Для производства проволоки, прутков, фасонных профилей и труб малого сечения более рационально использовать процесс ***волочения*** материалов. Необходимо понять сущность процесса волочения при получении прутков, фасонных профилей и труб, а также изучить устройство инструмента (волоки) и оборудования (волочильные станы). Технологические операции волочения проводят после предварительной подготовки металлических заготовок: применяют различные виды смазки в зависимости от обрабатываемого металла и его назначения. Волочение проводят обычно в холодном состоянии, что приводит к появлению в металле наклепа. Для снятия наклепа на некоторых этапах волочения применяют промежуточныйили так называемый межоперационный отжиг.

Крупные изделия сложной формы изготавливают методом ковки. Рассматривая технологию свободной ковки, обратите внимание на необходимость учета припусков, допусков и напусков, их размеров и назначения изделий.

При знакомстве с горячей и холодной объемной штамповкой изучите два способа: в открытых и закрытых штампах. Затем следует рассмотреть устройство и принцип работы штамповочных молотов и прессов.

При рассмотрении технологии листовой штамповки следует различать штампы простого, последовательного и совмещенного действия, механизмы подачи и перемещения листового материала, уда-

ления изделий и отходов.Обратите внимание на новые и специальные методы листовой штамповки, их преимущества и недостатки, перспективы развития.

## Вопросы для самопроверки:

1. На чем основана обработка металлов давлением? Опишите сущность обработки металлов давлением.
2. В чем заключается преимущество обработки металлов давлением посравнению с обработкой резанием?
3. Как влияет обработка давлением на структуру и свойства металла?
4. Как изменяется микроструктура металла после обработки давлением? Какие нагревательные устройства применяются перед обработкой металла давлением? Опишите их устройство и назначение.
5. Объясните сущность процесса прокатки. Рассмотрите основные виды прокатки.
6. Опишите технологию производства сортовых профилей.
7. Опишите технологию производства листового проката.
8. Опишите технологию производства бесшовных труб.
9. Опишите технологию производства сварных труб.
10. Опишите технологию производства специальных видов проката.
11. Опишите основные операции ковки и применяемый инструмент. Приведите эскизы.
12. Какое оборудование применяется для ковки? Рассмотрите последовательность операций процесса ковки. Опишите их содержание и назначение.
13. В чем заключается сущность процесса горячей объемной штамповки? Приведите схемы штамповки в открытых и закрытых штампах.
14. Какое применяется оборудование для горячей объемной штамповки?
15. Дайте описание технологии холодной штамповки. Ответ иллюстрируйте схемами выдавливания.
16. Рассмотрите технологический процесс прессования (выдавливания) труб.

17. Что такое волочение? Сущность процесса волочения проволоки, применяемое оборудование и порядок выполнения технологических операций.

18. Дайте описание технологического процесса волочения труб, применяемого при этом оборудования и инструментов.

19. Опишите технологию производства гнутых профилей.

## Работа №1. Волочение

### Краткие теоретические сведения

**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 инструмента определяет форму получаемого профиля изделия.

Схемы волочения прутка и трубы и примеры профилей представлены на рис. 1.1. Волочение труб можно производить без оправки и на оправке, если требуется уменьшить наружный диаметр и толщину стенки.

В связи с тем, что величина деформации за один проход ограничена,товеличина вытяжкинедолжна превышать 1,05 ... 1,5.

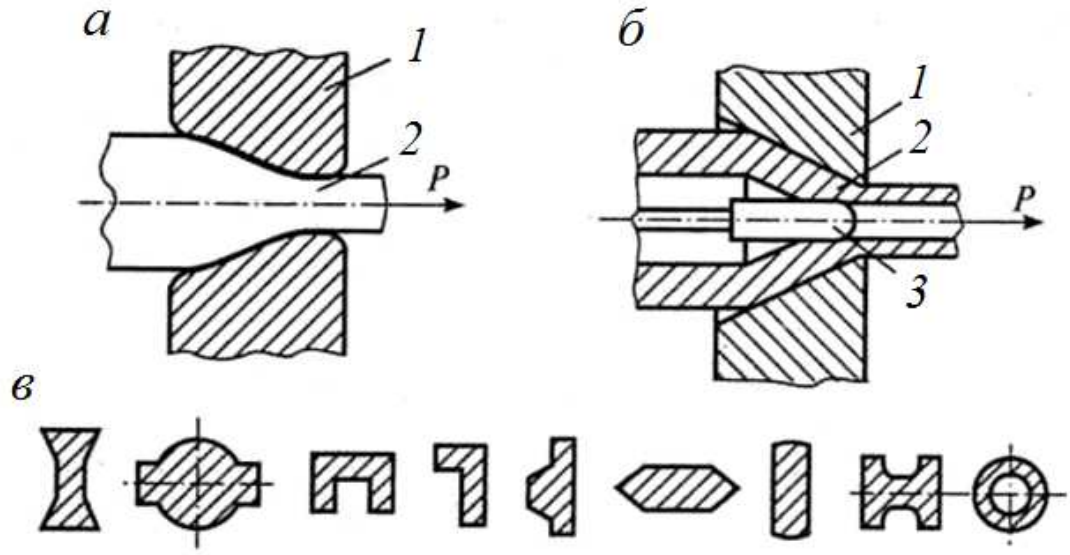



Рис. 1.2. Схемы волочения прутка (*а*), трубы (*б*) и примеры профилей, получаемых волочением (*в*):
*1* – фильера; *2* – заготовка; *3* – оправка

Если суммарная деформация металла превышает предельную пластичность (сужение) металла, то необходимо проведение промежуточногорекристаллизационного отжига заготовки перед следующим волочением для устранения пластической деформации и восстановления пластичности металла заготовки. При необходимости отжиг проводится несколько раз.

Истинная деформация, в отличие от относительной деформации, отражает смысл процесса деформирования. При больших деформациях (> 60 %) значения истинной и условной деформаций существенно различаются (истинное удлинение меньше относительного).

Относительное сужение

$$\psi = \frac{S_0 - S_к}{S_к}.$$

Истинное сужение заготовки

$$\varphi = \ln \frac{S_0}{S_к}.$$

Истинная и относительнаядеформация металла заготовкисвязаны между собой соотношением

$$e = \ln\left(\frac{1}{1 - \psi}\right).$$

Общая вытяжка заготовки за весь цикл обработки составляет

$$\mu_{общ} = \left(\frac{d_0}{d_к}\right)^2.$$

Общее истинное сужение заготовки

$$\Psi_{общ} = \psi_1 + \psi_2 + \ldots + \psi_i + \ldots + \psi_n = \sum_{i=0}^{n} \psi_i.$$

Диаметр проволоки после одного прохода

$$d_{п1} = d_0 z = d_0 \sqrt{\frac{1}{\mu_1}}$$

Количество проходов для достиженияпредельной величины истинной деформации

$$n = \frac{\ln \frac{d_к}{d_0}}{\ln z}.$$

где $d_0$; $d_к$ –начальный и конечный диаметр прутка,мм;

$\varphi$ – относительная деформация (сужение) заготовки;

$n$ – число проходов;

$\psi_i$ – относительное сужение металла заготовки за $i$-проход;
$\mu_i$ – вытяжка заготовки за $i$-проход;
$S_0$ и $S_к$– начальная и конечная площадь основания заготовки, мм$^2$.

## Задача № 1

Определить количество проходов $n$ заготовки, необходимых для получения волочением прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка за проход для материала заготовки составляет $\mu_i$. Определить вытяжку за последний проход, чтобы выдержать заданный диаметр готового изделия $d_к$.

**Варианты исходных данных к задаче № 1**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 2

Обосновать необходимость промежуточного отжига заготовки при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Определить расчетом, после какого прохода необходим рекристаллизационный отжиг, если предельная пластичность (сужение) металла составляет$\psi$ (%), а допустимая вытяжка металла за проход - $\mu_i$. Определить также количество отжигов за полный цикл обработки.

**Варианты исходных данных к задаче №2**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 3

Определить необходимое число проходов $n$ и диаметр $d_{in}$ (мм) волоки на отдельных проходах при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка металла заготовки за проход составляет $\mu_i$.

**Варианты исходных данных к задаче №3**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

## Работа №2. Ковка

### Краткие теоретические сведения

**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 и машинную, осуществляемую с помощью молотов и прессов.

К основным операциям машинной ковки относятся осадка, протяжка, прошивка, гибка, сварка, скручивание, отрубка и раскатка (рис. 1.3).

**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.

Относительная деформации в направлении осадки

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_1},$$

где $h_0$ – высота образца до осадки;$h_1$ – высота образца после осадки.

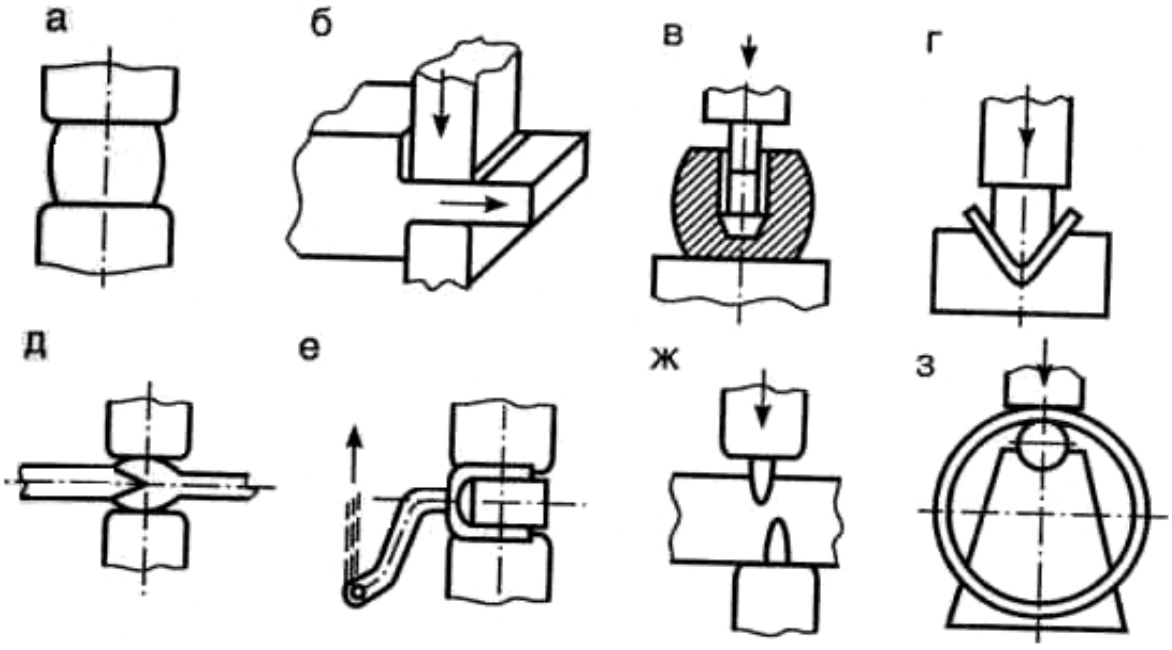



Рис. 1.3. Схема основных операций машинной ковки:
*а* – осадка; *б* – протяжка; *в* – прошивка; *г* – гибка; *д* – сварка;
*е* – скручивание; *ж* – отрубка; *з* – раскатка

Удельное усилие при осадке заготовок цилиндрической формы может быть определено по формуле

$$P = \sigma_т \left(1 + \frac{f \cdot d_1}{4h_1}\right),$$

где $\sigma_т$– предел текучести металла при температуре деформации;$f$– коэффициент трения между заготовкой и инструментом (0,3-0,5);$h_1$ – высотазаготовки после осадки; $d_1$–диаметр заготовки после осадки.

Сила деформирования при осадке

$$P_д = P \cdot W \cdot \psi_м \cdot S, \text{ (Н)},$$

где $W$ – скоростной коэффициент при осадке ($W$ = 1 при осадке прессом, $S$– площадь заготовки при осадке; $W$ = 2,5 при осадке молотом); $\psi_м$ – масштабный коэффициент (табл.1).

Работа деформации

$$A_д = W\psi_м PV\ln\frac{h_0}{h_1}, \text{ (Дж)},$$

где $V$ – объем заготовки, м$^3$.

Энергия одного удара молота

$$E = mgH\eta, \text{ (Дж)},$$

где $m$ –масса молота, кг;

$H$– высота падения молота, м;

$g$– ускорение свободного падения 9,8 м/с$^2$;

$\eta$ – коэффициент полезного действия, 0,85.

Средний диаметр осаженной поковки

$$d_1 = d_о\sqrt{(h_о / h_1)}, \text{мм}.$$

Число ударов молота

$$n = \frac{A_д}{E} .$$

Объем осаживаемой заготовки

$$V_0 = \frac{\pi d_0^2 h_0}{4} .$$

Поскольку объем заготовки не изменяется, то диаметр заготовки после осадки

$$d_1 = \sqrt{\frac{4V_0}{\pi h_1}} .$$

Таблица 1.1

**Масштабный коэффициент $\psi_м$ для определения усилия деформирования при обработке давлением**

| Масса поковки, кг | 0 - 1500 | 1500 - 60000 | 60000 - 80000 | 80000 -200000 |
|---|---|---|---|---|
| $\psi_м$ | 10 | 9 - 8 | 7 - 6 | 5 - 4 |

Таблица 1.2.

**Временное сопротивление разрыву (МПа) некоторых сталей при повышенных температурах**

| Марка стали | Температура испытаний, °С | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 700 | 800 | 1000 | 1100 | 1200 |
| 20 | 145 | 96 | 54 | 38 | 23 |
| 45 | 170 | 110 | 50 | 34 | 27 |
| 30ХГС | 175 | 85 | 37 | 21 | 10 |
| 40Х | 175 | 98 | 24 | 11 | 11 |

Примечание: для отожженной углеродистой стали отношение $\sigma_т/\sigma_в$ составляет примерно 0,5; а для отожженной легированной стали – 0,5-0,6.

Таблица 1.3

**Температурные интервалы ковки и штамповки конструкционных, углеродистых и легированных сталей**

| Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки в $^0$С | Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки, $^0$С |
|---|---|---|---|
| Ст.0 – Ст.3 | 1300 - 700 | 35Х, 38ХА, 40ХА | 1180 - 820 |
| Ст.4, Ст.5 | 1250 - 750 | 25Н, 30Н, 25НА, 30НА, 12Х18Н12Т | 1220 - 800 |
| Ст.6, Ст.7 | 1200 - 750 | 40ХГ, 40ХГА | 1180 - 800 |
| 10, 15 | 1300 - 750 | 12ХН2, 12ХН2А, 12ХН3 | 1180 - 800 |
| 20, 25, 30, 35 | 1250 - 750 | 30ХН3, 30ХН3А, 37ХН3А | 1160 - 850 |
| 40, 45, 50, 55 | 1200 - 750 | 37ХС, 40ХС, 40ХСА | 1150 - 830 |
| 15Г, 20Г, 30Г | 1230 - 800 | 27СГ, 35СГ | 1230 - 800 |
| 40Г, 50Г | 1200 - 800 | 70Г | 1180 – 780 |
| 40Г2, 45Г2, 50Г2 | 1180 - 830 | 15ХГ, 30ХГС | 1230 – 850 |

**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 |

## 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 | 30ХГС | 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 | 12Х18Н12 | 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 молота*m* и число ударов *n*, необходимых для осадки стальной заготовки с начальными размерами $d_0$ (мм), $h_0$ (мм) до высоты $h_1$ (мм). Расчет *m*выполнить для температуры окончания ковки, расчет *n* выполнить для средней температуры ковки при высоте падения молота $H$= 0,8 м.

**Варианты исходных данных к задаче № Д.2.2**

| № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ | № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 45 | 100 | 140 | 70 | 11 | 12Х18Н12 | 100 | 140 | 70 |
| 2 | 40Х | 120 | 300 | 80 | 12 | 30 | 120 | 300 | 80 |
| 3 | 20 | 150 | 350 | 100 | 13 | 30ХГС | 150 | 350 | 100 |
| 4 | 30ХГС | 100 | 150 | 80 | 14 | 30 | 100 | 150 | 80 |
| 5 | 45 | 120 | 250 | 70 | 15 | 40Х | 120 | 250 | 70 |
| 6 | 40Х | 130 | 200 | 100 | 16 | 20 | 130 | 200 | 100 |
| 7 | 20 | 110 | 210 | 80 | 17 | 12Х18Н12 | 110 | 210 | 80 |
| 8 | 30ХГС | 120 | 250 | 120 | 18 | 30 | 120 | 250 | 120 |
| 9 | 45 | 90 | 80 | 90 | 19 | 40Х | 130 | 180 | 90 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 40Х | 100 | 150 | 80 | 20 | 12Х18Н12 | 100 | 150 | 80 |

# 2. СВАРКА

## 2.1. Общая характеристика способа

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*** – технологический процесс получения неразъемных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением.

Сварка плавлением обычно возможна только в тех случаях, когдасвариваемые металлы образуют при расплавлении единую сварочную ванну, т.е. растворяются друг в друге в жидком состоянии. Поэтому она применяется длясварки однородных металлов.

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.

При дуговой сварке 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*).

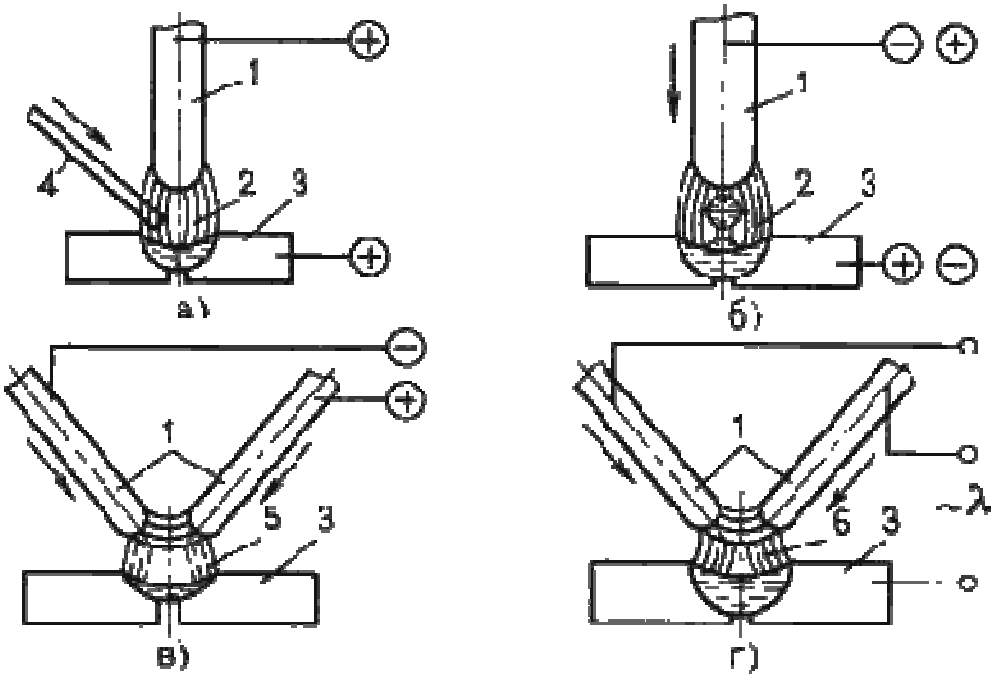



Рис. 2.1. Схемы дуговой сварки

Разновидности дуговой сварки различают по способу защиты дуги и расплавленного металла и степени механизации процесса.

Ручную дуговую сварку (РДС)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 корот-

ких 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-ГОСТ2246-70 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 (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150) (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;Э42А –тип электрода (Э – электрод для дуговой сварки;42 – минимальный гарантированный предел прочности металла шва в кгс/мм$^2$; А – гарантируется получе-

ние 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).

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.Дефекты швов являются следствием неправильного выбора или нарушения режима сварки.Виды внешних и внутренних дефектов сварных швов устанавливают методами дефектоскопии.

## 2.2. Методические указания

Следует ознакомиться с классификацией способов сварки, их краткой характеристикой и особенностями применения в машиностроении, отметив преимущества сварки по сравнению с другими способами изготовления и ремонта деталей.

Обратить внимание на виды дефектов сварки и пайки,причины их возникновения и методы предупреждения.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Опишите физические основы получения сварного соединения.
2. Приведите классификацию методов сварки. Опишите их преимущества и недостатки.
3. Что называется свариваемостью металлов?
4. Какие типы сварных соединений Вы знаете?
5. Изложите различные способы электродуговой сварки.
6. Какие виды автоматизированных процессов сварки Вы знаете?
7. В чем сущность способа автоматической сварки? Начертите ее технологическую схему.
8. Опишите процесс электрошлаковой сварки.
9. Опишите принципиальную схему аргоно-дуговой сварки и ее преимущества перед другими способами сварки в среде защитных газов.

10. В чем состоит сущность газовой сварки?

11. Изложите сущность электродуговой резки металлов. Какое при этом применяется оборудование и каковы принципы его работы?

12. Расскажите о газовой резке металлов и областях ее применения.

13. Приведите примеры контроля качества сварных швов.

14. Опишите технологию контактной роликовой сварки стальных листов.

15. Опишите технологию дуговой сварки под слоем флюса труб большого диаметра изстали 18ХГТ в условиях серийного производства.

16. Начертите схему контактной роликовой (шовной) сварки. Опишите, в чем состоят еедостоинства и недостатки.

17. Изобразите схему контактной точечной сварки. Опишите области ее применения.

18. В чем заключаются физические основы холодной сварки и сварки трением. Области ихприменения.

19. Изложите способы сварки ультразвуком и взрывом, диффузионной сварки в вакууме, газопрессовой сварки.

20. Расскажите о структурных превращениях стали в зоне термического влияния.

21. Каковы особенности сварки и контроля углеродистых и низколегированных сталей?

22. Каковы особенности сварки чугунных отливок?

23. Расскажите о способах сварки Cu, Al и их сплавов.

24. Опишите технологию сварки емкостей из стали 14Х17Т толщиной 8 мм. В чем состоитособенность сварки высокохромистых сталей?

25. Какие физические явления сопутствуют пайке металлов? Какие применяются припои икаков их состав?

26. В чем состоят различия в технологии пайки мягкими и твердыми припоями?

27. Приведите примеры дефектов сварных швов и способы их контроля.

28. Опишите методы устранения дефектов сварки и пайки.

## 2.1. Ручная сварка покрытыми электродами

### Краткиетеоретическиесведения

Основной задачей при проведении процесса сварки является разработка режима сварки. Режим дуговой сварки – совокупность факторов, обеспечивающих получение сварочного шва хорошего качества и заданных размеров. К таким факторам относятся род и полярность**сварочного**тока, его величина, тип и марка электрода, его диаметр, напряжение на дуге, положение шва в пространстве, скорость**сварки**.

Род**сварочного**тока – постоянный или переменный – и его полярность зависит от марки и толщинысвариваемогометалла.Эти данные,а также типы и марки электродовприводятся в справочных таблицах.

Диаметр электрода в зависимости от толщинысвариваемыхдеталей можно выбрать по табл. 4.

Присваркемногослойных швов первый шов сваривают электродом диаметром не более 4 мм, а при диаметре электрода большем этого может быть непровар корня шва.

Диаметр электрода присваркевертикальных швов не более 5 мм, потолочных – не более 4 мм независимо от толщинысвариваемогометалла. Привыборедиаметра электрода длясваркиугловых и тавровых соединений принимается во внимание катет шва. Диаметр электрода при катете шва – 3...5-3...4 мм, при катете 6...8-4...5 мм.

Величинасварочноготока в зависимости от диаметра электрода печатается на упаковке электродов.

Длясваркив нижнем положении величинусварочноготока можно определить по формуле:

$$I_{св} = (40...60)\, d,$$

где $I_{св}$ – величина**сварочного**тока, А; 40...60 – коэффициент, зависящий от типа и диаметра электрода; $d$ – диаметр электрода, мм.

При сварке конструкционных сталей:

- для электродов диаметром 3...6 мм величина**сварочного**тока:$\boldsymbol{I_{св} = (20 + 6d)\, d}$**;**
- для электродов диаметром менее 3 мм:$\boldsymbol{I_{св} = 30d}$.

Величина**сварочного**тока зависит как от диаметра электрода, так и от длины его рабочей части, состава покрытия, его положения в пространстве**сварки**.

Интервал изменения $I_{св}$ = 150 ... 400 А, напряжение $U$ = 16 ... 30 В.

Дляпластинстолщиной$h$<10ммсварнойшоввыполняетсяоднослойным,при$h$>10мм–многослойным,т.е.заполнениесварныхшвовбольшойтолщиныпроизводитсязанесколькопроходовэлектрода.Чтобыобеспечитькачествошванавсютолщинусвариваемыхизделий,производитсяразделкакромоксвариваемыхповерхностей.Присваркепластинтолщиной$h$менее6ммразделкакромокнепроизводится,при$h$>6ммвыполняетсяразделкаподугломв30°.

Ручнаясваркаприменяетсядлякоротких-
швов,криволинейных,любыхпространственных,втруднодоступныхме
стахпримонтажеисборкесложныхконструк-
ций.Токипроизводительностьнаплавкиограничены,таккакприбольшо
мтокестерженьэлектроданагреваетсяипокрытиеотслаивается.Плотнос
тьтоканаходитсявпределах10...20А/мм$^2$.

Учитываязаданнуюмаркусталиивременноесопротивлениеразрыв
а ста-
ли(табл.1),выберитетипэлектрода(табл.5).Еслисварноесоединениедол
жноработатьприударныхнагруз-
ках,выбирайтеэлектродсповышеннымипластическимисвойствами.

Однимизосновныхпараметровврежимаручнойдуговойсваркиявля
етсядиаметрэлектрода$d_э$(мм).Длястыковыхсоединенийдиаметрэлектр
одавыбираютвзависимостиоттолщинысвариваемыхкромок(табл.4).

Втабл.7представленынаиболеечастоприменяемыеэлектроды.

Каждомутипуэлектродасоответствуетнесколькомарок.Втабл.7ук
азаныдиаметрыикоэффициентынаплавкиэлектродов.Коэффициентнап
лавкиоцениваетмассуэлектродногометал-
ла,перешедшуювсварнойшоввтечениечасагорениядуги,отнесеннуюко
дномуамперусварочногото-
ка.Учитывая,чтопроизводительностьсваркипрямопропорциональнако
эффициентунаплав-
ки,атипэлектродаиегодиаметружевыбран,подберитемаркуэлектродаиз
табл.7.

Длинадуги$L_д$(мм)значительновлияетнакачествосварки.Короткая
дугагоритустойчивоиспокой-
но.Онаобеспечиваетполучениевысококачественногошва,таккакраспла
вленныйметаллэлектродабыстропроходитдуговойпромежутокименьш
еподвергаетсяокислениюиазотирова-
нию.Нослишкомкороткаядугавызывает“примерзание”электрода,дуга
прерывает-
ся,нарушаетсяпроцесссварки.Длиннаядугагоритнеустойчивоихаракт
ернымшипени-
ем.Глубинапроплавлениянедостаточная,расплавленныйметаллэлектр
одаразбрызгиваетсяибольшеокисляетсяиазотируется.Шовполучаетсяб
есформен-
ным,аметаллшвасодержитбольшоеколичествооксидов.Длинудугимож
ноопределитьпоформуле

$$L_д=0,5(d_э+2), \qquad (2.2)$$

где$d_э$–диаметрэлектрода(мм).

Самоеширокоепримененинашладугасжесткойхарактеристикой, когданапряжение$U_д$(В)практическинезависитотсилытокаипропорциональноеёдлине$L_д$.Такаядугагоритустойчивоиобеспечиваетнормальный процесссварки.

$$U_д=a+pL_д,(2.3)$$

где$L_д$–длинадуги(мм),$a$(В) – коэффициент,характеризующийпадениенапряженияназлектродах(прииспользовании стальных электродов $a$=10-12В),$p$(В/мм) – коэффициентхарактеризующийпадениенапряженияна1ммдлиныдуги($p$=2,0-2,5В/мм).

Количество металла, необходимого для создания сварного шва $Q_н$ (г)

$$Q_н=10^{-3}lS\gamma,(2.4)$$

где$l$–длинасвариваемогошва(мм),$S$–площадьпоперечногосечениявшва(мм$^2$),$\gamma$–плотностьэлектродногометалла(длясталиγ=7,8г/см$^3$).Дляодностороннегостыковогошвабезскосакромокплощадьпоперечногосечения$S$:

$$S=bh,(2.5)$$

где$h$–толщинасвариваемогометалла(мм),$b$–зазор(расстояние)междусвариваемымидеталями(мм).

Дляодностороннегошвас$V$-образнымскосомдвухкромокплощадьпоперечногосечения$S$:

$$S=h(b-1)+0,5(h^2+1),(2.6)$$

где$h$и$b$указанныевышеконструкционныеэлементысварногошва.

Величинузазорамеждусвариваемымидеталямиберёмизтабл.3.

Основноевремягорениядуги$t_о$(ч)составляет

$$t_о=Q_н/(I_{св}\cdot\alpha_н),(2.7)$$

где$Q_н$–массанаплавленногометалла(г),$I_{св}$–силасварочноготока(А),$\alpha_н$–коэффициентнаплавки(г/А-ч),(табл.7).

Скоростьсварки$V_{св}$(м/ч)

$$V_{св}=10^{-3}l/t_о,(2.8)$$

где$l$–длинасварногошва(мм),$t_о$–основноевремягорениядуги(ч).

Процесссваркивключаетнетольковремягорениядуги,новспомогательныеоперации(установкуэлектрода,поворотдеталиит.д.).Этодополнительноевремязависитоторганизациирабочегоместа,квалификациисварщикаиучитываетсякоэффициентомпроизводительности$M$.

Полноевремясварки$t_п$(ч)определяемаяпоформуле

$$t_п = t_о / M, \quad (2.9)$$

где$t_о$–основноевремягорениядуги(ч),$M$–коэффициентпроизводительности,($M$=0,6–0,8).

Массурасплавленногометалла$Q_р$(г)можноопределить,подчитавмассурасплавленныхэлектродов

$$Q_р = 10^{-3}\gamma\pi d^2(l_э - l_{ог})\, n/4, \quad (2.10)$$

где$\gamma$–плотностьэлектродногометалла,$d_э$диаметрэлектрода(мм),$l_э$–длинаэлектрода(мм)(табл.4),$l_{ог}$–длинаогарка(мм),(принимают$l_{ог}$=50мм),$n$–числоэлектродов.Расходэлектродов(кг)на1кгнаплавленногометалла–1,6-1,7.

Взаключении,определяютполныйрасходэлектроэнергиинасваркуА(кВт·ч)

$$A = I_{св} U_д t_о, \quad (2.11)$$

где$I_{св}$–силасварочноготока(А),$U_д$–напряжениедуги(В),$t_о$–основноевремягорениядуги(ч).

Для расчета основных параметров режима электродуговой сварки воспользоваться табл.2*.

## 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 2.1

**Исходные данные для выполнения задания С.1**

| № варианта | Марка стали | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа | Толщина свариваемой стали, Н, 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 |
| 226 | 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 режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

**Варианты исходных данных для задачи С.2**

| № вар | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ | № вар. | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ст3 | 6 | 500 | 1000 | 11 | 10 | 8 | 700 | 2000 |
| 2 | 10 | 7 | 700 | 1500 | 12 | 20 | 9 | 800 | 2100 |
| 3 | 20 | 8 | 800 | 1600 | 13 | Ст3 | 6 | 650 | 2000 |
| 4 | Ст3 | 9 | 900 | 2000 | 14 | 10 | 7 | 650 | 2200 |
| 5 | 10 | 6 | 550 | 1500 | 15 | 20 | 8 | 850 | 2500 |
| 6 | 20 | 7 | 600 | 2000 | 16 | Ст3 | 9 | 1000 | 2500 |
| 7 | Ст3 | 8 | 750 | 2200 | 17 | 10 | 6 | 700 | 1700 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 10 | 9 | 950 | 2500 | 18 | 20 | 7 | 550 | 1600 |
| 9 | 20 | 6 | 600 | 1900 | 19 | Ст3 | 8 | 900 | 2000 |
| 10 | Ст3 | 7 | 500 | 1200 | 20 | 10 | 9 | 1100 | 2300 |

## Задача С.3

Для изготовления из листа толщиной $h$ (мм) конического днища для обечайки диаметром $D$ (мм) с углом конуса α (град) разработать 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 режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

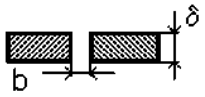
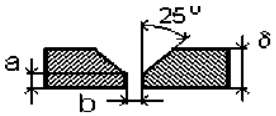
**Варианты исходных данных для задачи С.4**

| № 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 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 | С2 |  | 1,5–2,5<br>3,0–4,0 | 1<br>2 |  |
| Шов стыковой односторонний с $V$-образным скосом двух кромок | С17 |  | 4,5–7,5<br>8,0–13,5<br>14,0–16,0 | 3<br>4<br>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 2.5

**Тип электрода**

| Тип электрода | Механические свойства металла сварного шва | | |
|---|---|---|---|
| | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, | Относительное удлинение $\varepsilon$, | Ударная вязкость $KCU$, МДж/м$^2$ |

| | МПа | % | |
|---|---|---|---|
| Э38 | 380 | 14 | 0,3 |
| Э42 | 420 | 18 | 0,8 |
| Э42А | 420 | 22 | 1,5 |
| Э46 | 460 | 18 | 0,8 |
| Э46А | 460 | 22 | 1,4 |
| Э50 | 500 | 16 | 0,7 |
| Э50А | 500 | 20 | 1,3 |
| Э55 | 550 | 20 | 1,2 |
| Э60 | 600 | 18 | 1,0 |
| Э70 | 700 | 14 | 0,6 |
| Э85 | 850 | 12 | 0,5 |
| Э100 | 1000 | 10 | 0,5 |
| Э125 | 1250 | 8 | 0,4 |
| Э150 | 1500 | 6 | 0,4 |

Таблица 2.7

**Марка электрода**

| Тип электрода | Марка электрода | Диаметр электрода $d_э$, мм | Коэффициент наплавки $\alpha_н$, г/А·ч |
|---|---|---|---|
| Э42 | ОЗС-23 | 2; 3 | 8,5 |
| | ВСЦ-4 | 3; 4 | 9,5 |
| | ОМА-2 | 2; 2,5; 3 | 8 |
| | АНО-6 | 4; 5 | 10 |
| Э42А | УОНИ-13/45 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |
| | СМ-11 | 3; 4; 5 | 10 |
| Э46 | 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 |
| Э46А | ВН-48 | 2,5; 3; 4; 5; 6 | 11 |
| | ОЗС-22Р | 3; 4; 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/55К | 3; 4; 5 | 9,5 |
| Э50 | ВСЦ-4А | 3; 4 | 9,5 |
| Э50А | УОНИ-13/55 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9 |
| | АНО-11 | 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ДК-50 | 4; 5 | 10 |
| Э55 | УОНИ-13/55У | 4; 5; 6 | 10 |
| Э60 | ВСЦ-60 | 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/65 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ОЗС-24 | 3; 4 | 9,5 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Э70 | ВСФ-75У | 4 | 9 |
| Э85 | 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 |
| Э100 | ОЗШ-1 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |

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$^2$ | $S = b \cdot h$ | |
| | | | $S = 8(h - 1) + 0{,}5(h_2 + 1)$ | 94 |
| 10 | Масса наплавленного металла | $Q_н$, г | $Q_н = 10\text{-}3lS\gamma$ | 337,27 |
| 11 | Коэффициент наплавки | $\alpha_н$, г/А·ч | табл. 7 | 10 |
| 12 | Основное время горения дуги | $t_о$, ч | $t_о = Q_н / I_{св}\,\alpha_н$ | 0,11 |
| 13 | Скорость сварки | $V_{св}$, м/ч | $V_{св} = 10\text{-}3l/t_о$ | 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 | $Q_р = 10\text{-}3\gamma\pi d_э^2(l_э - l_{ог})n/4$ | 352,68 |
| 18 | Коэффициент потерь | $\psi$, % | $\psi = 10^2(Q_р - Q_н)/Q_р$ | 4,4 |
| 19 | Расход электроэнергии на сварку | А, кВт-ч | $A = I_{св}U_д t_о$ | 594 |
| 20 | Зазор (расстояние) между свариваемыми деталям | В, 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; $M = 0{,}5$

# 3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

## 3.1. Общая характеристика способа

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*).

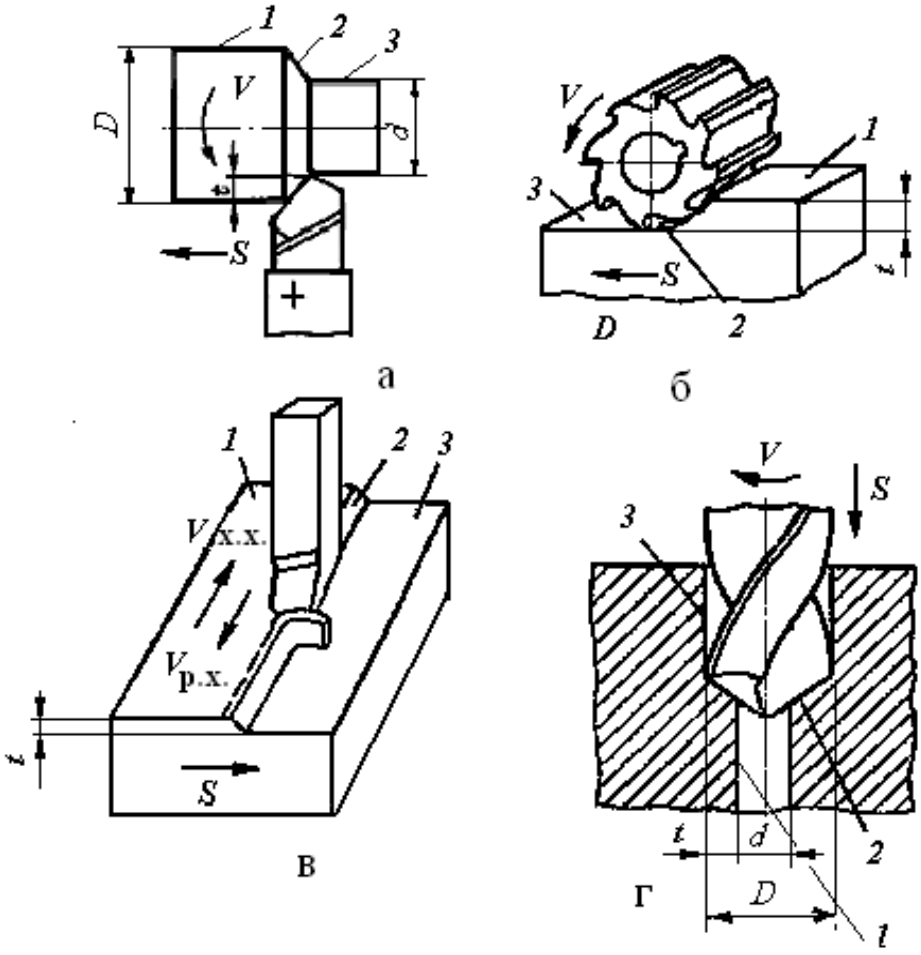



Рис. 3.1 Схемы обработки заготовок:
*а*) точением. *б*) фрезерованием, *в*) строганием,
*г*) сверлением (рассверливанием)

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 ($k = V_{рх}/V_{хх}$).

***К элементам процесса резания относится также основное технологическое время*** $T_о$, затрачиваемое непосредственно на обработку резанием данной поверхности (изменение формы и размеров заготовки).

Основное время определяется по формуле:

$$T_о = L \cdot i / S \cdot n,$$

где $L = l + l_1 + l_2$,

$l$ – длина обрабатываемой поверхности,

$l_1$ – величина врезания инструмента,
$l_2$ – величина перебега инструмента.

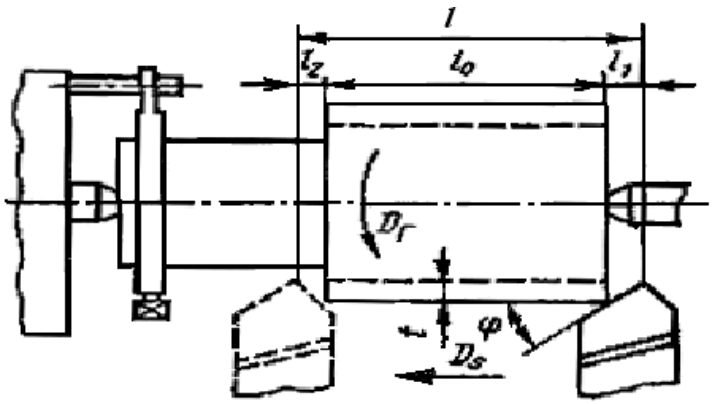



Рис. 1.2. Схема к расчёту$T_o$ при обработке цилиндрической поверхности

## 3.2. Методические указания

Обработка металлов резанием связана с превращением в стружку значительного количества металлов. Это привело к тому, что обработка резанием в некоторой степени потеснена малоотходными технологиями (точное литье, обработка давлением и др.). Однако обработка резанием остается главным средством изготовления высокоточных деталей в машиностроении с заданной точностью и чистотой поверхности.Резание металлов представляет собой сложный процесс, включающий ряд взаимодействующих явлений, к которым относится: упругое и пластическое деформирование, интенсивное трение, выделение тепла, образование нароста, явление наклепа, износ инструмента, усадка стружки.

При изучении этой темы следует обратить внимание на физико-химические процессы, происходящие при резании, и их роль в формировании поверхностного слоя обрабатываемой детали. Необходимо разбираться в видах режущих инструментов и способах их эффективного использования.

Необходимо ознакомиться с современным состоянием развития теории и технологии обработки материалов резанием, классификацией поверхностей и методов их обработки, требованиями к технологичности деталей, обрабатываемых резанием, кинематикой процесса резания, классификацией движений и геометрией срезаемого слоя.

Следует запомнить определение, обозначения и размерности элементов режима резания, элементы резца и его углы.

Изучите силы, действующие на резец, влияние различных показателей на скорость резания, а также скоростное и силовое резание как резерв повышения производительности труда.

При изучении материалов, из которых изготовляются резцы, следует обратить внимание на марки быстродействующих и твердых сплавов, особенно на минералокерамические сплавы, имеющие высокую износостойкость и дешевые в изготовлении.

Высокие требования, предъявляемые к технико-эксплуатационным характеристикам современных машин, обеспечиваются высокой точностьюразмеров и другими показателями качества деталей этих машин. Поэтому роль металлорежущих станков для высококачественной обработки деталей в машиностроении не уменьшается.

Современные станки – это сложные разнообразные механизмы, использующие различные методы осуществления движений и управления рабочим циклом, обеспечивающие обработку деталей любой конфигурации и различных размеров.

При изучении темы следует обратить внимание на движения инструмента и детали при обработке на различных станках. Необходимо разбираться в технологических возможностях станков разных видов.

Следует изучить принятую в России классификацию металлорежущих станков, подробно рассмотреть приводы и передачи станков различных групп. Для чтения кинематических схем станков нужно знать условные обозначения различных узлов в соответствии с ГОСТами.

Необходимо рассмотреть основные виды токарных, сверлильных, расточных, строгальных, долбежных, протяжных, фрезерных, шлифовальных работ, применяемые инструменты, а также технологические требования, предъявляемые к деталям, обрабатываемым на различных станках.

Все металлорежущие станки разделяют на группы по характеру выполняемых работ и виду применяемых инструментов. Подробно рассмотрите принятую в России классификацию и уясните единую систему условного обозначения станков, понимаемую как нумерация. Затем подробно рассмотрите технологии обработки резанием, выполняемые на разных металлорежущих станках.

**Обработка на токарных станках.** С использованием рисунков рассмотрите основные узлы токарно-винторезного станка и поймите, почему токарные станки часто называют универсальными. Проанализируйте типы станков токарной группы.

**Обработка на сверлильных и расточных станках.** Поймите, что понимают под обработкой круглых отверстий на станках сверлильной группы.

**Обработка на фрезерных станках.** Уясните, что такое фрезерование и какие типы фрез для этого используют.

**Обработка на строгальных, долбежных и протяжных станках.** С учетом видов обработки поверхностей строганием выделите особенности этой группы станков. Изучите типаж инструментов, используемых для этих целей. Составьте схему работ на станках этой группы.

**Обработка на шлифовальных и отделочных станках.** Изучите процесс шлифования и инструмент, используемый для этих целей. Обратите внимание, что шлифование также относится к операциям резания и разберите с чем это связано. Рассмотрите методы шлифования и типы шлифовальных станков. Для всех рассмотренных технологийрезания изучите возможные виды работ.

**Вопросы для самопроверки**

1. Для чего используют станки токарной группы?
2. Почему токарные станки часто называют универсальными?
3. Что понимают под зенкованием и развертыванием крупных отверстий.
4. Какие основные типы фрез существуют?
5. В чем особенности строгальных станков?
6. Что понимают под процессом шлифования?
7. Что понимают под абразивным инструментом?
8. Для каких целей используют в механообработке роботы и манипуляторы?

## Токарная обработка

Задача. На токарно-винторезном станке производится наружное продольное точение заготовки $D$=68 мм до $d$=62 мм (рис. 2). Длина обрабатываемой поверхности $l$=280мм, длина заготовки $L$= 430 мм. Шероховатость обработанной поверхности $Ra$=25 мкм. Заготовка -

поковка стальная 40Х с пределом прочности 700 МПа. Способ крепления заготовки - в центрах. Обработка ведется с охлаждением.

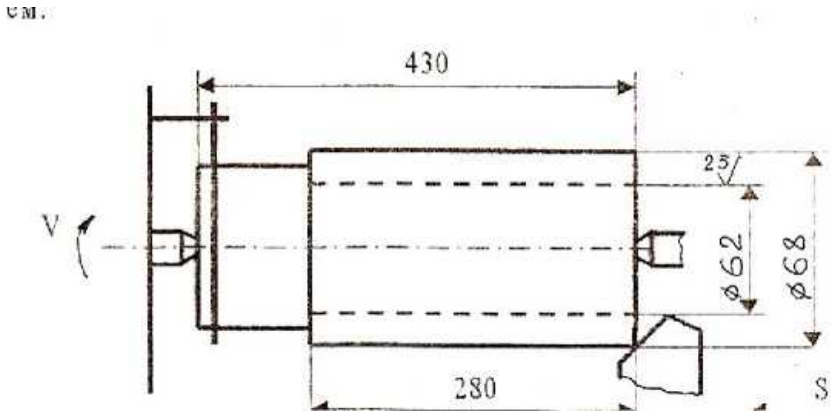



Рис. 2. Схема обработки

Необходимо:
Выбрать токарный станок;
Выбрать режущий инструмент;
Выполнить эскиз резца;
Назначить режимы резания;
Определить машинное время.

Решение

Исходя из условий задачи (размеров заготовки, характера обработки), выбираем токарно-винторезный станок модели 16К20, имеющий следующие технические характеристики: мощность двигателя $N_{дв}$=10 КВт, к.п.д.=0,75, высота центров =215 мм, расстояние между центрами 2000 мм.

Материал режущей части инструмента выбираем исходя из физико-механических свойств обрабатываемого материала и характера обработки (Приложение таблица 1). При черновом обтачивании конструкционной стали марки 40Х с глубиной резания $t$= 3 мм на средних станках рекомендован твердый сплав марки Т15К6 (WC-79%, TiC-15%, Co-6%) либо быстрорежущая сталь марки Р6М5 (W-6%, Mo-5%, C-1%). Так как в последнее время большее предпочтение отдано инструменту из твердого сплава, выбираем материал пластинки Т15К6. Державка резца изготавливается из качественной конструкционной стали группы 1 марки 45 ($\sigma_в$=610 МПа, НВ= 197).

При выборе значений геометрических параметров резца следует учитывать материал заготовки, вид обработки, материал режущей

части инструмента, сечение державки и жесткость системы СПИД (Приложение таблицы 2, 3). Выбираем форму передней поверхности резца - радиусную с фаской. Фаску с отрицательным передним углом делают для упрочнения режущей кромки резца с пластинками из твердого сплава. Радиусная лунка обеспечивает завивание сходящей стружки. Геометрические параметры режущей части (рис. 3): передний угол γ=10° (при черновой обработки конструкционных материалов с НВ<240), задний угол α =6° (при черновой обработке), угол наклона главной режущей кромки λ =0 (точение без ударных нагрузок), углы в плане φ =45°, φ' =15° (при жесткой системе СПИД), угол фаски$\gamma_ф$=-5°, ширина фаски *f*=0,8 мм.

Используя выбранные данные геометрических параметров режущей части резца, выполним эскиз токарного проходного резца с пластинкой из твердого сплава марки Т15К6, сечение державки 16 × 25 мм.

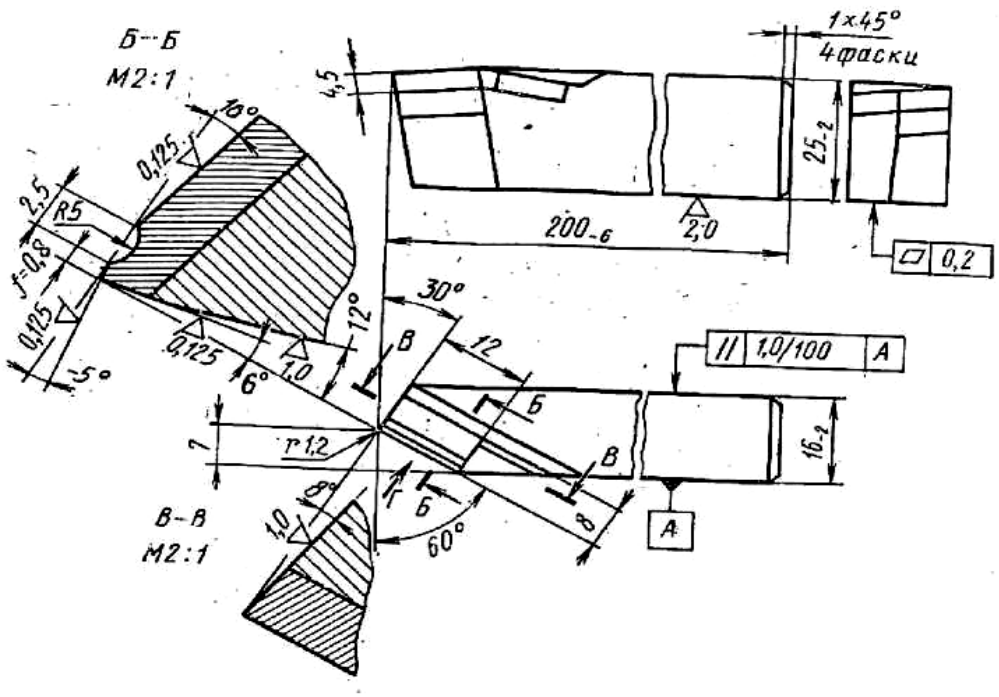



Рис. 3. Эскиз резца

Назначаем режимы резания.

Глубину резания определяем по формуле

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{68 - 62}{2} = 3 \text{ (мм)}$$

Т. к. при черновой обработке за один проход инструмента можно снять *t*=5-7 мм, то данная обработка будет проходить за один про-

ход. Причем шероховатость обработанной поверхности $Ra$=25 мкм будет обеспечена.

Подачу назначаем по таблице 4 (Приложения). Для обработки заготовки из конструкционной стали, диаметром до 100 мм, глубинной резания $t$=3мм, сечением державки 16×25 мм - подача $S_{таб}$=1,2 мм/об.

Данную подачу корректируем по паспорту станка 16К20, выбрав ближайшее меньшее значение:

$$S_ф = 1 \text{ мм/об.}$$

Период стойкости определим по таблице 9 (Приложения):

$$T = 30 \text{ мин.}$$

Скорость резания при наружном точении определяем по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{30^{0,2} 3^{0,15} 1^{0,45}} 0,97 = 142 \text{ (м/мин).}$$

$K_V = 1,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,97$ , где

$K_{MV} = \frac{750}{700} = 1,07$ , $K_{ПV} = 1$, $K_{ИV} = 1$, $K_{φV} = 1$, $K_{φW} = 0,97$, $K_г = 0,94$.

(Приложение таблицы 11,12,15,16 согласно заданным условиям). Определяем частоту вращения шпинделя, соответствующую найденной скорости резания, по формуле (3)

$$n_р = \frac{1000 V_р}{\pi D} = \frac{100 \cdot 142}{3,14 \cdot 68} = 665 \text{ (об/мин).}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка 16К20,выбрав фактическое значение частоты вращения из ближайшего меньшего.

$$n_ф = 500 \text{ об/мин.}$$

Определяем действительную скорость резания по формуле (5)

$$V_д = \frac{\pi D n_ф}{1000} = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 500}{1000} = 107 \text{ (м/мин).}$$

Определяем мощность, затраченную на резание, по формуле (6) и силу резания по

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^{y} \cdot S_Ф \cdot V_Д \cdot K_{PZ}, \quad (5)$$

Из таблицы 16 (Приложения) выписываем коэффициенты и показатели степеней для данных условий обработки. $C_{PZ}$=300, $x$=1, $y$=0,75, $n$=0,15.

Учитываем поправочный коэффициент на силу резания $K_{PZ}$, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_{PZ} = K_{MPZ} K_{\varphi} K_{\gamma} K_{\lambda} K_{r} = 0{,}94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}94$$

Численные значения этих коэффициентов выбираем в таблице 15, 16 (Приложения):

$K_{MPZ} = \left(\frac{700}{750}\right)^{0,75} = 0{,}94$ , $K_{\varphi}$ = 1, при $\varphi = 45^{o}$; $K_{\gamma}$ = 1 при = $10^{o}$; $K_{\lambda}$ = 1 при $\lambda = 0^{o}$;

$K_r$ на силу резания при заданных условиях обработки не влияет.

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^{X} \cdot Sj \cdot V_{Д} \cdot K_{PZ} = 300 \cdot 3^{1} \cdot 1^{0,75} - 107^{-0,15} \cdot 0{,}94 = 419(\text{Н}).$$

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_{д}}{60 \cdot 1020} = 7{,}1 \ \text{кВт}.$$

Проверяем достаточность мощности привода станка по условию:

$$N_e < N_{CT}$$

На станке 16К20 $N_{CT}$=10 · 0,75 = 7,5 кВт.

7,1<7,5, т.е. обработка возможна.

• Определяем основное технологическое время по формуле

$$L = I + y + \Delta = 280+3+2=285 \ (\text{мм}),$$

где длина обрабатываемой поверхности $l$=280 мм, величина врезания $y = t \cdot \text{ctg}\varphi = 3 \cdot \text{ctg}45^{0} = 3 \cdot 1 = 3(\text{мм})$, величину перебега принимаем Δ=2 мм.

Тогда

$$t_0 = \frac{Li}{n_{ф} S_{ф}} = \frac{285 \cdot 1}{500 \cdot 1} = 0{,}57 \ (\text{мин}).$$

## Задача Р.1.

Определить минутную подачу резца $\boldsymbol{S_{м}}$ (мм/мин) при обтачивании на токарном станке заготовки диаметром $\boldsymbol{D}$ (мм) со скоростью резания $\boldsymbol{v}$(м/мин) и подачей резца за один оборот заготовки$\boldsymbol{S}$(мм/об)**.**

## Варианты исходных данных к задаче Р.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 Р.2.

Определить основное время $\boldsymbol{T_0}$при подрезании сплошного торца заготовки диаметром $\boldsymbol{D_0}$(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 **φ=** 45°**.** Перебег резца **Δ=** 1…3 мм**.** Начертить схему обработки поверхности.

## Варианты исходных данных к задаче Р.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 Р.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 $\Delta$**=** 1…2 мм**.** Начертить схему обработки поверхности.

**Варианты исходных данных к задаче Р.3**

| № | *D* | *h* | *n* | *S* | № | *D* | *h* | *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 Р.4.

Определить мощность $N_{рез}$, затрачиваемую на резание и моментсопротивления резанию $M_{ср}$, если при продольном точении заготовкидиаметром$D$(мм) со скоростью резания $V$(м/мин) тангенциальнаясила резания составила $P_z$(Н). Начертите схему расположения составляющих силы резания для рассматриваемого случая обработки резанием.

**Варианты исходных данных к задаче Р.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 |

Для решения предлагаемых задач по резанию металлов и режущему инструменту следует пользоваться справочными таблицами [5-9] и справочными материалами Приложения В, а также источниками [1;4].

# 5. Литейное производство

## 5.1. Общая характеристика способа

Литьё - получение изделий путем заливки жидкого металла в формы и егопоследующего затвердевания.

Теоретически, литьем можно получить сколь угодно сложное по форме изделие. На практике, литьё, как и все методы формообразования, имеет существенные ограничения.

Они связаны:

- с трудностями изготовления формы для заливки жидкого металла;

- с невозможностью заполнения жидким металлом сколь угодно тонкого

рельефа; это технологическое свойство металла, называемое

"жидкотекучестью", связано с вязкостью жидкого металла, его поверхностным натяжением, смачиваемостью материала формы жидким металлом и рядом других факторов;

- с усадкой металла при застывании, которая определяется разностью объемов, занимаемых жидким и затвердевшим металлом и изменением его объема (размеров) при охлаждении до комнатной температуры. Усадка, а особенно неравномерное охлаждение отливки в форме, приводит к ее короблению, возникновению внутренних напряжений, а, иногда, даже к разрушению.

Однако литьё позволяет получать самые сложные по форме изделия, в том числе и произведения искусства…

Литьё - древнейший технологический процесс. В средние века литьем изготавливали колокола для церквей, пушки, монументы и т.д.

## 5.2. Методические указания

Литейное производство - отрасль машиностроения, использующаяся для изготовления фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали).

При изучении этой темы необходимо рассмотреть такие явления как жидкотекучесть, усадка, трещинообразование, газовые раковины и пористость отливок.

Затем необходимо разобраться в технологических процессах получения отливок различными способами: в песчано-глинистых формах, в оболочковых формах, по выплавляемым моделям, в металлических формах (кокилях), центробежным литьем под давлением, специализированными способами.

Студент должен последовательно рассмотреть литье в металлические формы (кокиль), центробежное литье, точное литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы.

Далее необходимо рассмотреть технологические этапы получения отливки, то есть сборку и заливку литейных форм, охлаждение отливок, их выбивку и очистку.

Затем следует ознакомиться с особенностями изготовления отливок из различных сплавов.

Изучить оборудование, применяемое в литейных цехах для плавки и проведения других технологических операций.

Особое внимание следует обратить на основные виды дефектов отливок, отметив влияние нарушений технологического процесса и нетехнологичности конструкций отливок на появление различных видов брака литья. Рекомендуется ознакомиться с современными методами и аппаратурой, применяемой для контроля всех стадий процесса изготовления отливок и используемых материалов. Следует четко уяснить, какие дефекты можно подвергнуть исправлению, и какие отливки являются окончательным браком.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что понимается под жидкотекучестью литейных сплавов? Как проводят испытания на жидкотекучесть сплавов?
2. Что такое усадка литейных сплавов? Опишите способы предупреждения усадочныхраковин и пористости отливок.
3. В результате, каких явлений образуются трещины в отливках? Как бороться с этим видом брака?

4. Какие применяются меры для уменьшения возможности образования газовых раковин и пористости отливок?

5. Какие формовочные и стержневые смеси используют в литейном производстве? Их характеристики и методы испытания.

6. Дайте описание схемы работы литейного конвейера. Рассмотрите вопросы механизации и автоматизации изготовления литейных форм.

7. Машины для получения отливок под давлением, схема их устройства и принцип действия. Области применения отливок, изготовленных способом литья под давлением.

8. Перечислите свойства серого чугуна как литейного и конструкционного материала.

Укажите, для каких целей применяются в машиностроении чугунные отливки? Приведите химические составы нескольких марок серого и модифицированного чугунов с указанием их механических свойств.

9. Изложите способы получения ковкого чугуна: виды ковкого чугуна, в чем особенности изготовления литейных форм для получения ковкого чугуна?

10. Опишите технологию изготовления отливок из алюминиевых сплавов.

11. Опишите технологию изготовления отливок из магниевых сплавов.

12. Опишите технологию отливок из медных сплавов.

13. Назовите виды дефектов при получении отливок и способы их устранения. Как, с применением какой аппаратуры и на каких стадиях изготовления производится контроль отливок?

# 6. Основы металлургического производства

## 6.1. Общая характеристика способа

Металлы и их сплавы в настоящее время являются основным материалом для производства машин, приборов и других технических устройств.

Это определяется сочетанием их свойств, которым в данное время не обладают другие конструкционные материалы.

К таким свойствам относятся:

- механические: прочность, твердость, пластичность, ударная вязкость ...

- теплофизические: жаропрочность, теплопроводность, низкий коэффициент линейного расширения...

- химические: устойчивость в агрессивных средах, биологическая инертность

- технологические: свариваемость, литейные свойства (жидкотекучесть, степень усадки при затвердевании, склонность к ликвации элементов), пластичность...

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.

## 6.2. Методические указания

Получение чугуна в доменных печах относится к пирометаллургическому способу. Исходными материалами являются руды, флюсы и топливо. Изучите виды руд, флюсы и их назначение, топливо, используемое при производстве чугуна, принцип работы доменной печи и физико-химические процессы, протекающие при получении чугуна. Ознакомьтесь со способами прямого восстановления железа из руды, этапами этого процесса.

Ознакомьтесь с рудами для получения меди, алюминия, магния, титана; способами их обогащения. Изучите работу агрегатов для получения этих металлов, способы рафинирования.

### Краткие теоретические сведения

Процессы получения стали из чугуна и скрапа сводятся к снижению примесей и углерода путем окислительных процессов с сталеплавильных печах. Ознакомьтесь с принципом работы современных конвертеров, мартеновских и электродуговых печей. Изучите физико-химические процессы, протекающие в печах. Изучите способы разливки стали и ознакомьтесь с технико-экономическими показателями различных способов получения стали.

Восстановление металла проводится несколькими способами.

**Термохимическое восстановление металла о**существляется воздействием на соединение металла каким-либовосстановителем при высокой температуре.Термохимическим способом восстанавливают многие металлы.

Например, железо обычно содержится в руде в виде окислов $Fe_2O_3$ или $Fe_3O_4$ и восстанавливается угарным газом (CO), образующимся при горении кокса (продукта переработки каменного угля) в доменных печах. В зонах 4-6 происходит горение кокса в потоке воздуха поступающего через фурмы и образуется угарный газ при тем-

пературе 1600-1750°С, который, воздействуя на окислы железа, приводит к их восстановлению:

$$Fe_2O_3 + CO \text{ --- } Fe_3O_4 + CO_2 + Q$$
$$Fe_2O_3 + CO_2 \text{ --- } FeO + CO_2 - Q$$
$$FeO + CO \text{ --- } Fe + CO_2 + Q$$

Образующееся железо, в виде капель, стекает в горн, откуда периодически выпускается. Сверху печи также периодически происходит подсыпка шихты (смеси руды, кокса и флюсов). Таким образом горение в печи поддерживается непрерывно в течении длительного времени, от 5 до 10 лет.

В образующемся железе при высокой температуре растворяется углерод кокса, что приводит к получению сплава железа с углеродом, при содержании последнего выше 2% (но не более 6,67%). Такой сплав весьма тверд и хрупок и называется чугуном.

Суточная производительность доменной печи достигает 2500 тонн чугуна.Хотя чугун, как конструкционный материал, применяется для отливкизаготовок различных деталей машин (станины, корпуса двигателей, зубчатые колеса и т.д.) , но большая его часть перерабатывается в сталь – сплав железа с углеродом при содержании углерода менее 2%.

Понизить содержание углерода в чугуне и, тем самым, превратить его всталь можно окисляя избыточный углерод в жидком чугуне. Для этогопримeняются конвертерный и мартеновский методы получения стали.

Плавку медных руд ведут в пламенных печах, в которых происходит восстановление меди, но из-за высокого содержания в руде соединений железа и серы образуется "медный штейн", в котором содержится 20-50% меди, 20-40% железа и 22-25% серы.

Полученный штейн перерабатывается в черновую медь в конвертерах. Продувая через жидкий штейн воздух, проводят окисление железа, которое всплывает на поверхности в виде окислов, сера выгорает с образованием огромного количества окиси серы, используемой как сырьё для производства серной кислоты.

В результате процесса получают черновую медь (98,5-99,5 % Cu), которую можно использовать для производства медных сплавов, но которая не пригодна для электротехнической промышленности (для производства проводов).

***Конвертерный способ получения стали***состоит в окислении избыточного углерода продувкой через жидкий чугун кислорода.

При этом, естественно, сгорает и некоторая часть железа. Реакция является экзотермической, поэтому в жидкий чугун можно добавить некоторую часть металлического лома, который при продувке кислородом расплавляется.

Процесс протекает довольно быстро (менее 20мин).Производительность процесса зависит от объема конвертера (от 3 до250тонн).

При таком производстве стали химический состав ее зависит от содержания примесей в руде. Невозможно получить высококачественные легированные стали и переработка стального лома возможна только в ограниченных количествах, в то время как в промышленности накапливается его огромная масса.

***Мартеновский способ получения стали***заключается в плавке шихты за счет горения топлива, в качестве которого используютсягорючие газы, мазут, угольная пыль.При этом возможно производить контроль состава, вводить легирующие элементы.

В зависимости от вида процесса, в печь загружаются:

- жидкий чугун + руда - "рудный процесс".
- твердый чугун + металлический лом - "скраппроцесс"
- жидкий чугун+ металлический лом + руда -"скрапрудный процесс".

**Вопросы для самопроверки:**

1. В чем заключается сущность производства стали из чугуна? Какие существуют разновидности процессов получения стали?
2. Поясните сущность современных способов повышения качества стали: вакууммированием при разливке, электрошлаковым и вакуумно-дуговым методами переплавки и укажите области применения каждого из них.
3. Охарактеризуйте продукты доменного производства и укажите область применения каждого из них.
4. Опишите существующие способы разливки стали. Чем отличается спокойная сталь от кипящей? Опишите процесс кристаллизации спокойной стали в изложнице.
5. Опишите способы разливки стали. Укажите преимущества и недостатки каждого способа.

Задача №8.1.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0% C, 2,3% Si, 0,9% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушко-

вого чугуна ЛК1, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.2.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2% C, 2,4% Si, 1,1% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК2, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.3.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0% C, 2,3% Si, 1,5% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК3, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара *Si* и Mn при выплавке.

Задача №8.4.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0% C, 2,3% Si, 0,9% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК4, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.5.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2% C, 2,1% Si, 1,2% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК5, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компо-

ненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.6.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,1% C, 2,2% Si, 1,1% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК6, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.7.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0% C, 2,3% Si, 0,9% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК7, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Таблица 1

## Материал режущей части резца

| материал режущей части – пластины из ТС, РК, СТМ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| условие эксплуатации | | | материал пластины | | |
| обработка | припуск | глубина резания, мм | рекомендуемы й для усредненных условий | повышенной износостойкости | повышенной прочности |
| обтачивание и подрезание | | | | | |
| 1. конструкционные, подшипниковые и инструментальные стали (НВ 110-130) | | | | | |
| 1.1 мелкие и средние станки | | | | | |
| черно-вая | непрерывный | св. 1,5 до 3 | т15к6,мс111 | вок- 60,в3, тн20,кнт 16, вп1195 | т14к8, вп1255 |
| | | св. 3 до 7 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,КНТ16,МС111 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС2215, ВП1255 | Т5К12, | МС146 |
| | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,МС111, ВП1195 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 3 до 7 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2210 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К12,МС146 | Т5К10,МС1460 | ТТ7К12 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Чистовая | Непрерывный | До 1 | ВО-13,ВШ-75 | Композит1 0 | Т30К4,ТН20 |
| | | св. 1 до 3 | Т30К4, | ВОК-71 | ТН20,ТТ5К6 |
| 1.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая | Непрерывный | св. 3 до 7 | Т14К8, МС2215 | Т15К6,МС111 | Т5К10,МС1465 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2215 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 15 до 45 | Т5К10 | - | ТТ7К12,Т5К12 |
| Черновая | Прерывитый | св. 3 до 7 | Т5К10, МС131 | Т15К6, МС2215 | МС1465,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10, МС131 | Т14К8,ВП5510 | Т5К12, МС146 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | св. 15 до 45 | Т5К12 | Т5К10 | ТТ7К12 |
| Чисто вая | Непрерывный | до 2 | ВОК-60, В3 | Композит1 0 | Т30К4,Т15К6 |
| | | св. 2 до 7 | Т30К4 | ВОК-60 | Т15К6 |
| 2. Коррозийно-стойкая сталь | | | | | |
| 2.1 Мелкие и средние станки | | | | | |
| Черно вая и чисто вая | Непрерывный | св. 1,5 до 3 | ВК6-М | ВК10-ОМ, ВК3,ТТ18 К6, Т15К6 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК6- М,ТТ18К6 | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| Черновая и чистова я | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М | ВК10-ХОМ |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| 2.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая и чистовая | Непрерывный | св. 3 до 7 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М, ВК6-ОМ | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15-ХОМ |
| | | св. 15 до 30 | ВК15- ХОМ,ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | Прерывистый | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| | | св. 7 до 15 | ВК15-ХОМ. ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | | св. 15 до 30 | ВК15-ХОМ, ВК8 | ВК10- ХОМ | - |

Таблица №2

## Геометрические параметры режущей части резца

| Операция | Обрабатываемый материал | | Обработка | Припуск | α | γ | γФ | Параметры лезвия при H, мм | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 16:20 | 25:32 | 40:50 | 63:80 |
| | группа | твердость | | | | | | r=f0, мм | | | |
| Резцы из твердого сплава | | | | | | | | | | | |
| Об та чи ва ние и по дре за ние | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | Чер-новая | непрер | 6 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -6 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис-товая | Непре рыв. | 8 | 15 | -5 | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | НВ<240 -330 | Чер новая | Непре рыв. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -8 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | Коррозийностойк ая сталь | | Чер новая | Непре рыв. | 6 | 15 | -3 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 20 | -3 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | | Чер новая | Непре рыв. Преры в. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | | Чер новая | Непре рыв. и пре рыв. | 6 | 15 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,0-1,2 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 25 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 0,8-1,0 | 1,2-1,6 |
| | Сталь закаленная и от-беленный чугун | | Чис товая | Непре рыв. | 12 | - 10 | - | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| От ре за ние про | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | - | - | 6 | 15 | -5 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,2 |
| | | НВ<240 -330 | - | - | 8 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 0,8-1,0 | 1,6-2,0 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Коррозийностойк | - | - | 8 | 15 | -3 | 0,4- | 0,6- | 1,0- | 1,0- |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ре за ние | ая сталь | | | | | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | - | - | 6 | 8 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | - | - | 8 | 30 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |

Таблица 3

**Геометрические параметры режущей части резца (углы в плане)**

| Типы резцов | Условия работы | Главный угол в плане, φ | Вспомогательный угол в плане, φ1 |
|---|---|---|---|
| Резцы проходные | Жесткая система СПИД; L/D<6 | 10-30 | 5-10 |
| | Средняя жесткая система СПИД; L/D=6-12 | 45-60 | 10-15 |
| | Нежесткая система СПИД; L/D=12-15 | 75-90 | 15-20 |
| Резцы подрезные (S поперечная) | - | 30-70 | 25-45 |
| Резцы отрезные, прорезные | - | 80-90 | 1-3 |
| Резцы расточные | Жесткая система СПИД | 40-60 | 20-25 |
| | Нежесткая система СПИД | 60-75 | 20-25 |

Таблица 4

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

| Диаметр детали, мм | Размеры державки резца, мм | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочня | | | | | Чугун и медные сплавы | | | | |
| | | Подача S мм/об, при глубине t мм | | | | | | | | | |
| | | До 3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св.8 до 12 | Св.12 | До.3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св. 8 до | Св. 12 |
| До 12 | От16*25 до25*25 | 0,3-0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Св.20 до | От16*25 | 0,4- | - | - | - | - | 0,4- | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | до25*25 | 0,5 | | | | | 0,5 | | | | |
| >40>60 | От16*25 до25*25 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | 0,3-0,7 | - | - | 0,6-0,9 | 0,5-0,8 | 0,4-0,7 | - | - |
| >60 >100 | От16*25 до25*25 | 0,6-1,2 | 0,5-1,1 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | - | 0,8-1,4 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - |
| >100 >400 | От16*25 до25*25 | 0,8-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - | 1,0-1,5 | 0,8-1,9 | 0,8-1,1 | 0,6-0,9 | - |
| >400 >500 | От20*30 до40*60 | 1,1-1,4 | 1,0-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,2 | 0,4-1,1 | 1,3-1,6 | 1,2-1,5 | 1,0-1,2 | 0,7-0,9 | - |
| >500 >600 | От20*30 до40*60 | 1,2-1,5 | 1,0-1,4 | 0,8-1,3 | 0,6-1,3 | 0,1-1,2 | 1,5-1,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,4 | 0,9-1,2 | 0,8-1,0 |
| >600 >1000 | От25*40 до40*60 | 1,2-1,8 | 1,1-1,5 | 0,9-1,4 | 0,8-1,4 | 0,7-1,3 | 1,5-2,0 | 1,3-1,8 | 1,0-1,4 | 1,0-1,3 | 0,9-1,2 |
| >1000 >2500 | От30*40 до40*60 | 1,3-2,0 | 1,3-1,8 | 1,2-1,6 | 1,1-1,5 | 1,0-1,5 | 1,6-2,4 | 1,6-2,0 | 1,4-1,8 | 1,3-1,7 | 1,2-1,7 |

Примечание: 1. Нижнее значения подач соответствует меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхнее значение подач- большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.

При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударными нагрузками табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,75- 0,85.

При обработке закаленных сталей табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,8 для стали HRC 44-56 и на коэффициент 0,5 для стали с HRC 57-62.

Таблица 5

**Подачи при прорезании канавок и отрезании**

| Диаметр обработки, мм | Ширина резца, мм | Обрабатываемый материал | |
|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | Чугун, медные и алюминиевые сплавы |
| Токарные, токарно-револьверные станки | | | |
| До 20 | 3 | 0,06-0,08 | 0,11-0,14 |
| Св.20до 40 | 3-4 | 0,1-1,12 | 0,16-0,19 |
| Св.40до 60 | 4-5 | 1-0,13-0,16 | 0,20-0,24 |
| Св.60до 100 | 5-8 | 0,16-0,23 | 0,24-0,32 |
| Св.100до 150 | 6-10 | 0,18-0,26 | 0,3-0,4 |
| Св.150 | 10-15 | 0,28-0,36 | 0,4-0,55 |
| Карусельные станки | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| До 2500 | 10-15 | 0,35-0,45 | 0,55-0,60 |
| Св. 2500 | 16-20 | 0,45-0,60 | 0,60-0,70 |

Примечание: 1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм приближение резца к оси детали до 0,5 радиуса; табличные значения подач следует уменьшить на 40%-50%.
Для закаленной конструкционной стали. Табличные значения подач следует уменьшить на 30% при HRC< 50 и на 50% - при HRC>50.
При обработке резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения следует умножать на коэффициент 0,8

Таблица 6 Подачи при обтачивании, подрезании и растачивании. Чистовая обработка

| Форма пласти ны | Радиус при вер шине r, мм | Подача S мм/об при требуемой шероховатости поверхности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ra=12.5 | | | Ra=6.3 | | | Ra=3.2 | | | Ra=1.6 | | |
| | | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | | | |
| | | Кон ст. ста ль | Кор р. сто йк. ста ль | Чуг ун | Кон ст. ста ль | Кор р. сто йк. ста ль | Чуг ун | Кон ст. ста ль | Кор р. сто йк. ста ль | Чу гун | Ко нст . ста ль | Ко рр. сто йк. ста ль | Чу гу н |
| Много гран ная | 0,5 | 0,51 | 0,29 | 0,44 | 0,34 | 0,2 | 0,29 | 0,21 | 0,12 | 0,19 | 0,13 | 0,09 | 0,1 |
| | 0,8 | 0,60 | 0,34 | 0,52 | 0,39 | 0,24 | 0,34 | 0,24 | 0,14 | 0,22 | 0,15 | 0,11 | 0,1 |
| | 1,2 | 0,69 | 0,41 | 0,61 | 0,45 | 0,38 | 0,39 | 0,29 | 0,17 | 0,27 | 0,18 | 0,13 | 0,1 |
| | 1,6 | 0,77 | 0,46 | 0,58 | 0,50 | 0,32 | 0,44 | 0,31 | 0,19 | 0,29 | 0,1 | 0,14 | 0,1 |
| | 2,0 | 0,82 | 0,50 | 0,71 | 0,55 | 0,35 | 0,47 | 0,34 | 0,21 | 0,31 | 0,21 | 0,16 | 0,2 |
| | 2,5 | 0,90 | 0,55 | 0,77 | 0,59 | 0,38 | 0,51 | 0,37 | 0,23 | 0,34 | 0,23 | 0,17 | 0,2 |
| Круг лая | 6,0 | - | - | - | 0,80 | - | 0,69 | 0,50 | - | 0,45 | 0,32 | - | 0,3 |
| | 9,5 | - | - | - | 0,91 | - | 0,81 | 0,57 | - | 0,53 | 0,37 | - | 0,3 |
| | 11 | - | - | - | 1,0 | - | 0,85 | 0,63 | - | 0,56 | 0,42 | - | 0,37 |

| |
|---|
| Поправочный коэффициент KS= KS1+ KS2+ KS3, на подачу для измененных |

| условий работы | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вид обработки | | Обтачивание | | Подрезание | | Растачивание |
| KS1 | | 1,0 | | 0,9 | | 0,8 |
| Налич ие СОЖ | БЕЗ сож | С использованием СОЖ | Материал пластины | | БРС | ТС | РК |
| KS2 | 1,0 | 1,15 | KS3 | | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

Таблица 7

## Период стойкости резцов

| Черновая обработка | | | | Чистовая обработка | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Резцы токарные | Высота державки Н,мм | Пери од стой кости Т, мин для ТС | Пери од стой кости Т, мин для БРС | Резцы токарные | Высота дер-жавк и Н,мм | Период стой кости Т, мин для ТС | Пери-од стой-кос ти Т, мин для БРС |
| Проход ные | С20по40 | 30 | 30 | Проход ные | С20по40 | 60 | 60 |
| Подрез ные | С50по80 | 60 | 60 | Подрез ные | С50по80 | 90 | 90 |
| Расточ ные | С16по40 | 30 | 30 | Расточ ные | С16по40 | 60 | 60 |
| Отрезные | С16по40 | 30 | 30 | - | - | - | - |
| Прорезные | С50по80 | 60 | 60 | - | - | - | - |

Таблица 8

Значение коэффициента CV и показателей степени в формуле скорости резания при обработке резцами

| Вид обработки | Материал режущей части резца | Характеристи ка подачи S, мм/об | Коэффициент и показатели степени | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CV | x | y | n |
| Конструкционная углеродистая сталь | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными резцами | ТС | До 0,3 | 420 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | Св.0,3 до0,7 | 350 | | 0,35 | |
| | | Св.0,7 | 340 | | 0,45 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 292 | 0,30 | 0,15 | 0,18 |
| | | S>t | | 0,15 | 0,30 | |
| Отрезание | ТС | - | 47 | - | 0,80 | 0,18 |
| | БРС | - | 23,7 | - | 0,66 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Фасонное точение | БРС | - | 22,7 | - | 0,50 | 0,3 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 0 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 244 | 0,23 | 0,30 | 0,20 |
| | БРС | Черновые ходы: P<2 мм | 14,8 | 0,70 | 0,30 | 0,11 |
| | | P>2 мм | 30 | 0,60 | 0,25 | 0,08 |
| | | Чистовые ходы | 41,8 | 0,45 | 0,30 | 0,13 |
| Серый чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 292 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 243 | | 0,40 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 324 | 0,40 | 0,20 | 0,28 |
| | | S>t | | 0,20 | 0,40 | |
| Отрезание | ТС | - | 68,5 | - | 0,40 | 0,20 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 83 | 0,45 | - | 0,33 |
| Ковкий чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 317 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 215 | | 0,45 | |
| Отрезание | ТС | - | 86 | - | 0,4 | 0,20 |

Таблица 9

**Поправочные коэффициенты, учитывающие влияниегеометрических параметров резца на скорость резания**

| Главный угол в плане | Коэффициент $K_{\varphi V}$ | Вспомогательный угол в плане $\varphi_1^0$ | Коэффициент $K_{\varphi 1V}$ | Радиус при вершине | Коэффициент $K_{rV}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 1,4 | 1 | 1,0 | 1 | 0,9 |
| 30 | 1,2 | 1 | 0,97 | 2 | 1,0 |
| 45 | 1,0 | 2 | 0,94 | 3 | 1,0 |
| 60 | 0,9 | 3 | 0,91 | 5 | 1,3 |
| 75 | 0,8 | 4 | 0,87 | | |
| 90 | 0,7 | 5 | | | |

Таблица 10

**Поправочный коэффициент $K_{MV}$, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания**

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части инструмента | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Твердый сплав | Быстрорежущая сталь | | |
| | Расчетная формула | | | |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | KMV=750/σB | nV<br>K =Cm□ 750 □ ——<br>MV □□ □□<br>□ □ B □ | | |
| Чугун серый | 1, 25<br>KMV= □ 190 □¯¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ¯¯ | | |
| Чугун ковкий | 1, 25<br>KMV= □ 150 □¯¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ¯¯ | | |
| Обрабатываемый материал | Коэффициент обрабатываемости Cm | Показатели степени nv | | |
| | | точение | сверление | фрезерование |
| Сталь: Углеродистая (C<0,6%) | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 0,9 |
| Углеродистая (C>0,6%) | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Автоматная | 1,2 | 1,75 | 1,0 | - |
| Никелевая | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Хромистая | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,45 |
| Хромоникелевая | 0,9 | 1,50 | 0,9 | 1,35 |
| Хромомолибденовая, хром | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Алюминиевая и близкие к ним | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Хромомарганцевая, хромкремневая близкие к ним | 0,7 | 1,50 | 0,9 | 1,0 |
| Инструментальная быстрорежущая | 0,6 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Чугун: Серый | - | 1,70 | 1,3 | 0,95 |
| Ковкий | - | 1,70 | 1,3 | 0,85 |

Таблица 11

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозийно-стойких сталей и сплавов на скорость резания**

| Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усреднение значение коэф. KMV | Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усредненное значение коэф. KMV |
|---|---|---|---|---|---|
| 12Х8Н9Т | 550 | 1,0 | ХН60ВТ | 750 | 0,48 |
| 13Х11Н2В2М Ф | 1100-1460 | 0,8-0,3 | ХН77ТЮ | 850-1000 | 0,40 |
| 14Х17Н2 | 800-1300 | 1,0-0,75 | ХН35ВТ | - | 0,26 |
| 13Х14Н3В2Ф Р | 700-1200 | 0,5-0,4 | ХН70ВМТЮ | 950 | 0,50 |
| 17Х12Н8Г8М ФБ | - | 0,95-0,72 | ХН55ВМТК Ю | 1000-1250 | 0,25 |
| 45Х14Н14В2 М | 700 | 1,06 | ХН65ВМТЮ | 1000-1250 | 0,20 |
| 10Х11Н20Т3Р | 720-800 | 0,85 | ХН35ВТЮ | 900-1000 | 0,22 |
| 12Х21Н5Т | 820-10000 | 0,65 | ВТ3-1; ВТ3 | 900-950 | 0,40 |
| 20Х23Н18 | 600-620 | 0,80 | ВТ5; ВТ4 | 950-1200 | 0,70 |
| 31Х19Н9МВБ Т | 600-620 | 0,40 | ВТ6; ВТ8 | 750-950 | 0,35 |
| 15Х18Н12С4Т Ю | 730 | 0,50 | ВТ14 | 900-1200 | 0,53-0,43 |
| ХН78Т | 780 | 0,75 | 12Х13 | 900-1400 | 1,5-1,2 |
| ХН75МБТЮ | - | 0,53 | 30Х13; 40Х13 | 600-1100 | 1,3-0,9 |

Таблица 12

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико- механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания**

| Медные сплавы | KMV | Алюминиевые сплавы | KMV |
|---|---|---|---|
| Гетерогенные: НВ>140<br>НВ 100-140 | 0,7<br>1,0 | Силумин и литейные сплавы (закаленные), σВ=400-500 МПа, НВ>60 | 0,8 |
| Свинцовистые при основной гетерогенной структуре | 1,7 | Дюралюминий (закаленный), σВ=400-500 МПа, НВ>100 | 0,8 |
| Гомогенные | 2,0 | Силумин и литейные сплавы σВ=100-200 МПа, НВ>65 | 1,0 |
| Сплавы с содержанием свинца <10% при основной гомогенной структуре | 4,0 | Дюралюминий, σВ=300-400 МПа, НВ<140 | 1,0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Медь | 8,0 | Дюралюминий, σВ=200-300 МПа, | 1,2 |
| Сплавы с содержанием свинца >15% | 12,0 | | |

Таблица 13 Поправочный коэффициент $K_{nV}$, учитывающий состояние поверхности заготовки на скорость резания

| Состояние поверхности заготовки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Без корки | С коркой | | | | |
| | Прокат | поковка | Стальное и чугунное литье | | Медные и алюминиевые сплавы |
| | | | обычное | С загрязненной коркой | |
| коэффициент KnV | | | | | |
| 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,8-0,6 | 0,5-0,6 | 0,9 |

Таблица 14

## Поправочный коэффициент КИV, учитывающий влияние материала режущей части инструмента на скорость резания

| Обрабатываемый материал | Значение коэффициент КИV в зависимости от марки инструментального материала | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сталь конструкционная | Т15К12В 0,35 | Т5К1 0 0,65 | Т14К 8 0,8 | Т15К6 1,0 | Т30К4 1,4 | ВК8 0,4 | |
| Сталь коррозийно- стойкая и жаропрочная | ВК8 1,0 | Т5К1 0 1,4 | Т15К 6 1,9 | Р18 0,3 | | | |
| Сталь закаленная | HRC 35-50 | | | | HRC 51-62 | | |
| | Т15К6 1,0 | Т30К 4 1,25 | ВК6 0,85 | ВК4 1,0 | ВК6 0,92 | ВК8 0,74 | ВК8 0,83 |
| Серый и ковкий чугун | ВК8 0,83 | ВК6 1,0 | ВК4 1,1 | ВК3 1,15 | ВК2 1,25 | | |
| Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы | Р18, Р9 1,0 | ВК4 2,5 | В68 2,7 | 9ХС 0,6 | ХВГ 0,6 | У12 А 0,5 | |

Таблица 15

## Поправочный коэффициент КМР для стали и чугуна, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на силовые зависимости

| Обрабатываемый материал | Расчетная формула | Показатель степени мр при определении | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Составляющей PZ силы резания при обработке резцами | Крутящего момента М и осевой силы Ро при сверлении | Окружной силы резания PZ при фрезеровании |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная | | | | |
| σВ<600 МПа | | 0,75/0,35 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| σВ>600 МПа | $K_{MP} = \square \square B$ | 0,75/0,75 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| Серый чугун | $K_{MP} = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| Ковкий чугун | $K_{MP} = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| В числителе приведены значения показателя степени мр для твердого сплава, в знаменателе- для быстрорежущей стали. | | | | |

Таблица 16

## Значение коэффициента CPZ и показателей степеней в формуле силы резания при обработке резцами

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части резца | Вид обработки | Коэффициент и показатели степеней | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CPZ | x | y | n |
| Конструкцион ная сталь и стальное литье | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 300 | 1,0 | 0,75 | -0,15 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 384 | 0,90 | 0,90 | |
| | | Отрезание и прорезание | 408 | 0,72 | 0,8 | 0 |
| | | Нарезание резьбы | 148 | - | 1,7 | 0,71 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 200 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и | 247 | | 1,0 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | прорезание | | | | |
| | | Фасонное точение | 212 | | 0,75 | |
| Сталь жаропрочная | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 204 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| Серый чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 92 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 123 | | 0,85 | |
| | | Нарезание резьбы | 103 | - | 1,8 | 0,82 |
| | БРС | Отрезание и прорезание | 158 | 1,0 | 1,0 | 0 |
| Ковкий чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 81 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 139 | | 1,0 | |
| Медные сплавы | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 55 | 1,0 | 0,66 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 75 | | 1,0 | |
| Алюминий и силумин | БРС | Отрезание и прорезание | 40 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 50 | | 1,0 | - |

Таблица 17 Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на силу резания PZ при обработке сталей и чугуна

| Параметры | | Материал режущей части инструмента | Коэффициенты | |
|---|---|---|---|---|
| Наименование | Вели чина | | Обозна чение | Величина коэффициента |
| Главный угол в плане φ0 | 30 | ТС | Кφ | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,94 |
| | 90 | | | 0,89 |
| | 30 | БРС | | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,98 |
| | 90 | | | 1,08 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Передний угол γ0 | -15<br>0<br>10 | ТС | К γ | 1,25<br>1,1<br>1,0 |
| | 12-15<br>20-25 | БРС | | 1,15<br>1,0 |
| Угол наклона режущей кромки λ0 | -5<br>0<br>5<br>15 | ТС | Кλ | 1,0<br>-<br>-<br>- |
| Радиус при вершине резца r,<br>мм | 0,5<br>1,0<br>2,0<br>3,0<br>4,0 | БРС | К r | 0,87<br>0,93<br>1,0<br>1,04<br>1,10 |

Таблица 18

**Поправочный коэффициент $К_{МР}$ для медных и алюминиевых сплавов, учитывающий влияние свойства обрабатываемого материала на силу резания**

| КМР для медных сплавов | | | | | | КМР алюминиевых сплавов | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гетерогенные | | С содерж. свинца <10% | С содерж. свинца >15% | Галогенные | Медь | Алюминий и силумин | дюралюмин | |
| НВ<12 0 | НВ<120 | | | | | | σВ<35 0 МПа | σВ>350 МПа |
| 1,0 | 0,75 | 0,65-0,70 | 0,25-0,45 | 1,8-2,2 | 1,7-2,1 | 1,0 | 2,0 | 2,75 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ А. Упорев

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению самостоятельной и практической работы по дисциплине

## Б1.В.03 ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Автор: Волегов С. А. к.т.н.

| | |
|---|---|
| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
| Эксплуатации горного оборудования | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Симисинов Д.И. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 21.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# Оглавление

**1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ** ..... 3
19. Опишите технологию производства гнутых профилей. ..... 7
**1.3. Волочение** ..... 7
**1.4. Ковка** ..... 10
**2. СВАРКА** ..... 15
**2.1. Ручная сварка покрытыми электродами** ..... 19
**3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ** ..... 29
4. Литье
5. Получение металлов

# 1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

## 1.1. Общая характеристика способа

Обработка металлов давлением - один из прогрессивных способов получения заготовок и деталей сложной конфигурации. При этом методе повышается коэффициент использования металла, уменьшаются отходы, улучшаются свойства металла, 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.

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**.

Характер пластической деформации зависит от соотношения процессов упрочнения и разупрочнения. Принято 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.

Основными схемами деформирования объемной заготовки, применяемые в промышленности 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.

## 1.2. Методические указания

Изучая обработку металлов давлением, следует обратить внимание на различие между упругой и пластической видами деформации.

Основным видом обработки материалов давлением является прокатка. Рассматривая процесс прокатки, следует изучить схему и сущность процесса: как происходить захват металла валками и какие виды деформации различают при прокатке. При изучении технологии

изготовления отдельных видов проката надо обратить внимание на последовательность операций выполняемых отдельными машинами и механизмами.

Необходимо усвоить понятия горячей и холодной обработки давлением, явления, которыми они охарактеризуются: наклеп и рекристаллизация. Для обеспечения равномерного прогрева заготовки по высоте и сечению нужно правильно выбрать режим нагрева.

Путем прессования, в отличие от проката, когда используются пластичные материалы, при деформации сплавов пониженной пластичности, можно получать сложные по форме и точные по размеру профили. При изучении прессования необходимо запомнить, что этот способ применяют для обработки давлением труднодеформируемых сталей и сплавов цветных металлов.

Прессование производят на прессах. Изготовление изделий малых сечений методами проката и прессования обычно энергетически нецелесообразно.

Для производства проволоки, прутков, фасонных профилей и труб малого сечения более рационально использовать процесс ***волочения*** материалов. Необходимо понять сущность процесса волочения при получении прутков, фасонных профилей и труб, а также изучить устройство инструмента (волоки) и оборудования (волочильные станы). Технологические операции волочения проводят после предварительной подготовки металлических заготовок: применяют различные виды смазки в зависимости от обрабатываемого металла и его назначения. Волочение проводят обычно в холодном состоянии, что приводит к появлению в металле наклепа. Для снятия наклепа на некоторых этапах волочения применяют промежуточный или так называемый межоперационный отжиг.

Крупные изделия сложной формы изготавливают методом ковки. Рассматривая технологию свободной ковки, обратите внимание на необходимость учета припусков, допусков и напусков, их размеров и назначения изделий.

При знакомстве с горячей и холодной объемной штамповкой изучите два способа: в открытых и закрытых штампах. Затем следует рассмотреть устройство и принцип работы штамповочных молотов и прессов.

При рассмотрении технологии листовой штамповки следует различать штампы простого, последовательного и совмещенного действия, механизмы подачи и перемещения листового материала, уда-

ления изделий и отходов. Обратите внимание на новые и специальные методы листовой штамповки, их преимущества и недостатки, перспективы развития.

## Вопросы для самопроверки:

1. На чем основана обработка металлов давлением? Опишите сущность обработки металлов давлением.
2. В чем заключается преимущество обработки металлов давлением по сравнению с обработкой резанием?
3. Как влияет обработка давлением на структуру и свойства металла?
4. Как изменяется микроструктура металла после обработки давлением? Какие нагревательные устройства применяются перед обработкой металла давлением? Опишите их устройство и назначение.
5. Объясните сущность процесса прокатки. Рассмотрите основные виды прокатки.
6. Опишите технологию производства сортовых профилей.
7. Опишите технологию производства листового проката.
8. Опишите технологию производства бесшовных труб.
9. Опишите технологию производства сварных труб.
10. Опишите технологию производства специальных видов проката.
11. Опишите основные операции ковки и применяемый инструмент. Приведите эскизы.
12. Какое оборудование применяется для ковки? Рассмотрите последовательность операций процесса ковки. Опишите их содержание и назначение.
13. В чем заключается сущность процесса горячей объемной штамповки? Приведите схемы штамповки в открытых и закрытых штампах.
14. Какое применяется оборудование для горячей объемной штамповки?
15. Дайте описание технологии холодной штамповки. Ответ иллюстрируйте схемами выдавливания.
16. Рассмотрите технологический процесс прессования (выдавливания) труб.

17. Что такое волочение? Сущность процесса волочения проволоки, применяемое оборудование и порядок выполнения технологических операций.

18. Дайте описание технологического процесса волочения труб, применяемого при этом оборудования и инструментов.

19. Опишите технологию производства гнутых профилей.

## Работа №1. Волочение

### Краткие теоретические сведения

**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 инструмента определяет форму получаемого профиля изделия.

Схемы волочения прутка и трубы и примеры профилей представлены на рис. 1.1. Волочение труб можно производить без оправки и на оправке, если требуется уменьшить наружный диаметр и толщину стенки.

В связи с тем, что величина деформации за один проход ограничена, то величина вытяжки не должна превышать 1,05 ... 1,5.

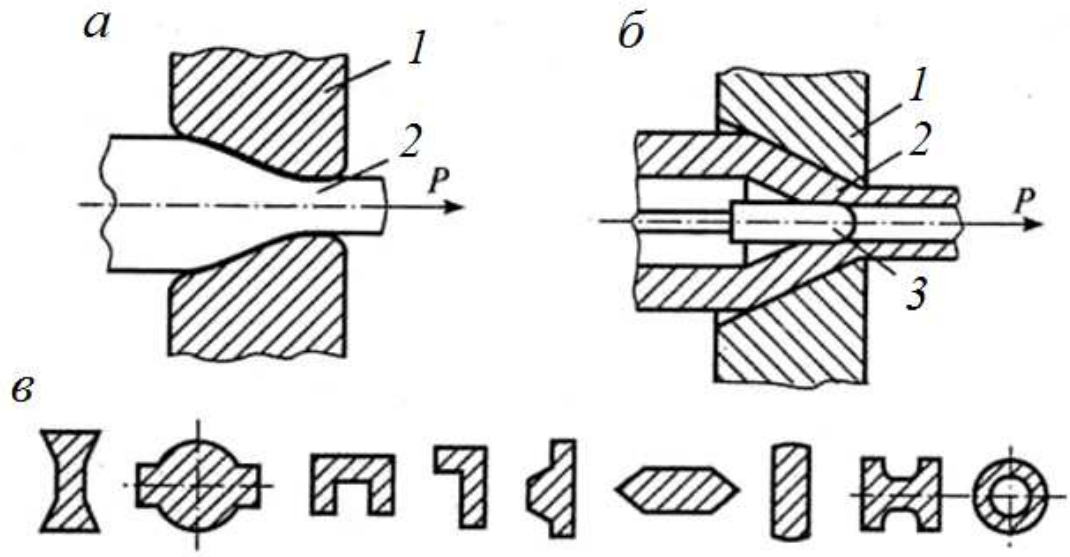



Рис. 1.2. Схемы волочения прутка (*а*), трубы (*б*) и примеры профилей, получаемых волочением (*в*):
*1* – фильера; *2* – заготовка; *3* – оправка

Если суммарная деформация металла превышает предельную пластичность (сужение) металла, то необходимо проведение промежуточного рекристаллизационного отжига заготовки перед следующим волочением для устранения пластической деформации и восстановления пластичности металла заготовки. При необходимости отжиг проводится несколько раз.

Истинная деформация, в отличие от относительной деформации, отражает смысл процесса деформирования. При больших деформациях (> 60 %) значения истинной и условной деформаций существенно различаются (истинное удлинение меньше относительного).

Относительное сужение

$$\psi = \frac{S_0 - S_к}{S_к}.$$

Истинное сужение заготовки

$$\varphi = \ln \frac{S_0}{S_к}.$$

Истинная и относительная деформация металла заготовки связаны между собой соотношением

$$e = \ln\left(\frac{1}{1 - \psi}\right).$$

Общая вытяжка заготовки за весь цикл обработки составляет

$$\mu_{общ} = \left(\frac{d_0}{d_к}\right)^2.$$

Общее истинное сужение заготовки

$$\Psi_{общ} = \psi_1 + \psi_2 + \ldots + \psi_i + \ldots + \psi_n = \sum_{i=0}^{n} \psi_i.$$

Диаметр проволоки после одного прохода

$$d_{п1} = d_0 z = d_0 \sqrt{\frac{1}{\mu_1}}$$

Количество проходов для достижения предельной величины истинной деформации

$$n = \frac{\ln \frac{d_к}{d_0}}{\ln z}.$$

где $d_0$; $d_к$ – начальный и конечный диаметр прутка, мм;

$\varphi$ – относительная деформация (сужение) заготовки;

$n$ – число проходов;

$\psi_i$ – относительное сужение металла заготовки за $i$-проход;
$\mu_i$ – вытяжка заготовки за $i$-проход;
$S_0$ и $S_к$ – начальная и конечная площадь основания заготовки, мм$^2$.

## Задача № 1

Определить количество проходов $n$ заготовки, необходимых для получения волочением прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка за проход для материала заготовки составляет $\mu_i$. Определить вытяжку за последний проход, чтобы выдержать заданный диаметр готового изделия $d_к$.

**Варианты исходных данных к задаче № 1**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 2

Обосновать необходимость промежуточного отжига заготовки при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Определить расчетом, после какого прохода необходим рекристаллизационный отжиг, если предельная пластичность (сужение) металла составляет $\psi$ (%), а допустимая вытяжка металла за проход - $\mu_i$. Определить также количество отжигов за полный цикл обработки.

**Варианты исходных данных к задаче №2**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 3

Определить необходимое число проходов $n$ и диаметр $d_{in}$ (мм) волоки на отдельных проходах при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка металла заготовки за проход составляет $\mu_i$.

**Варианты исходных данных к задаче №3**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

## Работа №2. Ковка

### Краткие теоретические сведения

**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 и машинную, осуществляемую с помощью молотов и прессов.

К основным операциям машинной ковки относятся осадка, протяжка, прошивка, гибка, сварка, скручивание, отрубка и раскатка (рис. 1.3).

**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.

Относительная деформации в направлении осадки

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_1},$$

где $h_0$ – высота образца до осадки; $h_1$ – высота образца после осадки.

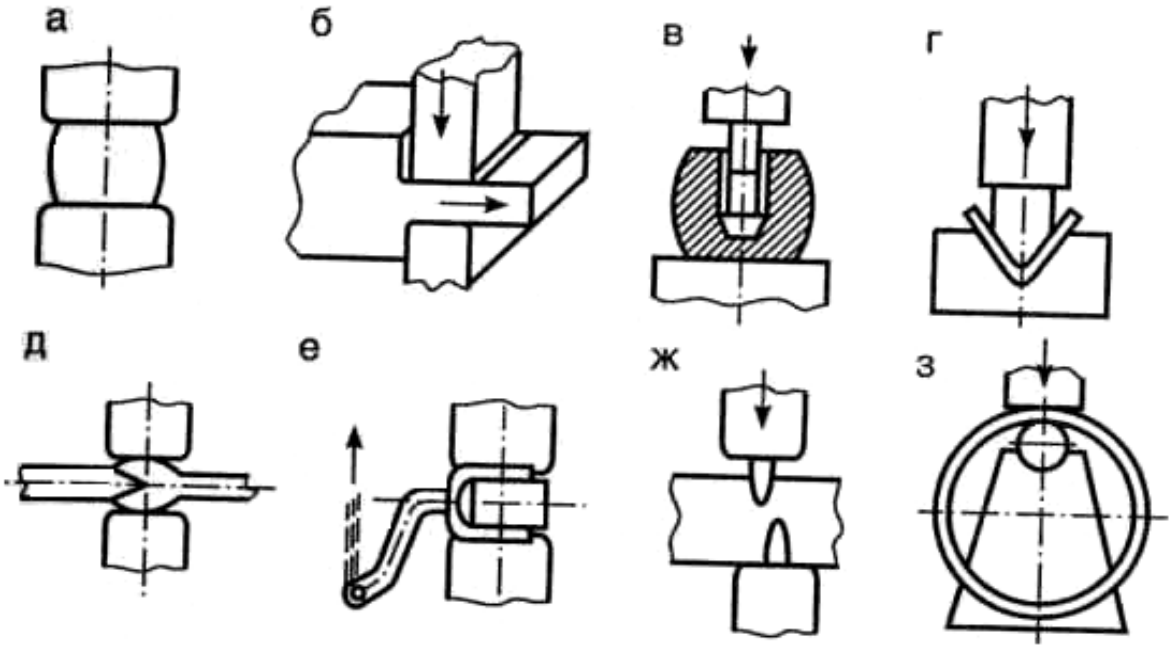



Рис. 1.3. Схема основных операций машинной ковки:
*а* – осадка; *б* – протяжка; *в* – прошивка; *г* – гибка; *д* – сварка;
*е* – скручивание; *ж* – отрубка; *з* – раскатка

Удельное усилие при осадке заготовок цилиндрической формы может быть определено по формуле

$$P = \sigma_т \left(1 + \frac{f \cdot d_1}{4h_1}\right),$$

где $\sigma_т$ – предел текучести металла при температуре деформации; $f$ – коэффициент трения между заготовкой и инструментом (0,3 - 0,5); $h_1$ – высота заготовки после осадки; $d_1$ – диаметр заготовки после осадки.

Сила деформирования при осадке

$$P_д = P \cdot W \cdot \psi_м \cdot S, \text{ (Н)},$$

где $W$ – скоростной коэффициент при осадке ($W$ = 1 при осадке прессом, $S$ – площадь заготовки при осадке; $W$ = 2,5 при осадке молотом); $\psi_м$ – масштабный коэффициент (табл.1).

Работа деформации

$$A_д = W\psi_м PV\ln\frac{h_0}{h_1}, \text{ (Дж)},$$

где $V$ – объем заготовки, м$^3$.

Энергия одного удара молота

$$E = mgH\eta, \text{ (Дж)},$$

где $m$ – масса молота, кг;

$H$ – высота падения молота, м;

$g$ – ускорение свободного падения 9,8 м/с$^2$;

$\eta$ – коэффициент полезного действия, 0,85.

Средний диаметр осаженной поковки

$$d_1 = d_0\sqrt{(h_0/h_1)}, \text{ мм}.$$

Число ударов молота

$$n = \frac{A_д}{E}.$$

Объем осаживаемой заготовки

$$V_0 = \frac{\pi d_0^2 h_0}{4}.$$

Поскольку объем заготовки не изменяется, то диаметр заготовки после осадки

$$d_1 = \sqrt{\frac{4V_0}{\pi h_1}}.$$

Таблица 1.1

**Масштабный коэффициент $\psi_м$ для определения усилия деформирования при обработке давлением**

| Масса поковки, кг | 0 - 1500 | 1500 - 60000 | 60000 - 80000 | 80000 -200000 |
|---|---|---|---|---|
| $\psi_м$ | 10 | 9 - 8 | 7 - 6 | 5 - 4 |

Таблица 1.2.

**Временное сопротивление разрыву (МПа) некоторых сталей при повышенных температурах**

| Марка стали | Температура испытаний, °С | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 700 | 800 | 1000 | 1100 | 1200 |
| 20 | 145 | 96 | 54 | 38 | 23 |
| 45 | 170 | 110 | 50 | 34 | 27 |
| 30ХГС | 175 | 85 | 37 | 21 | 10 |
| 40Х | 175 | 98 | 24 | 11 | 11 |

Примечание: для отожженной углеродистой стали отношение $\sigma_т/\sigma_в$ составляет примерно 0,5; а для отожженной легированной стали – 0,5-0,6.

Таблица 1.3

**Температурные интервалы ковки и штамповки конструкционных, углеродистых и легированных сталей**

| Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки в $^0$С | Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки, $^0$С |
|---|---|---|---|
| Ст.0 – Ст.3 | 1300 - 700 | 35Х, 38ХА, 40ХА | 1180 - 820 |
| Ст.4, Ст.5 | 1250 - 750 | 25Н, 30Н, 25НА, 30НА, 12Х18Н12Т | 1220 - 800 |
| Ст.6, Ст.7 | 1200 - 750 | 40ХГ, 40ХГА | 1180 - 800 |
| 10, 15 | 1300 - 750 | 12ХН2, 12ХН2А, 12ХН3 | 1180 - 800 |
| 20, 25, 30, 35 | 1250 - 750 | 30ХН3, 30ХН3А, 37ХН3А | 1160 - 850 |
| 40, 45, 50, 55 | 1200 - 750 | 37ХС, 40ХС, 40ХСА | 1150 - 830 |
| 15Г, 20Г, 30Г | 1230 - 800 | 27СГ, 35СГ | 1230 - 800 |
| 40Г, 50Г | 1200 - 800 | 70Г | 1180 – 780 |
| 40Г2, 45Г2, 50Г2 | 1180 - 830 | 15ХГ, 30ХГС | 1230 – 850 |

**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 |

## 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 | 30ХГС | 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 | 12Х18Н12 | 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 молота $m$ и число ударов $n$, необходимых для осадки стальной заготовки с начальными размерами $d_0$ (мм), $h_0$ (мм) до высоты $h_1$ (мм). Расчет $m$ выполнить для температуры окончания ковки, расчет $n$ выполнить для средней температуры ковки при высоте падения молота $H = 0{,}8$ м.

**Варианты исходных данных к задаче № Д.2.2**

| № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ | № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 45 | 100 | 140 | 70 | 11 | 12Х18Н12 | 100 | 140 | 70 |
| 2 | 40Х | 120 | 300 | 80 | 12 | 30 | 120 | 300 | 80 |
| 3 | 20 | 150 | 350 | 100 | 13 | 30ХГС | 150 | 350 | 100 |
| 4 | 30ХГС | 100 | 150 | 80 | 14 | 30 | 100 | 150 | 80 |
| 5 | 45 | 120 | 250 | 70 | 15 | 40Х | 120 | 250 | 70 |
| 6 | 40Х | 130 | 200 | 100 | 16 | 20 | 130 | 200 | 100 |
| 7 | 20 | 110 | 210 | 80 | 17 | 12Х18Н12 | 110 | 210 | 80 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 30ХГС | 120 | 250 | 120 | 18 | 30 | 120 | 250 | 120 |
| 9 | 45 | 90 | 80 | 90 | 19 | 40Х | 130 | 180 | 90 |
| 10 | 40Х | 100 | 150 | 80 | 20 | 12Х18Н12 | 100 | 150 | 80 |

# 2. СВАРКА

## 2.1. Общая характеристика способа

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*** – технологический процесс получения неразъемных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением.

Сварка плавлением обычно возможна только в тех случаях, когда свариваемые металлы образуют при расплавлении единую сварочную ванну, т. е. растворяются друг в друге в жидком состоянии. Поэтому она применяется для сварки однородных металлов.

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.

При дуговой сварке 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*).

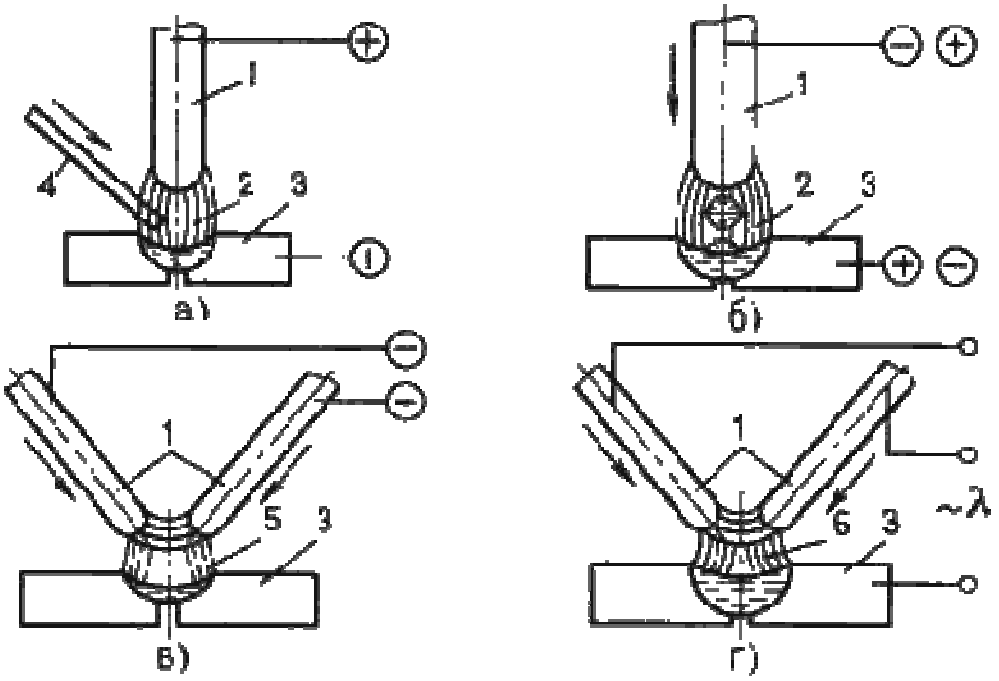



Рис. 2.1. Схемы дуговой сварки

Разновидности дуговой сварки различают по способу защиты дуги и расплавленного металла и степени механизации процесса.

Ручную дуговую сварку (РДС) 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 (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150) (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; Э42А – 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).

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. Дефекты швов являются следствием неправильного выбора или нарушения режима сварки. Виды внешних и внутренних дефектов сварных швов устанавливают методами дефектоскопии.

## 2.2. Методические указания

Следует ознакомиться с классификацией способов сварки, их краткой характеристикой и особенностями применения в машиностроении, отметив преимущества сварки по сравнению с другими способами изготовления и ремонта деталей.

Обратить внимание на виды дефектов сварки и пайки, причины их возникновения и методы предупреждения.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Опишите физические основы получения сварного соединения.
2. Приведите классификацию методов сварки. Опишите их преимущества и недостатки.
3. Что называется свариваемостью металлов?
4. Какие типы сварных соединений Вы знаете?
5. Изложите различные способы электродуговой сварки.
6. Какие виды автоматизированных процессов сварки Вы знаете?
7. В чем сущность способа автоматической сварки? Начертите ее технологическую схему.

8. Опишите процесс электрошлаковой сварки.

9. Опишите принципиальную схему аргоно-дуговой сварки и ее преимущества перед другими способами сварки в среде защитных газов.

10. В чем состоит сущность газовой сварки?

11. Изложите сущность электродуговой резки металлов. Какое при этом применяется оборудование и каковы принципы его работы?

12. Расскажите о газовой резке металлов и областях ее применения.

13. Приведите примеры контроля качества сварных швов.

14. Опишите технологию контактной роликовой сварки стальных листов.

15. Опишите технологию дуговой сварки под слоем флюса труб большого диаметра из стали 18ХГТ в условиях серийного производства.

16. Начертите схему контактной роликовой (шовной) сварки. Опишите, в чем состоят ее достоинства и недостатки.

17. Изобразите схему контактной точечной сварки. Опишите области ее применения.

18. В чем заключаются физические основы холодной сварки и сварки трением. Области их применения.

19. Изложите способы сварки ультразвуком и взрывом, диффузионной сварки в вакууме, газопрессовой сварки.

20. Расскажите о структурных превращениях стали в зоне термического влияния.

21. Каковы особенности сварки и контроля углеродистых и низколегированных сталей?

22. Каковы особенности сварки чугунных отливок?

23. Расскажите о способах сварки Cu, Al и их сплавов.

24. Опишите технологию сварки емкостей из стали 14Х17Т толщиной 8 мм. В чем состоит особенность сварки высокохромистых сталей?

25. Какие физические явления сопутствуют пайке металлов? Какие применяются припои и каков их состав?

26. В чем состоят различия в технологии пайки мягкими и твердыми припоями?

27. Приведите примеры дефектов сварных швов и способы их контроля.

28. Опишите методы устранения дефектов сварки и пайки.

## 2.1. Ручная сварка покрытыми электродами

### Краткие теоретические сведения

Основной задачей при проведении процесса сварки является разработка режима сварки. Режим дуговой сварки – совокупность факторов, обеспечивающих получение сварочного шва хорошего качества и заданных размеров. К таким факторам относятся род и полярность **сварочного** тока, его величина, тип и марка электрода, его

диаметр, напряжение на дуге, положение шва в пространстве, скорость **сварки**.

Род **сварочного** тока – постоянный или переменный – и его полярность зависит от марки и толщины свариваемого металла. Эти данные, а также типы и марки электродов приводятся в справочных таблицах.

Диаметр электрода в зависимости от толщины свариваемых деталей можно выбрать по табл. 4.

При сварке многослойных швов первый шов сваривают электродом диаметром не более 4 мм, а при диаметре электрода большем этого может быть непровар корня шва.

Диаметр электрода при сварке вертикальных швов не более 5 мм, потолочных – не более 4 мм независимо от толщины свариваемого металла. При выборе диаметра электрода для сварки угловых и тавровых соединений принимается во внимание катет шва. Диаметр электрода при катете шва – 3...5 - 3...4 мм, при катете 6...8 - 4...5 мм.

Величина сварочного тока в зависимости от диаметра электрода печатается на упаковке электродов.

Для сварки в нижнем положении величину сварочного тока можно определить по формуле:

$$I_{св} = (40...60)\, d,$$

где $I_{св}$ – величина **сварочного** тока, А; 40...60 – коэффициент, зависящий от типа и диаметра электрода; $d$ – диаметр электрода, мм.

При сварке конструкционных сталей:

- для электродов диаметром 3...6 мм величина **сварочного** тока: $\boldsymbol{I_{св} = (20 + 6d)\, d}$**;**
- для электродов диаметром менее 3 мм: $\boldsymbol{I_{св} = 30d}$.

Величина **сварочного** тока зависит как от диаметра электрода, так и от длины его рабочей части, состава покрытия, его положения в пространстве **сварки**.

Интервал изменения $I_{св}$ = 150 ... 400 А, напряжение $U$ = 16 ... 30 В.

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$^2$.

Учитывая заданную марку стали и временное сопротивление разрыва стали (табл. 1), выберите тип электрода (табл. 5). Если сварное соединение должно работать при ударных нагрузках, выбирайте электрод с повышенными пластическими свойствами.

Одним из основных параметров режима ручной дуговой сварки является диаметр электрода $d_э$ (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.

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

$$L_д = 0{,}5(d_э + 2), \qquad (2.2)$$

где $d_э$ – 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.

$$U_д = a + pL_д, \quad (2.3)$$

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 создания сварного шва $Q_н$ (г)

$$Q_н = 10^{-3} lS\gamma, \quad (2.4)$$

где $l$ – длина свариваемого шва (мм), $S$ – площадь поперечного сечения шва (мм$^2$), $\gamma$ – плотность электродного металла (для стали $\gamma$ = 7,8 г/см$^3$). Для одностороннего стыкового шва без скоса кромок площадь поперечного сечения $S$:

$$S = bh, \quad (2.5)$$

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 $S$:

$$S = h\,(b - 1) + 0{,}5(h^2 + 1), \quad (2.6)$$

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) составляет

$$t_о = Q_н/(I_{св} \cdot \alpha_н), \quad (2.7)$$

где $Q_н$ – масса наплавленного металла (г), $I_{св}$ – сила сварочного тока (А), $\alpha_н$ – коэффициент наплавки (г/А-ч), (табл. 7).

Скорость сварки $V_{св}$ (м/ч)

$$V_{св} = 10^{-3} l/t_о, \quad (2.8)$$

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

$$t_п = t_о/M, \quad (2.9)$$

где $t_о$ − основное время горения дуги (ч), $M$ – коэффициент производительности, ($M$ = 0,6 – 0,8).

Массу расплавленного металла $Q_р$ (г) можно определить, подчитав массу расплавленных электродов

$$Q_р = 10^{-3}\,\gamma\pi d^2\,(l_э - l_{ог})\,n/4, \quad (2.10)$$

где γ – плотность электродного металла, $d_э$ диаметр электрода (мм), $l_э$ – длина электрода (мм) (табл. 4), $l_{ог}$ – длина огарка (мм), (принимают $l_{ог}$ = 50 мм), $n$ – число электродов. Расход электродов (кг) на 1 кг наплавленного металла – 1,6 -1,7.

В заключении, определяют полный расход электроэнергии на сварку А (кВт·ч)

$$A = I_{св} U_д t_о, \qquad (2.11)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока (А), $U_д$ – напряжение дуги (В), $t_о$ – основное время горения дуги (ч).

Для расчета основных параметров режима электродуговой сварки воспользоваться табл. 2*.

## 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 2.1

**Исходные данные для выполнения задания С.1**

| № варианта | Марка стали | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа | Толщина свариваемой стали, Н, 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 |
| 226 | 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 режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

**Варианты исходных данных для задачи С.2**

| № вар | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ | № вар. | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ст3 | 6 | 500 | 1000 | 11 | 10 | 8 | 700 | 2000 |
| 2 | 10 | 7 | 700 | 1500 | 12 | 20 | 9 | 800 | 2100 |
| 3 | 20 | 8 | 800 | 1600 | 13 | Ст3 | 6 | 650 | 2000 |
| 4 | Ст3 | 9 | 900 | 2000 | 14 | 10 | 7 | 650 | 2200 |
| 5 | 10 | 6 | 550 | 1500 | 15 | 20 | 8 | 850 | 2500 |
| 6 | 20 | 7 | 600 | 2000 | 16 | Ст3 | 9 | 1000 | 2500 |
| 7 | Ст3 | 8 | 750 | 2200 | 17 | 10 | 6 | 700 | 1700 |
| 8 | 10 | 9 | 950 | 2500 | 18 | 20 | 7 | 550 | 1600 |
| 9 | 20 | 6 | 600 | 1900 | 19 | Ст3 | 8 | 900 | 2000 |
| 10 | Ст3 | 7 | 500 | 1200 | 20 | 10 | 9 | 1100 | 2300 |

## Задача С.3

Для изготовления из листа толщиной $h$ (мм) конического днища для обечайки диаметром $D$ (мм) с углом конуса α (град) разработать 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

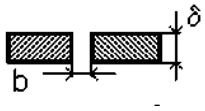
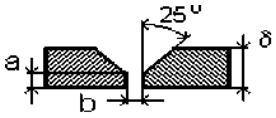
Для изготовления из листа толщиной $h$ (мм) конического перехода длиной $L$ (мм) между трубопроводами $D$ (мм), $d$ (мм) разработать режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

**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 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 | С2 |  | 1,5–2,5<br>3,0–4,0 | 1<br>2 |  |
| Шов стыковой односторонний с $V$-образным скосом двух кромок | С17 |  | 4,5–7,5<br>8,0–13,5<br>14,0–16,0 | 3<br>4<br>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 2.5

**Тип электрода**

| Тип электрода | Механические свойства металла сварного шва | | |
|---|---|---|---|
| | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа | Относительное удлинение $\varepsilon$, % | Ударная вязкость $KCU$, МДж/м$^2$ |
| Э38 | 380 | 14 | 0,3 |
| Э42 | 420 | 18 | 0,8 |
| Э42А | 420 | 22 | 1,5 |
| Э46 | 460 | 18 | 0,8 |
| Э46А | 460 | 22 | 1,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Э50 | 500 | 16 | 0,7 |
| Э50А | 500 | 20 | 1,3 |
| Э55 | 550 | 20 | 1,2 |
| Э60 | 600 | 18 | 1,0 |
| Э70 | 700 | 14 | 0,6 |
| Э85 | 850 | 12 | 0,5 |
| Э100 | 1000 | 10 | 0,5 |
| Э125 | 1250 | 8 | 0,4 |
| Э150 | 1500 | 6 | 0,4 |

Таблица 2.7

**Марка электрода**

| Тип электрода | Марка электрода | Диаметр электрода $d_э$, мм | Коэффициент наплавки $\alpha_н$, г/А·ч |
|---|---|---|---|
| Э42 | ОЗС-23 | 2; 3 | 8,5 |
| | ВСЦ-4 | 3; 4 | 9,5 |
| | ОМА-2 | 2; 2,5; 3 | 8 |
| | АНО-6 | 4; 5 | 10 |
| Э42А | УОНИ-13/45 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |
| | СМ-11 | 3; 4; 5 | 10 |
| Э46 | 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 |
| Э46А | ВН-48 | 2,5; 3; 4; 5; 6 | 11 |
| | ОЗС-22Р | 3; 4; 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/55К | 3; 4; 5 | 9,5 |
| Э50 | ВСЦ-4А | 3; 4 | 9,5 |
| Э50А | УОНИ-13/55 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9 |
| | АНО-11 | 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ДК-50 | 4; 5 | 10 |
| Э55 | УОНИ-13/55У | 4; 5; 6 | 10 |
| Э60 | ВСЦ-60 | 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/65 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ОЗС-24 | 3; 4 | 9,5 |
| Э70 | ВСФ-75У | 4 | 9 |
| Э85 | 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 |
| Э100 | ОЗШ-1 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |

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$^2$ | $S = b \cdot h$ | |
| | | | $S = 8(h - 1) + 0{,}5(h_2 + 1)$ | 94 |
| 10 | Масса наплавленного металла | $Q_н$, г | $Q_н = 10\text{-}3lS\gamma$ | 337,27 |
| 11 | Коэффициент наплавки | $\alpha_н$, г/А·ч | табл. 7 | 10 |
| 12 | Основное время горения дуги | $t_о$, ч | $t_о = Q_н / I_{св}\,\alpha_н$ | 0,11 |
| 13 | Скорость сварки | $V_{св}$, м/ч | $V_{св} = 10\text{-}3l/t_о$ | 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 | $Q_р = 10\text{-}3\,\gamma\pi d_э^2(l_э - l_{ог})n/4$ | 352,68 |
| 18 | Коэффициент потерь | ψ, % | $\psi = 10^2(Q_р - Q_н)/Q_р$ | 4,4 |
| 19 | Расход электроэнергии на сварку | А, кВт-ч | $A = I_{св}U_д t_о$ | 594 |
| 20 | Зазор (расстояние) между свариваемыми деталям | В, 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; $M = 0{,}5$

# 3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

## 3.1. Общая характеристика способа

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*).

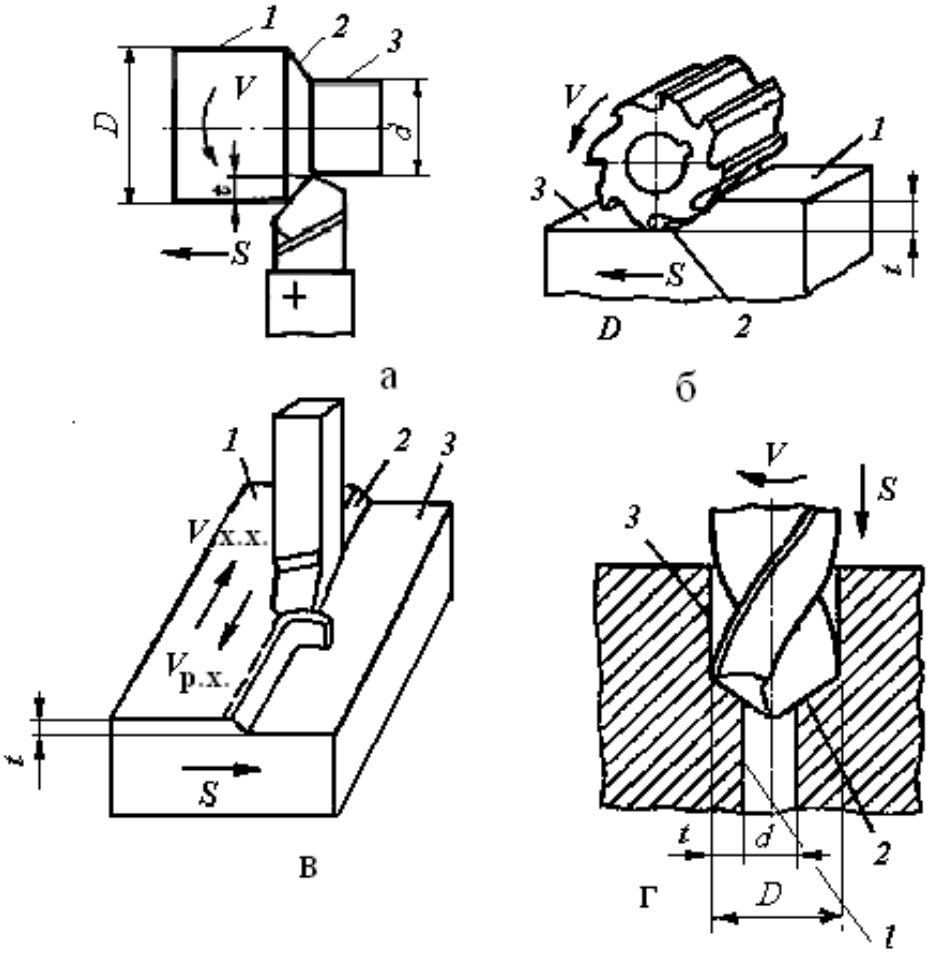


Рис. 3.1 Схемы обработки заготовок:
*а*) точением. *б*) фрезерованием, *в*) строганием,
*г*) сверлением (рассверливанием)

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 ($k = V_{рх}/V_{хх}$).

***К элементам процесса резания относится также основное технологическое время*** $T_о$, затрачиваемое непосредственно на обработку резанием данной поверхности (изменение формы и размеров заготовки).

Основное время определяется по формуле:

$$T_о = L \cdot i / S \cdot n,$$

где$L = l + l_1 + l_2$,

$l$ – длина обрабатываемой поверхности,

$l_1$ – величина врезания инструмента,

$l_2$ – величина перебега инструмента.

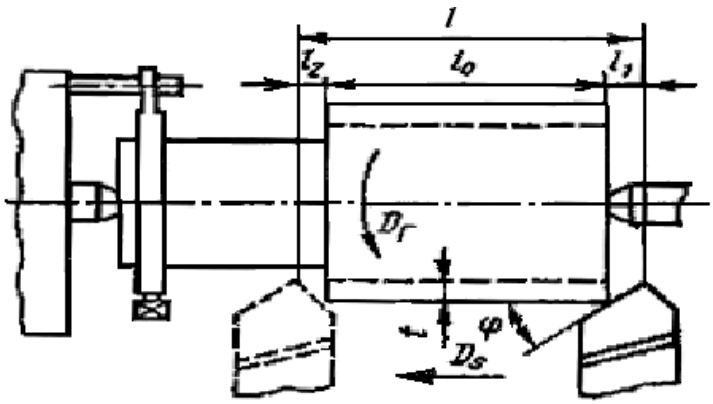



Рис. 1.2. Схема к расчёту $T_о$ при обработке цилиндрической поверхности

## 3.2. Методические указания

Обработка металлов резанием связана с превращением в стружку значительного количества металлов. Это привело к тому, что обработка резанием в некоторой степени потеснена малоотходными технологиями (точное литье, обработка давлением и др.). Однако обработка резанием остается главным средством изготовления высокоточных деталей в машиностроении с заданной точностью и чистотой поверхности. Резание металлов представляет собой сложный процесс, включающий ряд взаимодействующих явлений, к которым относится: упругое и пластическое деформирование, интенсивное трение, выделение тепла, образование нароста, явление наклепа, износ инструмента, усадка стружки.

При изучении этой темы следует обратить внимание на физико-химические процессы, происходящие при резании, и их роль в формировании поверхностного слоя обрабатываемой детали. Необходимо разбираться в видах режущих инструментов и способах их эффективного использования.

Необходимо ознакомиться с современным состоянием развития теории и технологии обработки материалов резанием, классификацией поверхностей и методов их обработки, требованиями к технологичности деталей, обрабатываемых резанием, кинематикой процесса резания, классификацией движений и геометрией срезаемого слоя.

Следует запомнить определение, обозначения и размерности элементов режима резания, элементы резца и его углы.

Изучите силы, действующие на резец, влияние различных показателей на скорость резания, а также скоростное и силовое резание как резерв повышения производительности труда.

При изучении материалов, из которых изготовляются резцы, следует обратить внимание на марки быстродействующих и твердых сплавов, особенно на минералокерамические сплавы, имеющие высокую износостойкость и дешевые в изготовлении.

Высокие требования, предъявляемые к технико-эксплуатационным характеристикам современных машин, обеспечиваются высокой точностью размеров и другими показателями качества деталей этих машин. Поэтому роль металлорежущих станков для высококачественной обработки деталей в машиностроении не уменьшается.

Современные станки – это сложные разнообразные механизмы, использующие различные методы осуществления движений и управ-

ления рабочим циклом, обеспечивающие обработку деталей любой конфигурации и различных размеров.

При изучении темы следует обратить внимание на движения инструмента и детали при обработке на различных станках. Необходимо разбираться в технологических возможностях станков разных видов.

Следует изучить принятую в России классификацию металлорежущих станков, подробно рассмотреть приводы и передачи станков различных групп. Для чтения кинематических схем станков нужно знать условные обозначения различных узлов в соответствии с ГОСТами.

Необходимо рассмотреть основные виды токарных, сверлильных, расточных, строгальных, долбежных, протяжных, фрезерных, шлифовальных работ, применяемые инструменты, а также технологические требования, предъявляемые к деталям, обрабатываемым на различных станках.

Все металлорежущие станки разделяют на группы по характеру выполняемых работ и виду применяемых инструментов. Подробно рассмотрите принятую в России классификацию и уясните единую систему условного обозначения станков, понимаемую как нумерация. Затем подробно рассмотрите технологии обработки резанием, выполняемые на разных металлорежущих станках.

**Обработка на токарных станках.** С использованием рисунков рассмотрите основные узлы токарно-винторезного станка и поймите, почему токарные станки часто называют универсальными. Проанализируйте типы станков токарной группы.

**Обработка на сверлильных и расточных станках.** Поймите, что понимают под обработкой круглых отверстий на станках сверлильной группы.

**Обработка на фрезерных станках.** Уясните, что такое фрезерование и какие типы фрез для этого используют.

**Обработка на строгальных, долбежных и протяжных станках.** С учетом видов обработки поверхностей строганием выделите особенности этой группы станков. Изучите типаж инструментов, используемых для этих целей. Составьте схему работ на станках этой группы.

**Обработка на шлифовальных и отделочных станках.** Изучите процесс шлифования и инструмент, используемый для этих целей. Обратите внимание, что шлифование также относится к операциям

резания и разберите с чем это связано. Рассмотрите методы шлифования и типы шлифовальных станков. Для всех рассмотренных технологийрезания изучите возможные виды работ.

**Вопросы для самопроверки**

1. Для чего используют станки токарной группы?
2. Почему токарные станки часто называют универсальными?
3. Что понимают под зенкованием и развертыванием крупных отверстий.
4. Какие основные типы фрез существуют?
5. В чем особенности строгальных станков?
6. Что понимают под процессом шлифования?
7. Что понимают под абразивным инструментом?
8. Для каких целей используют в механообработке роботы и манипуляторы?

## Токарная обработка

Задача. На токарно-винторезном станке производится наружное продольное точение заготовки $D$ = 68 мм до $d$ = 62 мм (рис. 2). Длина обрабатываемой поверхности $l$ = 280мм, длина заготовки $L$ = 430 мм. Шероховатость обработанной поверхности $Ra$ = 25 мкм. Заготовка - поковка стальная 40Х с пределом прочности 700 МПа. Способ крепления заготовки - в центрах. Обработка ведется с охлаждением.

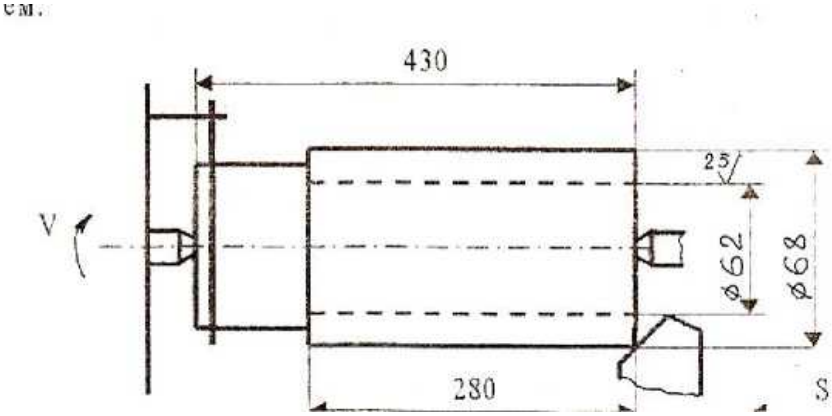



Рис. 2. Схема обработки

Необходимо:
Выбрать токарный станок;
Выбрать режущий инструмент;

Выполнить эскиз резца;
Назначить режимы резания;
Определить машинное время.

Решение

Исходя из условий задачи (размеров заготовки, характера обработки), выбираем токарно-винторезный станок модели 16К20, имеющий следующие технические характеристики: мощность двигателя $N_{дв}$ =10 КВт, к.п.д.= 0,75, высота центров = 215 мм, расстояние между центрами 2000 мм.

Материал режущей части инструмента выбираем исходя из физико-механических свойств обрабатываемого материала и характера обработки (Приложение таблица 1). При черновом обтачивании конструкционной стали марки 40Х с глубиной резания $t$ = 3 мм на средних станках рекомендован твердый сплав марки Т15К6 (WC-79%, TiC-15%, Co-6%) либо быстрорежущая сталь марки Р6М5 (W-6%, Mo-5%, C-1%). Так как в последнее время большее предпочтение отдано инструменту из твердого сплава, выбираем материал пластинки Т15К6. Державка резца изготавливается из качественной конструкционной стали группы 1 марки 45 ($\sigma_в$ = 610 МПа, НВ = 197).

При выборе значений геометрических параметров резца следует учитывать материал заготовки, вид обработки, материал режущей части инструмента, сечение державки и жесткость системы СПИД (Приложение таблицы 2, 3). Выбираем форму передней поверхности резца - радиусную с фаской. Фаску с отрицательным передним углом делают для упрочнения режущей кромки резца с пластинками из твердого сплава. Радиусная лунка обеспечивает завивание сходящей стружки. Геометрические параметры режущей части (рис. 3): передний угол $\gamma$ = 10° (при черновой обработки конструкционных материалов с НВ < 240), задний угол $\alpha$ = 6° (при черновой обработке), угол наклона главной режущей кромки $\lambda$ = 0 (точение без ударных нагрузок), углы в плане $\varphi$ = 45°, $\varphi'$ =15° (при жесткой системе СПИД), угол фаски $\gamma_ф$ = -5°, ширина фаски $f$ = 0,8 мм.

Используя выбранные данные геометрических параметров режущей части резца, выполним эскиз токарного проходного резца с пластинкой из твердого сплава марки Т15К6, сечение державки 16 × 25 мм.

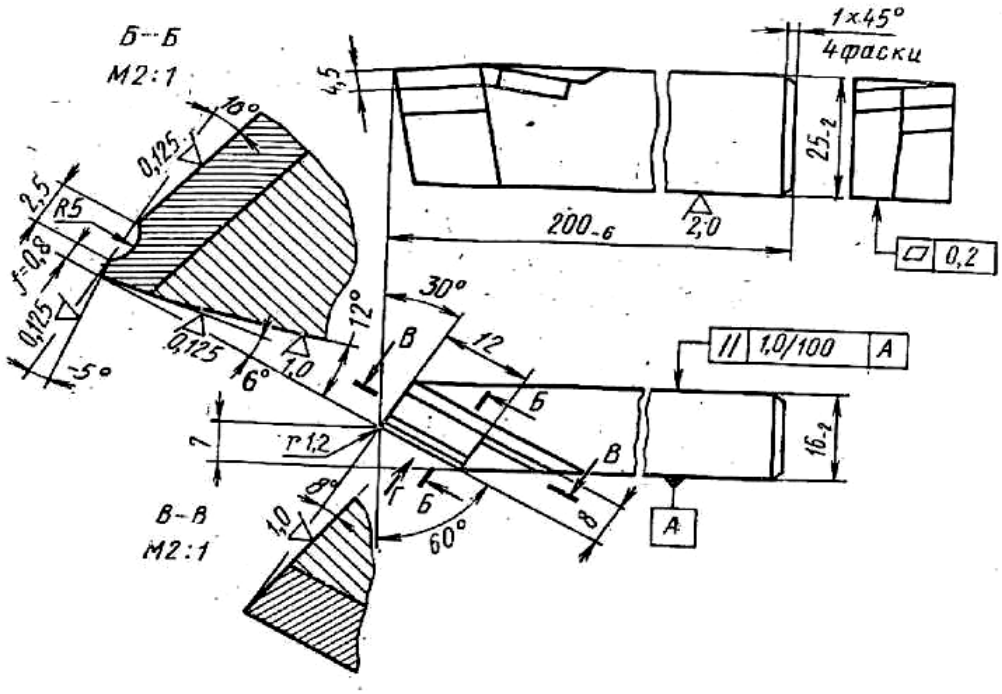



Рис. 3. Эскиз резца

Назначаем режимы резания.

Глубину резания определяем по формуле

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{68 - 62}{2} = 3 \text{ (мм)}$$

Т. к. при черновой обработке за один проход инструмента можно снять $t$ = 5-7 мм, то данная обработка будет проходить за один проход. Причем шероховатость обработанной поверхности $Ra$ = 25 мкм будет обеспечена.

Подачу назначаем по таблице 4 (Приложения). Для обработки заготовки из конструкционной стали, диаметром до 100 мм, глубинной резания $t$ = 3мм, сечением державки 16×25 мм - подача $S_{таб}$ = 1,2 мм/об.

Данную подачу корректируем по паспорту станка 16К20, выбрав ближайшее меньшее значение:

$$S_ф = 1 \text{ мм/об.}$$

Период стойкости определим по таблице 9 (Приложения):

$$T = 30 \text{ мин.}$$

Скорость резания при наружном точении определяем по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{30^{0,2} 3^{0,15} 1^{0,45}} 0,97 = 142 \text{ (м/мин).}$$

$K_V = 1{,}07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}94 = 0{,}97$ , где

$K_{MV} = \dfrac{750}{700} = 1{,}07$ , $K_{ПV} = 1$, $K_{ИV} = 1$, $K_{\varphi V} = 1$, $K_{\varphi W} = 0{,}97$, $K_r = 0{,}94$.

(Приложение таблицы 11,12,15,16 согласно заданным условиям). Определяем частоту вращения шпинделя, соответствующую найденной скорости резания, по формуле (3)

$$n_р = \frac{1000V_р}{\pi D} = \frac{100 \cdot 142}{3{,}14 \cdot 68} = 665 \text{ (об/мин).}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка 16К20, выбрав фактическое значение частоты вращения из ближайшего меньшего.

$$n_ф = 500 \text{ об/мин.}$$

Определяем действительную скорость резания по формуле (5)

$$V_д = \frac{\pi D n_ф}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 68 \cdot 500}{1000} = 107 \text{ (м/мин).}$$

Определяем мощность, затраченную на резание, по формуле (6) и силу резания по

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^{x} \cdot S_Ф^{y} \cdot V_Д \cdot K_{PZ}, \quad (5)$$

Из таблицы 16 (Приложения) выписываем коэффициенты и показатели степеней для данных условий обработки. $C_{PZ} = 300$, $x = 1$, $y = 0{,}75$, $n = 0{,}15$.

Учитываем поправочный коэффициент на силу резания $K_{PZ}$, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_{PZ} = K_{MPZ} K_\varphi K_\gamma K_\lambda K_r = 0{,}94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}94$$

Численные значения этих коэффициентов выбираем в таблице 15, 16 (Приложения):

$K_{MPZ} = \left(\dfrac{700}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}94$ , $K_\varphi = 1$, при $\varphi = 45^o$; $K_\gamma = 1$ при $= 10^o$; $K_\lambda = 1$ при $\lambda = 0^o$;

$K_r$ на силу резания при заданных условиях обработки не влияет.

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^{X} \cdot Sj \cdot V_Д \cdot K_{PZ} = 300 \cdot 3^1 \cdot 1^{0{,}75} \text{-} 107^{-0{,}15} \cdot 0{,}94 = 419 \text{(Н).}$$

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_д}{60 \cdot 1020} = 7{,}1 \ \text{кВт}.$$

Проверяем достаточность мощности привода станка по условию:

$$N_e < N_{CT}$$

На станке 16К20 $N_{CT} = 10 \cdot 0{,}75 = 7{,}5$ кВт.

$7{,}1 < 7{,}5$, т.е. обработка возможна.

• Определяем основное технологическое время по формуле

$$L = I + y + \Delta = 280 + 3 + 2 = 285 \text{ (мм)},$$

где длина обрабатываемой поверхности $l$ =280 мм, величина врезания $y = t \cdot \text{ctg}\varphi = 3 \cdot \text{ctg}45^0 = 3 \cdot 1 = 3$(мм), величину перебега принимаем $\Delta = 2$ мм.

Тогда

$$t_0 = \frac{Li}{n_ф S_ф} = \frac{285 \cdot 1}{500 \cdot 1} = 0{,}57 \ \text{(мин)}.$$

## Задача Р.1.

Определить минутную подачу резца $S_м$ (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 Р.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 Р.2.

Определить основное время $T_0$ при подрезании сплошного торца заготовки диаметром $D_0$(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 $\varphi = 45°$. Перебег резца $\Delta = 1 \ldots 3$ мм. Начертить схему обработки поверхности.

### Варианты исходных данных к задаче Р.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 Р.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 $\Delta = 1 \ldots 2$ мм. Начертить схему обработки поверхности.

### Варианты исходных данных к задаче Р.3

| № | *D* | *h* | *n* | *S* | № | *D* | *h* | *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 Р.4.

Определить мощность $N_{рез}$, затрачиваемую на резание и момент сопротивления резанию $M_{ср}$, если при продольном точении заготовки диаметром $D$(мм) со скоростью резания $V$(м/мин) тангенциальная сила резания составила $P_z$(Н). Начертите схему расположения составляющих силы резания для рассматриваемого случая обработки резанием.

**Варианты исходных данных к задаче Р.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 |

Для решения предлагаемых задач по резанию металлов и режущему инструменту следует пользоваться справочными таблицами [5-9] и справочными материалами Приложения В, а также источниками [1;4].

## 5. Литейное производство

### 5.1. Общая характеристика способа

Литьё - получение изделий путем заливки жидкого металла в формы и его последующего затвердевания.

Теоретически, литьем можно получить сколь угодно сложное по форме изделие. На практике, литьё, как и все методы формообразования, имеет существенные ограничения.

Они связаны:

- с трудностями изготовления формы для заливки жидкого металла;

- с невозможностью заполнения жидким металлом сколь угодно тонкого

рельефа; это технологическое свойство металла, называемое

"жидкотекучестью", связано с вязкостью жидкого металла, его поверхностным натяжением, смачиваемостью материала формы жидким металлом и рядом других факторов;

- с усадкой металла при застывании, которая определяется разностью объемов, занимаемых жидким и затвердевшим металлом и изменением его объема (размеров) при охлаждении до комнатной температуры. Усадка, а особенно неравномерное охлаждение отливки в форме, приводит к ее короблению, возникновению внутренних напряжений, а, иногда, даже к разрушению.

Однако литьё позволяет получать самые сложные по форме изделия, в том числе и произведения искусства…

Литьё - древнейший технологический процесс. В средние века литьем изготавливали колокола для церквей, пушки, монументы и т. д.

## 5.2. Методические указания

Литейное производство - отрасль машиностроения, использующаяся для изготовления фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали).

При изучении этой темы необходимо рассмотреть такие явления как жидкотекучесть, усадка, трещинообразование, газовые раковины и пористость отливок.

Затем необходимо разобраться в технологических процессах получения отливок различными способами: в песчано-глинистых формах, в оболочковых формах, по выплавляемым моделям, в металлических формах (кокилях), центробежным литьем под давлением, специализированными способами.

Студент должен последовательно рассмотреть литье в металлические формы (кокиль), центробежное литье, точное литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы.

Далее необходимо рассмотреть технологические этапы получения отливки, то есть сборку и заливку литейных форм, охлаждение отливок, их выбивку и очистку.

Затем следует ознакомиться с особенностями изготовления отливок из различных сплавов.

Изучить оборудование, применяемое в литейных цехах для плавки и проведения других технологических операций.

Особое внимание следует обратить на основные виды дефектов отливок, отметив влияние нарушений технологического процесса и нетехнологичности конструкций отливок на появление различных видов брака литья. Рекомендуется ознакомиться с современными методами и аппаратурой, применяемой для контроля всех стадий процесса изготовления отливок и используемых материалов. Следует четко уяснить, какие дефекты можно подвергнуть исправлению, и какие отливки являются окончательным браком.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что понимается под жидкотекучестью литейных сплавов? Как проводят испытания на жидкотекучесть сплавов?
2. Что такое усадка литейных сплавов? Опишите способы предупреждения усадочныхраковин и пористости отливок.
3. В результате, каких явлений образуются трещины в отливках? Как бороться с этим видом брака?
4. Какие применяются меры для уменьшения возможности образования газовых раковин и пористости отливок?
5. Какие формовочные и стержневые смеси используют в литейном производстве? Их характеристики и методы испытания.
6. Дайте описание схемы работы литейного конвейера. Рассмотрите вопросы механизации и автоматизации изготовления литейных форм.
7. Машины для получения отливок под давлением, схема их устройства и принцип действия. Области применения отливок, изготовленных способом литья под давлением.
8. Перечислите свойства серого чугуна как литейного и конструкционного материала.

Укажите, для каких целей применяются в машиностроении чугунные отливки? Приведите химические составы нескольких марок

серого и модифицированного чугунов с указанием их механических свойств.

9. Изложите способы получения ковкого чугуна: виды ковкого чугуна, в чем особенности изготовления литейных форм для получения ковкого чугуна?

10. Опишите технологию изготовления отливок из алюминиевых сплавов.

11. Опишите технологию изготовления отливок из магниевых сплавов.

12. Опишите технологию отливок из медных сплавов.

13. Назовите виды дефектов при получении отливок и способы их устранения. Как, с применением какой аппаратуры и на каких стадиях изготовления производится контроль отливок?

# 6. Основы металлургического производства

## 6.1. Общая характеристика способа

Металлы и их сплавы в настоящее время являются основным материалом для производства машин, приборов и других технических устройств.

Это определяется сочетанием их свойств, которым в данное время не обладают другие конструкционные материалы.

К таким свойствам относятся:

- механические: прочность, твердость, пластичность, ударная вязкость ...

- теплофизические: жаропрочность, теплопроводность, низкий коэффициент линейного расширения...

- химические: устойчивость в агрессивных средах, биологическая инертность

- технологические: свариваемость, литейные свойства (жидкотекучесть, степень усадки при затвердевании, склонность к ликвации элементов), пластичность...

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.

## 6.2. Методические указания

Получение чугуна в доменных печах относится к пирометаллургическому способу. Исходными материалами являются руды, флюсы и топливо. Изучите виды руд, флюсы и их назначение, топливо, используемое при производстве чугуна, принцип работы доменной печи и физико-химические процессы, протекающие при получении чугуна. Ознакомьтесь со способами прямого восстановления железа из руды, этапами этого процесса.

Ознакомьтесь с рудами для получения меди, алюминия, магния, титана; способами их обогащения. Изучите работу агрегатов для получения этих металлов, способы рафинирования.

**Краткие теоретические сведения**

Процессы получения стали из чугуна и скрапа сводятся к снижению примесей и углерода путем окислительных процессов с сталеплавильных печах. Ознакомьтесь с принципом работы современных конвертеров, мартеновских и электродуговых печей. Изучите физико-химические процессы, протекающие в печах. Изучите способы разливки стали и ознакомьтесь с технико-экономическими показателями различных способов получения стали.

Восстановление металла проводится несколькими способами.

**Термохимическое восстановление металла о**существляется воздействием на соединение металла каким-либо восстановителем при высокой температуре. Термохимическим способом восстанавливают многие металлы.

Например, железо обычно содержится в руде в виде окислов $Fe_2O_3$ или $Fe_3O_4$ и восстанавливается угарным газом (CO), образующимся при горении кокса (продукта переработки каменного угля) в доменных печах. В зонах 4-6 происходит горение кокса в потоке воздуха поступающего через фурмы и образуется угарный газ при температуре 1600-1750 °C, который, воздействуя на окислы железа, приводит к их восстановлению:

$$Fe_2O_3 + CO \text{ --- } Fe_3O_4 + CO_2 + Q$$
$$Fe_2O_3 + CO_2 \text{ --- } FeO + CO_2 - Q$$
$$FeO + CO \text{ --- } Fe + CO_2 + Q$$

Образующееся железо, в виде капель, стекает в горн, откуда периодически выпускается. Сверху печи также периодически происходит подсыпка шихты (смеси руды, кокса и флюсов). Таким образом горение в печи поддерживается непрерывно в течении длительного времени, от 5 до 10 лет.

В образующемся железе при высокой температуре растворяется углерод кокса, что приводит к получению сплава железа с углеродом, при содержании последнего выше 2 % (но не более 6,67 %). Такой сплав весьма тверд и хрупок и называется чугуном.

Суточная производительность доменной печи достигает 2500 тонн чугуна. Хотя чугун, как конструкционный материал, применяется для отливки заготовок различных деталей машин (станины, корпуса двигателей, зубчатые колеса и т.д.) , но большая его часть перерабатывается в сталь – сплав железа с углеродом при содержании углерода менее 2 %.

Понизить содержание углерода в чугуне и, тем самым, превратить его в сталь можно окисляя избыточный углерод в жидком чугуне. Для этого применяются конвертерный и мартеновский методы получения стали.

Плавку медных руд ведут в пламенных печах, в которых происходит восстановление меди, но из-за высокого содержания в руде соединений железа и серы образуется "медный штейн", в котором содержится 20-50% меди, 20-40% железа и 22-25% серы.

Полученный штейн перерабатывается в черновую медь в конвертерах. Продувая через жидкий штейн воздух, проводят окисление железа, которое всплывает на поверхности в виде окислов, сера выгорает с образованием огромного количества окиси серы, используемой как сырьё для производства серной кислоты.

В результате процесса получают черновую медь (98,5-99,5 % Cu), которую можно использовать для производства медных сплавов, но которая не пригодна для электротехнической промышленности (для производства проводов).

***Конвертерный способ получения стали*** состоит в окислении избыточного углерода продувкой через жидкий чугун кислорода.

При этом, естественно, сгорает и некоторая часть железа. Реакция является экзотермической, поэтому в жидкий чугун можно добавить некоторую часть металлического лома, который при продувке кислородом расплавляется.

Процесс протекает довольно быстро (менее 20 мин). Производительность процесса зависит от объема конвертера (от 3 до 250 тонн).

При таком производстве стали химический состав ее зависит от содержания примесей в руде. Невозможно получить высококачественные легированные стали и переработка стального лома возможна только в ограниченных количествах, в то время как в промышленности накапливается его огромная масса.

***Мартеновский способ получения стали*** заключается в плавке шихты за счет горения топлива, в качестве которого используются

горючие газы, мазут, угольная пыль. При этом возможно производить контроль состава, вводить легирующие элементы.

В зависимости от вида процесса, в печь загружаются:

- жидкий чугун + руда - "рудный процесс".
- твердый чугун + металлический лом - "скраппроцесс"
- жидкий чугун+ металлический лом + руда -"скрапрудный процесс".

**Вопросы для самопроверки:**

1. В чем заключается сущность производства стали из чугуна? Какие существуют разновидности процессов получения стали?
2. Поясните сущность современных способов повышения качества стали: вакууммированием при разливке, электрошлаковым и вакуумно-дуговым методами переплавки и укажите области применения каждого из них.
3. Охарактеризуйте продукты доменного производства и укажите область применения каждого из них.
4. Опишите существующие способы разливки стали. Чем отличается спокойная сталь от кипящей? Опишите процесс кристаллизации спокойной стали в изложнице.
5. Опишите способы разливки стали. Укажите преимущества и недостатки каждого способа.

Задача №8.1.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 0,9 % Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК1, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.2.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2 % C, 2,4 % Si, 1,1% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК2, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.3.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 1,5% Mn. Выплавка производится вагранoчным способом из чушкового чугуна ЛК3, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара *Si* и Mn при выплавке.

Задача №8.4.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 0,9 % Mn. Выплавка производится вагранoчным способом из чушкового чугуна ЛК4, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.5.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2 % C, 2,1 % Si, 1,2 % Mn. Выплавка производится вагранoчным способом из чушкового чугуна ЛК5, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.6.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,1% C, 2,2% Si, 1,1% Mn. Выплавка производится вагранoчным способом из чушкового чугуна ЛК6, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.7.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0% C, 2,3% Si, 0,9% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК7, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Таблица 1

## Материал режущей части резца

| материал режущей части – пластины из ТС, РК, СТМ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| условие эксплуатации | | | материал пластины | | |
| обработка | припуск | глубина резания, мм | рекомендуемый для усредненных условий | повышенной износостойкости | повышенной прочности |
| обтачивание и подрезание | | | | | |
| 1. конструкционные, подшипниковые и инструментальные стали (НВ 110-130) | | | | | |
| 1.1 мелкие и средние станки | | | | | |
| черно-вая | непрерывный | св. 1,5 до 3 | т15к6,мс111 | вок- 60,в3, тн20,кнт 16, вп1195 | т14к8, вп1255 |
| | | св. 3 до 7 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,КНТ16,МС111 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС2215, ВП1255 | Т5К12, | МС146 |
| | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,МС111, ВП1195 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 3 до 7 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2210 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К12,МС146 | Т5К10,МС1460 | ТТ7К12 |
| Чистовая | Непрерывный | До 1 | ВО-13,ВШ-75 | Композит1 0 | Т30К4,ТН20 |
| | | св. 1 до 3 | Т30К4, | ВОК-71 | ТН20,ТТ5К6 |
| 1.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая | Непрерывный | св. 3 до 7 | Т14К8, МС2215 | Т15К6,МС111 | Т5К10,МС1465 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2215 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 15 до 45 | Т5К10 | - | ТТ7К12,Т5К12 |
| Черновая | Прерывитый | св. 3 до 7 | Т5К10, МС131 | Т15К6, МС2215 | МС1465,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10, МС131 | Т14К8,ВП5510 | Т5К12, МС146 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | св. 15 до 45 | Т5К12 | Т5К10 | ТТ7К12 |
| Чисто вая | Непрерывный | до 2 | ВОК-60, В3 | Композит1 0 | Т30К4,Т15К6 |
| | | св. 2 до 7 | Т30К4 | ВОК-60 | Т15К6 |
| 2. Коррозийно-стойкая сталь | | | | | |
| 2.1 Мелкие и средние станки | | | | | |
| Черно вая и чисто вая | Непрерывный | св. 1,5 до 3 | ВК6-М | ВК10-ОМ, ВК3,ТТ18 К6, Т15К6 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК6- М,ТТ18К6 | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| Черновая и чистова я | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М | ВК10-ХОМ |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| 2.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая и чистовая | Непрерывный | св. 3 до 7 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М, ВК6-ОМ | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15-ХОМ |
| | | св. 15 до 30 | ВК15- ХОМ,ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | Прерывистый | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| | | св. 7 до 15 | ВК15-ХОМ. ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | | св. 15 до 30 | ВК15-ХОМ, ВК8 | ВК10- ХОМ | - |

Таблица №2

## Геометрические параметры режущей части резца

| Операция | Обрабатываемый материал | | Обработка | Припуск | α | γ | γФ | Параметры лезвия при H, мм | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 16:20 | 25:32 | 40:50 | 63:80 |
| | группа | твердость | | | | | | r=f0, мм | | | |
| Резцы из твердого сплава | | | | | | | | | | | |
| Об та чи ва ние и по дре за ние | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | Чер-новая | непрер | 6 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -6 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис-товая | Непре рыв. | 8 | 15 | -5 | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | НВ<240 -330 | Чер новая | Непре рыв. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -8 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | Коррозийностойк ая сталь | | Чер новая | Непре рыв. | 6 | 15 | -3 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 20 | -3 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | | Чер новая | Непре рыв. Преры в. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | | Чер новая | Непре рыв. и пре рыв. | 6 | 15 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,0-1,2 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис товая | Непре рыв. | 8 | 25 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 0,8-1,0 | 1,2-1,6 |
| | Сталь закаленная и от-беленный чугун | | Чис товая | Непре рыв. | 12 | - 10 | - | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| От ре за ние про | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | - | - | 6 | 15 | -5 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,2 |
| | | НВ<240 -330 | - | - | 8 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 0,8-1,0 | 1,6-2,0 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Коррозийностойк | - | - | 8 | 15 | -3 | 0,4- | 0,6- | 1,0- | 1,0- |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ре за ние | ая сталь | | | | | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | - | - | 6 | 8 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | - | - | 8 | 30 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |

Таблица 3

**Геометрические параметры режущей части резца (углы в плане)**

| Типы резцов | Условия работы | Главный угол в плане, φ | Вспомогательный угол в плане, φ1 |
|---|---|---|---|
| Резцы проходные | Жесткая система СПИД; L/D<6 | 10-30 | 5-10 |
| | Средняя жесткая система СПИД; L/D=6-12 | 45-60 | 10-15 |
| | Нежесткая система СПИД; L/D=12-15 | 75-90 | 15-20 |
| Резцы подрезные (S поперечная) | - | 30-70 | 25-45 |
| Резцы отрезные, прорезные | - | 80-90 | 1-3 |
| Резцы расточные | Жесткая система СПИД | 40-60 | 20-25 |
| | Нежесткая система СПИД | 60-75 | 20-25 |

Таблица 4

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

| Диаметр детали, мм | Размеры державки резца, мм | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочня | | | | | Чугун и медные сплавы | | | | |
| | | Подача S мм/об, при глубине t мм | | | | | | | | | |
| | | До 3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св.8 до 12 | Св.12 | До.3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св. 8 до | Св. 12 |
| До 12 | От16*25 до25*25 | 0,3-0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Св.20 до | От16*25 | 0,4- | - | - | - | - | 0,4- | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | до25*25 | 0,5 | | | | | 0,5 | | | | |
| >40>60 | От16*25 до25*25 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | 0,3-0,7 | - | - | 0,6-0,9 | 0,5-0,8 | 0,4-0,7 | - | - |
| >60 >100 | От16*25 до25*25 | 0,6-1,2 | 0,5-1,1 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | - | 0,8-1,4 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - |
| >100 >400 | От16*25 до25*25 | 0,8-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - | 1,0-1,5 | 0,8-1,9 | 0,8-1,1 | 0,6-0,9 | - |
| >400 >500 | От20*30 до40*60 | 1,1-1,4 | 1,0-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,2 | 0,4-1,1 | 1,3-1,6 | 1,2-1,5 | 1,0-1,2 | 0,7-0,9 | - |
| >500 >600 | От20*30 до40*60 | 1,2-1,5 | 1,0-1,4 | 0,8-1,3 | 0,6-1,3 | 0,1-1,2 | 1,5-1,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,4 | 0,9-1,2 | 0,8-1,0 |
| >600 >1000 | От25*40 до40*60 | 1,2-1,8 | 1,1-1,5 | 0,9-1,4 | 0,8-1,4 | 0,7-1,3 | 1,5-2,0 | 1,3-1,8 | 1,0-1,4 | 1,0-1,3 | 0,9-1,2 |
| >1000 >2500 | От30*40 до40*60 | 1,3-2,0 | 1,3-1,8 | 1,2-1,6 | 1,1-1,5 | 1,0-1,5 | 1,6-2,4 | 1,6-2,0 | 1,4-1,8 | 1,3-1,7 | 1,2-1,7 |

Примечание: 1. Нижнее значения подач соответствует меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхнее значение подач- большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.

При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударными нагрузками табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,75- 0,85.

При обработке закаленных сталей табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,8 для стали HRC 44-56 и на коэффициент 0,5 для стали с HRC 57-62.

Таблица 5

**Подачи при прорезании канавок и отрезании**

| Диаметр обработки, мм | Ширина резца, мм | Обрабатываемый материал | |
|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | Чугун, медные и алюминиевые сплавы |
| Токарные, токарно-револьверные станки | | | |
| До 20 | 3 | 0,06-0,08 | 0,11-0,14 |
| Св.20до 40 | 3-4 | 0,1-1,12 | 0,16-0,19 |
| Св.40до 60 | 4-5 | 1-0,13-0,16 | 0,20-0,24 |
| Св.60до 100 | 5-8 | 0,16-0,23 | 0,24-0,32 |
| Св.100до 150 | 6-10 | 0,18-0,26 | 0,3-0,4 |
| Св.150 | 10-15 | 0,28-0,36 | 0,4-0,55 |
| Карусельные станки | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| До 2500 | 10-15 | 0,35-0,45 | 0,55-0,60 |
| Св. 2500 | 16-20 | 0,45-0,60 | 0,60-0,70 |

Примечание: 1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм приближение резца к оси детали до 0,5 радиуса; табличные значения подач следует уменьшить на 40%-50%.
Для закаленной конструкционной стали. Табличные значения подач следует уменьшить на 30% при HRC < 50 и на 50% - при HRC>50.
При обработке резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения следует умножать на коэффициент 0,8

Таблица 6 Подачи при обтачивании, подрезании и растачивании. Чистовая обработка

| Форма пласти ны | Радиус при вер шине r, мм | Подача S мм/об при требуемой шероховатости поверхности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ra=12.5 | | | Ra=6.3 | | | Ra=3.2 | | | Ra=1.6 | | |
| | | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | | | |
| | | Кон ст. ста ль | Кор р. сто йк. ста ль | Чуг ун | Кон ст. ста ль | Кор р. сто йк. ста ль | Чуг ун | Кон ст. ста ль | Кор р. сто йк. ста ль | Чу гун | Ко нст . ста ль | Ко рр. сто йк. ста ль | Чу гу н |
| Много гран ная | 0,5 | 0,51 | 0,29 | 0,44 | 0,34 | 0,2 | 0,29 | 0,21 | 0,12 | 0,19 | 0,13 | 0,09 | 0,1 |
| | 0,8 | 0,60 | 0,34 | 0,52 | 0,39 | 0,24 | 0,34 | 0,24 | 0,14 | 0,22 | 0,15 | 0,11 | 0,1 |
| | 1,2 | 0,69 | 0,41 | 0,61 | 0,45 | 0,38 | 0,39 | 0,29 | 0,17 | 0,27 | 0,18 | 0,13 | 0,1 |
| | 1,6 | 0,77 | 0,46 | 0,58 | 0,50 | 0,32 | 0,44 | 0,31 | 0,19 | 0,29 | 0,1 | 0,14 | 0,1 |
| | 2,0 | 0,82 | 0,50 | 0,71 | 0,55 | 0,35 | 0,47 | 0,34 | 0,21 | 0,31 | 0,21 | 0,16 | 0,2 |
| | 2,5 | 0,90 | 0,55 | 0,77 | 0,59 | 0,38 | 0,51 | 0,37 | 0,23 | 0,34 | 0,23 | 0,17 | 0,2 |
| Круг лая | 6,0 | - | - | - | 0,80 | - | 0,69 | 0,50 | - | 0,45 | 0,32 | - | 0,3 |
| | 9,5 | - | - | - | 0,91 | - | 0,81 | 0,57 | - | 0,53 | 0,37 | - | 0,3 |
| | 11 | - | - | - | 1,0 | - | 0,85 | 0,63 | - | 0,56 | 0,42 | - | 0,37 |

| |
|---|
| Поправочный коэффициент KS= KS1+ KS2+ KS3, на подачу для измененных |

| условий работы | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вид обработки | | Обтачивание | | Подрезание | | Растачивание |
| KS1 | | 1,0 | | 0,9 | | 0,8 |
| Налич ие СОЖ | БЕЗ сож | С использованием СОЖ | Материал пластины | | БРС | ТС | РК |
| KS2 | 1,0 | 1,15 | KS3 | | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

Таблица 7

## Период стойкости резцов

| Черновая обработка | | | | Чистовая обработка | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Резцы токарные | Высота державки Н,мм | Пери од стой кости Т, мин для ТС | Пери од стой кости Т, мин для БРС | Резцы токарные | Высота дер-жавк и Н,мм | Период стой кости Т, мин для ТС | Пери-од стой-кос ти Т, мин для БРС |
| Проход ные | С20по40 | 30 | 30 | Проход ные | С20по40 | 60 | 60 |
| Подрез ные | С50по80 | 60 | 60 | Подрез ные | С50по80 | 90 | 90 |
| Расточ ные | С16по40 | 30 | 30 | Расточ ные | С16по40 | 60 | 60 |
| Отрезные | С16по40 | 30 | 30 | - | - | - | - |
| Прорезные | С50по80 | 60 | 60 | - | - | - | - |

Таблица 8

Значение коэффициента CV и показателей степени в формуле скорости резания при обработке резцами

| Вид обработки | Материал режущей части резца | Характеристи ка подачи S, мм/об | Коэффициент и показатели степени | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CV | x | y | n |
| Конструкционная углеродистая сталь | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными резцами | ТС | До 0,3 | 420 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | Св.0,3 до0,7 | 350 | | 0,35 | |
| | | Св.0,7 | 340 | | 0,45 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 292 | 0,30 | 0,15 | 0,18 |
| | | S>t | | 0,15 | 0,30 | |
| Отрезание | ТС | - | 47 | - | 0,80 | 0,18 |
| | БРС | - | 23,7 | - | 0,66 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Фасонное точение | БРС | - | 22,7 | - | 0,50 | 0,3 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 0 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 244 | 0,23 | 0,30 | 0,20 |
| | БРС | Черновые ходы: P<2 мм | 14,8 | 0,70 | 0,30 | 0,11 |
| | | P>2 мм | 30 | 0,60 | 0,25 | 0,08 |
| | | Чистовые ходы | 41,8 | 0,45 | 0,30 | 0,13 |
| Серый чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 292 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 243 | | 0,40 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 324 | 0,40 | 0,20 | 0,28 |
| | | S>t | | 0,20 | 0,40 | |
| Отрезание | ТС | - | 68,5 | - | 0,40 | 0,20 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 83 | 0,45 | - | 0,33 |
| Ковкий чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 317 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 215 | | 0,45 | |
| Отрезание | ТС | - | 86 | - | 0,4 | 0,20 |

Таблица 9

**Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца на скорость резания**

| Главный угол в плане | Коэффициент $K_{\varphi V}$ | Вспомогательный угол в плане $\varphi_1^0$ | Коэффициент $K_{\varphi 1 V}$ | Радиус при вершине | Коэффициент $K_{rV}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 1,4 | 1 | 1,0 | 1 | 0,9 |
| 30 | 1,2 | 1 | 0,97 | 2 | 1,0 |
| 45 | 1,0 | 2 | 0,94 | 3 | 1,0 |
| 60 | 0,9 | 3 | 0,91 | 5 | 1,3 |
| 75 | 0,8 | 4 | 0,87 | | |
| 90 | 0,7 | 5 | | | |

Таблица 10

**Поправочный коэффициент $K_{MV}$, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания**

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части инструмента | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Твердый сплав | Быстрорежущая сталь | | |
| | Расчетная формула | | | |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | KMV=750/σB | nV<br>K =Cm□ 750 □ ——<br>MV □□ □□<br>□ □ B □ | | |
| Чугун серый | 1, 25<br>KMV= □ 190 □¯¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ¯¯ | | |
| Чугун ковкий | 1, 25<br>KMV= □ 150 □¯¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ¯¯ | | |
| Обрабатываемый материал | Коэффициент обрабатываемости Cm | Показатели степени nv | | |
| | | точение | сверление | фрезерование |
| Сталь: Углеродистая (C<0,6%) | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 0,9 |
| Углеродистая (C>0,6%) | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Автоматная | 1,2 | 1,75 | 1,0 | - |
| Никелевая | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Хромистая | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,45 |
| Хромоникелевая | 0,9 | 1,50 | 0,9 | 1,35 |
| Хромомолибденовая, хром | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Алюминиевая и близкие к ним | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Хромомарганцевая, хромкремневая близкие к ним | 0,7 | 1,50 | 0,9 | 1,0 |
| Инструментальная быстрорежущая | 0,6 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Чугун: Серый | - | 1,70 | 1,3 | 0,95 |
| Ковкий | - | 1,70 | 1,3 | 0,85 |

Таблица 11

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозийно-стойких сталей и сплавов на скорость резания**

| Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усреднение значение коэф. KMV | Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усредненное значение коэф. KMV |
|---|---|---|---|---|---|
| 12Х8Н9Т | 550 | 1,0 | ХН60ВТ | 750 | 0,48 |
| 13Х11Н2В2М Ф | 1100-1460 | 0,8-0,3 | ХН77ТЮ | 850-1000 | 0,40 |
| 14Х17Н2 | 800-1300 | 1,0-0,75 | ХН35ВТ | - | 0,26 |
| 13Х14Н3В2Ф Р | 700-1200 | 0,5-0,4 | ХН70ВМТЮ | 950 | 0,50 |
| 17Х12Н8Г8М ФБ | - | 0,95-0,72 | ХН55ВМТК Ю | 1000-1250 | 0,25 |
| 45Х14Н14В2 М | 700 | 1,06 | ХН65ВМТЮ | 1000-1250 | 0,20 |
| 10Х11Н20Т3Р | 720-800 | 0,85 | ХН35ВТЮ | 900-1000 | 0,22 |
| 12Х21Н5Т | 820-10000 | 0,65 | ВТ3-1; ВТ3 | 900-950 | 0,40 |
| 20Х23Н18 | 600-620 | 0,80 | ВТ5; ВТ4 | 950-1200 | 0,70 |
| 31Х19Н9МВБ Т | 600-620 | 0,40 | ВТ6; ВТ8 | 750-950 | 0,35 |
| 15Х18Н12С4Т Ю | 730 | 0,50 | ВТ14 | 900-1200 | 0,53-0,43 |
| ХН78Т | 780 | 0,75 | 12Х13 | 900-1400 | 1,5-1,2 |
| ХН75МБТЮ | - | 0,53 | 30Х13; 40Х13 | 600-1100 | 1,3-0,9 |

Таблица 12

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико- механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания**

| Медные сплавы | KMV | Алюминиевые сплавы | KMV |
|---|---|---|---|
| Гетерогенные: НВ>140<br>НВ 100-140 | 0,7<br>1,0 | Силумин и литейные сплавы (закаленные), σВ=400-500 МПа, НВ>60 | 0,8 |
| Свинцовистые при основной гетерогенной структуре | 1,7 | Дюралюминий (закаленный), σВ=400-500 МПа, НВ>100 | 0,8 |
| Гомогенные | 2,0 | Силумин и литейные сплавы σВ=100-200 МПа, НВ>65 | 1,0 |
| Сплавы с содержанием свинца <10% при основной гомогенной структуре | 4,0 | Дюралюминий, σВ=300-400 МПа, НВ<140 | 1,0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Медь | 8,0 | Дюралюминий, σВ=200-300 МПа, | 1,2 |
| Сплавы с содержанием свинца >15% | 12,0 | | |

Таблица 13 Поправочный коэффициент $K_{nV}$, учитывающий состояние поверхности заготовки на скорость резания

| Состояние поверхности заготовки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Без корки | С коркой | | | | |
| | Прокат | поковка | Стальное и чугунное литье | | Медные и алюминиевые сплавы |
| | | | обычное | С загрязненной коркой | |
| коэффициент KnV | | | | | |
| 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,8-0,6 | 0,5-0,6 | 0,9 |

Таблица 14

## Поправочный коэффициент КИV, учитывающий влияние материала режущей части инструмента на скорость резания

| Обрабатываемый материал | Значение коэффициент КИV в зависимости от марки инструментального материала | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сталь конструкционная | Т15К12В 0,35 | Т5К1 0 0,65 | Т14К 8 0,8 | Т15К6 1,0 | Т30К4 1,4 | ВК8 0,4 | |
| Сталь коррозийно- стойкая и жаропрочная | ВК8 1,0 | Т5К1 0 1,4 | Т15К 6 1,9 | Р18 0,3 | | | |
| Сталь закаленная | HRC 35-50 | | | | HRC 51-62 | | |
| | Т15К6 1,0 | Т30К 4 1,25 | ВК6 0,85 | ВК4 1,0 | ВК6 0,92 | ВК8 0,74 | ВК8 0,83 |
| Серый и ковкий чугун | ВК8 0,83 | ВК6 1,0 | ВК4 1,1 | ВК3 1,15 | ВК2 1,25 | | |
| Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы | Р18, Р9 1,0 | ВК4 2,5 | В68 2,7 | 9ХС 0,6 | ХВГ 0,6 | У12 А 0,5 | |

Таблица 15

## Поправочный коэффициент КМР для стали и чугуна, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на силовые зависимости

| Обрабатываемый материал | Расчетная формула | Показатель степени мр при определении | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Составляющей PZ силы резания при обработке резцами | Крутящего момента М и осевой силы Ро при сверлении | Окружной силы резания PZ при фрезеровании |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная | | | | |
| σВ<600 МПа | | 0,75/0,35 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| σВ>600 МПа | $K_{MP} = \square \square B$ | 0,75/0,75 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| Серый чугун | $K_{MP} = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| Ковкий чугун | $K_{MP} = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| В числителе приведены значения показателя степени мр для твердого сплава, в знаменателе- для быстрорежущей стали. | | | | |

Таблица 16

## Значение коэффициента CPZ и показателей степеней в формуле силы резания при обработке резцами

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части резца | Вид обработки | Коэффициент и показатели степеней | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CPZ | x | y | n |
| Конструкцион ная сталь и стальное литье | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 300 | 1,0 | 0,75 | -0,15 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 384 | 0,90 | 0,90 | |
| | | Отрезание и прорезание | 408 | 0,72 | 0,8 | 0 |
| | | Нарезание резьбы | 148 | - | 1,7 | 0,71 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 200 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и | 247 | | 1,0 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | прорезание | | | | |
| | | Фасонное точение | 212 | | 0,75 | |
| Сталь жаропрочная | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 204 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| Серый чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 92 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 123 | | 0,85 | |
| | | Нарезание резьбы | 103 | - | 1,8 | 0,82 |
| | БРС | Отрезание и прорезание | 158 | 1,0 | 1,0 | 0 |
| Ковкий чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 81 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 139 | | 1,0 | |
| Медные сплавы | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 55 | 1,0 | 0,66 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 75 | | 1,0 | |
| Алюминий и силумин | БРС | Отрезание и прорезание | 40 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 50 | | 1,0 | - |

Таблица 17 Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на силу резания PZ при обработке сталей и чугуна

| Параметры | | Материал режущей части инструмента | Коэффициенты | |
|---|---|---|---|---|
| Наименование | Вели чина | | Обозна чение | Величина коэффициента |
| Главный угол в плане φ0 | 30 | ТС | Кφ | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,94 |
| | 90 | | | 0,89 |
| | 30 | БРС | | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,98 |
| | 90 | | | 1,08 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Передний угол γ0 | -15<br>0<br>10 | ТС | К γ | 1,25<br>1,1<br>1,0 |
| | 12-15<br>20-25 | БРС | | 1,15<br>1,0 |
| Угол наклона режущей кромки λ0 | -5<br>0<br>5<br>15 | ТС | Кλ | 1,0<br>-<br>-<br>- |
| Радиус при вершине резца r,<br>мм | 0,5<br>1,0<br>2,0<br>3,0<br>4,0 | БРС | К r | 0,87<br>0,93<br>1,0<br>1,04<br>1,10 |

Таблица 18

**Поправочный коэффициент $К_{МР}$ для медных и алюминиевых сплавов, учитывающий влияние свойства обрабатываемого материала на силу резания**

| КМР для медных сплавов | | | | | | КМР алюминиевых сплавов | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гетерогенные | | С содерж. свинца <10% | С содерж. свинца >15% | Галогенные | Медь | Алюминий и силумин | дюралюмин | |
| НВ<12 0 | НВ<120 | | | | | | σВ<35 0 МПа | σВ>350 МПа |
| 1,0 | 0,75 | 0,65-0,70 | 0,25-0,45 | 1,8-2,2 | 1,7-2,1 | 1,0 | 2,0 | 2,75 |

# Оглавление

1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ ..... 3
19. Опишите технологию производства гнутых профилей. ..... 7
1.3. Волочение ..... 7
1.4. Ковка ..... 10
2. СВАРКА ..... 15
2.1. Ручная сварка покрытыми электродами ..... 19
3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ ..... 29
4. Литье
5. Получение металлов

# 1. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

## 1.3. Общая характеристика способа

Обработка металлов давлением - один из прогрессивных способов получения заготовок и деталей сложной конфигурации. При этом методе повышается коэффициент использования металла, уменьшаются отходы, улучшаются свойства металла, 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.

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**.

Характер пластической деформации зависит от соотношения процессов упрочнения и разупрочнения. Принято 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.

Основными схемами деформирования объемной заготовки, применяемые в промышленности 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.

## 1.4. Методические указания

Изучая обработку металлов давлением, следует обратить внимание на различие между упругой и пластической видами деформации.

Основным видом обработки материалов давлением является прокатка. Рассматривая процесс прокатки, следует изучить схему и сущность процесса: как происходить захват металла валками и какие виды деформации различают при прокатке. При изучении технологии

изготовления отдельных видов проката надо обратить внимание на последовательность операций выполняемых отдельными машинами и механизмами.

Необходимо усвоить понятия горячей и холодной обработки давлением, явления, которыми они охарактеризуются: наклеп и рекристаллизация. Для обеспечения равномерного прогрева заготовки по высоте и сечению нужно правильно выбрать режим нагрева.

Путем прессования, в отличие от проката, когда используются пластичные материалы, при деформации сплавов пониженной пластичности, можно получать сложные по форме и точные по размеру профили. При изучении прессования необходимо запомнить, что этот способ применяют для обработки давлением труднодеформируемых сталей и сплавов цветных металлов.

Прессование производят на прессах. Изготовление изделий малых сечений методами проката и прессования обычно энергетически нецелесообразно.

Для производства проволоки, прутков, фасонных профилей и труб малого сечения более рационально использовать процесс ***волочения*** материалов. Необходимо понять сущность процесса волочения при получении прутков, фасонных профилей и труб, а также изучить устройство инструмента (волоки) и оборудования (волочильные станы). Технологические операции волочения проводят после предварительной подготовки металлических заготовок: применяют различные виды смазки в зависимости от обрабатываемого металла и его назначения. Волочение проводят обычно в холодном состоянии, что приводит к появлению в металле наклепа. Для снятия наклепа на некоторых этапах волочения применяют промежуточный или так называемый межоперационный отжиг.

Крупные изделия сложной формы изготавливают методом ковки. Рассматривая технологию свободной ковки, обратите внимание на необходимость учета припусков, допусков и напусков, их размеров и назначения изделий.

При знакомстве с горячей и холодной объемной штамповкой изучите два способа: в открытых и закрытых штампах. Затем следует рассмотреть устройство и принцип работы штамповочных молотов и прессов.

При рассмотрении технологии листовой штамповки следует различать штампы простого, последовательного и совмещенного действия, механизмы подачи и перемещения листового материала, уда-

ления изделий и отходов. Обратите внимание на новые и специальные методы листовой штамповки, их преимущества и недостатки, перспективы развития.

Вопросы для самопроверки:

1. На чем основана обработка металлов давлением? Опишите сущность обработки металлов давлением.
2. В чем заключается преимущество обработки металлов давлением по сравнению с обработкой резанием?
3. Как влияет обработка давлением на структуру и свойства металла?
4. Как изменяется микроструктура металла после обработки давлением? Какие нагревательные устройства применяются перед обработкой металла давлением? Опишите их устройство и назначение.
5. Объясните сущность процесса прокатки. Рассмотрите основные виды прокатки.
6. Опишите технологию производства сортовых профилей.
7. Опишите технологию производства листового проката.
8. Опишите технологию производства бесшовных труб.
9. Опишите технологию производства сварных труб.
10. Опишите технологию производства специальных видов проката.
11. Опишите основные операции ковки и применяемый инструмент. Приведите эскизы.
12. Какое оборудование применяется для ковки? Рассмотрите последовательность операций процесса ковки. Опишите их содержание и назначение.
13. В чем заключается сущность процесса горячей объемной штамповки? Приведите схемы штамповки в открытых и закрытых штампах.
14. Какое применяется оборудование для горячей объемной штамповки?
15. Дайте описание технологии холодной штамповки. Ответ иллюстрируйте схемами выдавливания.
16. Рассмотрите технологический процесс прессования (выдавливания) труб.

17. Что такое волочение? Сущность процесса волочения проволоки, применяемое оборудование и порядок выполнения технологических операций.

18. Дайте описание технологического процесса волочения труб, применяемого при этом оборудования и инструментов.

19. Опишите технологию производства гнутых профилей.

## Работа №1. Волочение

### Краткие теоретические сведения

**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 инструмента определяет форму получаемого профиля изделия.

Схемы волочения прутка и трубы и примеры профилей представлены на рис. 1.1. Волочение труб можно производить без оправки и на оправке, если требуется уменьшить наружный диаметр и толщину стенки.

В связи с тем, что величина деформации за один проход ограничена, то величина вытяжки не должна превышать 1,05 ... 1,5.

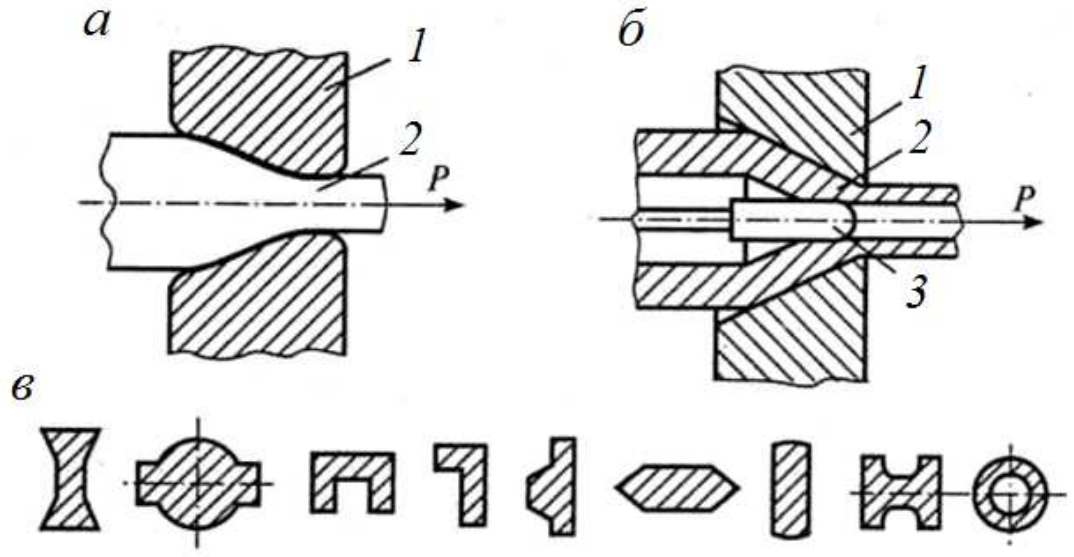



Рис. 1.2. Схемы волочения прутка (*а*), трубы (*б*) и примеры профилей, получаемых волочением (*в*):
*1* – фильера; *2* – заготовка; *3* – оправка

Если суммарная деформация металла превышает предельную пластичность (сужение) металла, то необходимо проведение промежуточного рекристаллизационного отжига заготовки перед следующим волочением для устранения пластической деформации и восстановления пластичности металла заготовки. При необходимости отжиг проводится несколько раз.

Истинная деформация, в отличие от относительной деформации, отражает смысл процесса деформирования. При больших деформациях (> 60 %) значения истинной и условной деформаций существенно различаются (истинное удлинение меньше относительного).

Относительное сужение

$$\psi = \frac{S_0 - S_к}{S_к}.$$

Истинное сужение заготовки

$$\varphi = \ln \frac{S_0}{S_к}.$$

Истинная и относительная деформация металла заготовки связаны между собой соотношением

$$e = \ln\left(\frac{1}{1 - \psi}\right).$$

Общая вытяжка заготовки за весь цикл обработки составляет

$$\mu_{общ} = \left(\frac{d_0}{d_к}\right)^2.$$

Общее истинное сужение заготовки

$$\Psi_{общ} = \psi_1 + \psi_2 + \ldots + \psi_i + \ldots + \psi_n = \sum_{i=0}^{n} \psi_i.$$

Диаметр проволоки после одного прохода

$$d_{п1} = d_0 z = d_0 \sqrt{\frac{1}{\mu_1}}$$

Количество проходов для достижения предельной величины истинной деформации

$$n = \frac{\ln \frac{d_к}{d_0}}{\ln z}.$$

где $d_0$; $d_к$ – начальный и конечный диаметр прутка, мм;

$\varphi$ – относительная деформация (сужение) заготовки;

$n$ – число проходов;

$\psi_i$ – относительное сужение металла заготовки за $i$-проход;
$\mu_i$ – вытяжка заготовки за $i$-проход;
$S_0$ и $S_к$ – начальная и конечная площадь основания заготовки, мм$^2$.

## Задача № 1

Определить количество проходов $n$ заготовки, необходимых для получения волочением прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка за проход для материала заготовки составляет $\mu_i$. Определить вытяжку за последний проход, чтобы выдержать заданный диаметр готового изделия $d_к$.

**Варианты исходных данных к задаче № 1**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 2

Обосновать необходимость промежуточного отжига заготовки при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Определить расчетом, после какого прохода необходим рекристаллизационный отжиг, если предельная пластичность (сужение) металла составляет $\psi$ (%), а допустимая вытяжка металла за проход - $\mu_i$. Определить также количество отжигов за полный цикл обработки.

**Варианты исходных данных к задаче №2**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | $\psi$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 № 3

Определить необходимое число проходов $n$ и диаметр $d_{in}$ (мм) волоки на отдельных проходах при волочении прутка диаметром $d_к$ (мм) из заготовки диаметром $d_0$ (мм). Допустимая вытяжка металла заготовки за проход составляет $\mu_i$.

**Варианты исходных данных к задаче №3**

| Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ | Вариант | $d_0$ | $d_к$ | $\mu_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 |

## Работа №2. Ковка

### Краткие теоретические сведения

**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 и машинную, осуществляемую с помощью молотов и прессов.

К основным операциям машинной ковки относятся осадка, протяжка, прошивка, гибка, сварка, скручивание, отрубка и раскатка (рис. 1.3).

**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.

Относительная деформации в направлении осадки

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_1},$$

где $h_0$ – высота образца до осадки; $h_1$ – высота образца после осадки.

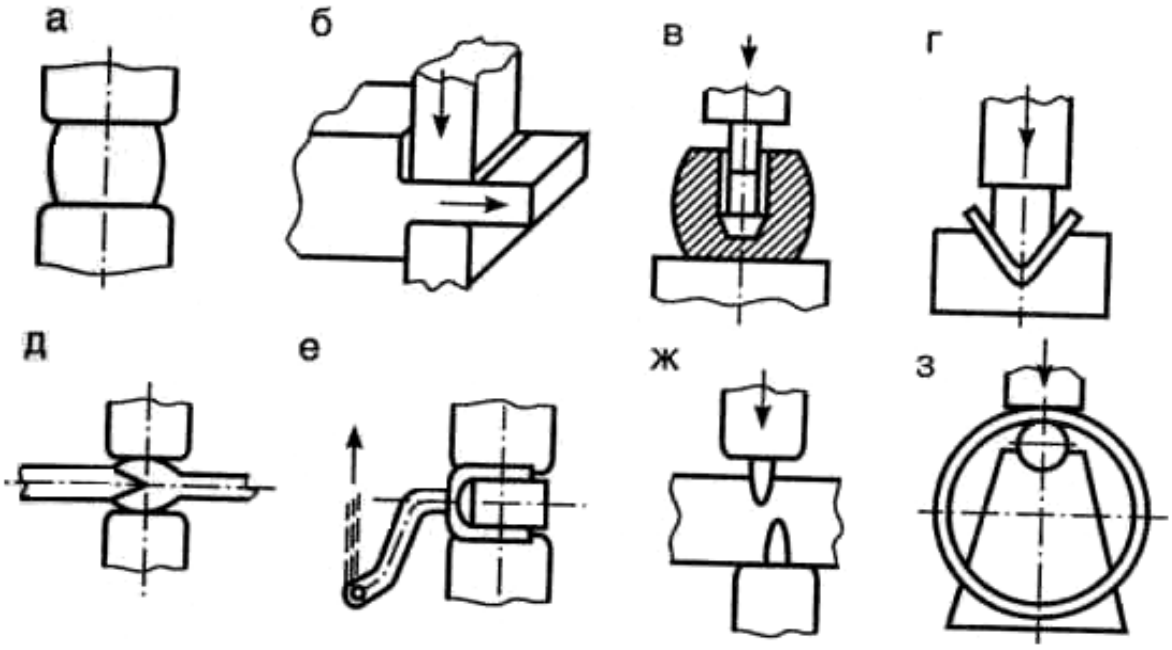



Рис. 1.3. Схема основных операций машинной ковки:
*а* – осадка; *б* – протяжка; *в* – прошивка; *г* – гибка; *д* – сварка;
*е* – скручивание; *ж* – отрубка; *з* – раскатка

Удельное усилие при осадке заготовок цилиндрической формы может быть определено по формуле

$$P = \sigma_т \left(1 + \frac{f \cdot d_1}{4h_1}\right),$$

где $\sigma_т$ – предел текучести металла при температуре деформации; $f$ – коэффициент трения между заготовкой и инструментом (0,3 - 0,5); $h_1$ – высота заготовки после осадки; $d_1$ – диаметр заготовки после осадки.

Сила деформирования при осадке

$$P_д = P \cdot W \cdot \psi_м \cdot S, \text{ (Н)},$$

где $W$ – скоростной коэффициент при осадке ($W$ = 1 при осадке прессом, $S$ – площадь заготовки при осадке; $W$ = 2,5 при осадке молотом); $\psi_м$ – масштабный коэффициент (табл.1).

Работа деформации

$$A_д = W\psi_м PV\ln\frac{h_0}{h_1}, \text{ (Дж)},$$

где $V$ – объем заготовки, м$^3$.

Энергия одного удара молота

$$E = mgH\eta, \text{ (Дж)},$$

где $m$ – масса молота, кг;

$H$ – высота падения молота, м;

$g$ – ускорение свободного падения 9,8 м/с$^2$;

$\eta$ – коэффициент полезного действия, 0,85.

Средний диаметр осаженной поковки

$$d_1 = d_о\sqrt{(h_о / h_1)}, \text{ мм}.$$

Число ударов молота

$$n = \frac{A_д}{E} .$$

Объем осаживаемой заготовки

$$V_0 = \frac{\pi d_0^2 h_0}{4}.$$

Поскольку объем заготовки не изменяется, то диаметр заготовки после осадки

$$d_1 = \sqrt{\frac{4V_0}{\pi h_1}}.$$

Таблица 1.1

**Масштабный коэффициент $\psi_м$ для определения усилия деформирования при обработке давлением**

| Масса поковки, кг | 0 - 1500 | 1500 - 60000 | 60000 - 80000 | 80000 -200000 |
|---|---|---|---|---|
| $\psi_м$ | 10 | 9 - 8 | 7 - 6 | 5 - 4 |

Таблица 1.2.

**Временное сопротивление разрыву (МПа) некоторых сталей при повышенных температурах**

| Марка стали | Температура испытаний, °С | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 700 | 800 | 1000 | 1100 | 1200 |
| 20 | 145 | 96 | 54 | 38 | 23 |
| 45 | 170 | 110 | 50 | 34 | 27 |
| 30ХГС | 175 | 85 | 37 | 21 | 10 |
| 40Х | 175 | 98 | 24 | 11 | 11 |

Примечание: для отожженной углеродистой стали отношение $\sigma_т/\sigma_в$ составляет примерно 0,5; а для отожженной легированной стали – 0,5-0,6.

Таблица 1.3

**Температурные интервалы ковки и штамповки конструкционных, углеродистых и легированных сталей**

| Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки в $^0$С | Марки сталей | Рекомендуемый интервал температур ковки, $^0$С |
|---|---|---|---|
| Ст.0 – Ст.3 | 1300 - 700 | 35Х, 38ХА, 40ХА | 1180 - 820 |
| Ст.4, Ст.5 | 1250 - 750 | 25Н, 30Н, 25НА, 30НА, 12Х18Н12Т | 1220 - 800 |
| Ст.6, Ст.7 | 1200 - 750 | 40ХГ, 40ХГА | 1180 - 800 |
| 10, 15 | 1300 - 750 | 12ХН2, 12ХН2А, 12ХН3 | 1180 - 800 |
| 20, 25, 30, 35 | 1250 - 750 | 30ХН3, 30ХН3А, 37ХН3А | 1160 - 850 |
| 40, 45, 50, 55 | 1200 - 750 | 37ХС, 40ХС, 40ХСА | 1150 - 830 |
| 15Г, 20Г, 30Г | 1230 - 800 | 27СГ, 35СГ | 1230 - 800 |
| 40Г, 50Г | 1200 - 800 | 70Г | 1180 – 780 |
| 40Г2, 45Г2, 50Г2 | 1180 - 830 | 15ХГ, 30ХГС | 1230 – 850 |

**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 |

## 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 | 30ХГС | 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 | 12Х18Н12 | 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 молота $m$ и число ударов $n$, необходимых для осадки стальной заготовки с начальными размерами $d_0$ (мм), $h_0$ (мм) до высоты $h_1$ (мм). Расчет $m$ выполнить для температуры окончания ковки, расчет $n$ выполнить для средней температуры ковки при высоте падения молота $H = 0{,}8$ м.

**Варианты исходных данных к задаче № Д.2.2**

| № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ | № вар. | Марка стали | $d_0$ | $h_0$ | $h_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 45 | 100 | 140 | 70 | 11 | 12Х18Н12 | 100 | 140 | 70 |
| 2 | 40Х | 120 | 300 | 80 | 12 | 30 | 120 | 300 | 80 |
| 3 | 20 | 150 | 350 | 100 | 13 | 30ХГС | 150 | 350 | 100 |
| 4 | 30ХГС | 100 | 150 | 80 | 14 | 30 | 100 | 150 | 80 |
| 5 | 45 | 120 | 250 | 70 | 15 | 40Х | 120 | 250 | 70 |
| 6 | 40Х | 130 | 200 | 100 | 16 | 20 | 130 | 200 | 100 |
| 7 | 20 | 110 | 210 | 80 | 17 | 12Х18Н12 | 110 | 210 | 80 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 30ХГС | 120 | 250 | 120 | 18 | 30 | 120 | 250 | 120 |
| 9 | 45 | 90 | 80 | 90 | 19 | 40Х | 130 | 180 | 90 |
| 10 | 40Х | 100 | 150 | 80 | 20 | 12Х18Н12 | 100 | 150 | 80 |

# 3. СВАРКА

## 3.1. Общая характеристика способа

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*** – технологический процесс получения неразъемных соединений в результате возникновения атомно-молекулярных связей между соединяемыми деталями.

Сварные соединения можно получать двумя принципиально разными путями: сваркой плавлением и сваркой давлением.

Сварка плавлением обычно возможна только в тех случаях, когда свариваемые металлы образуют при расплавлении единую сварочную ванну, т. е. растворяются друг в друге в жидком состоянии. Поэтому она применяется для сварки однородных металлов.

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.

При дуговой сварке 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*).

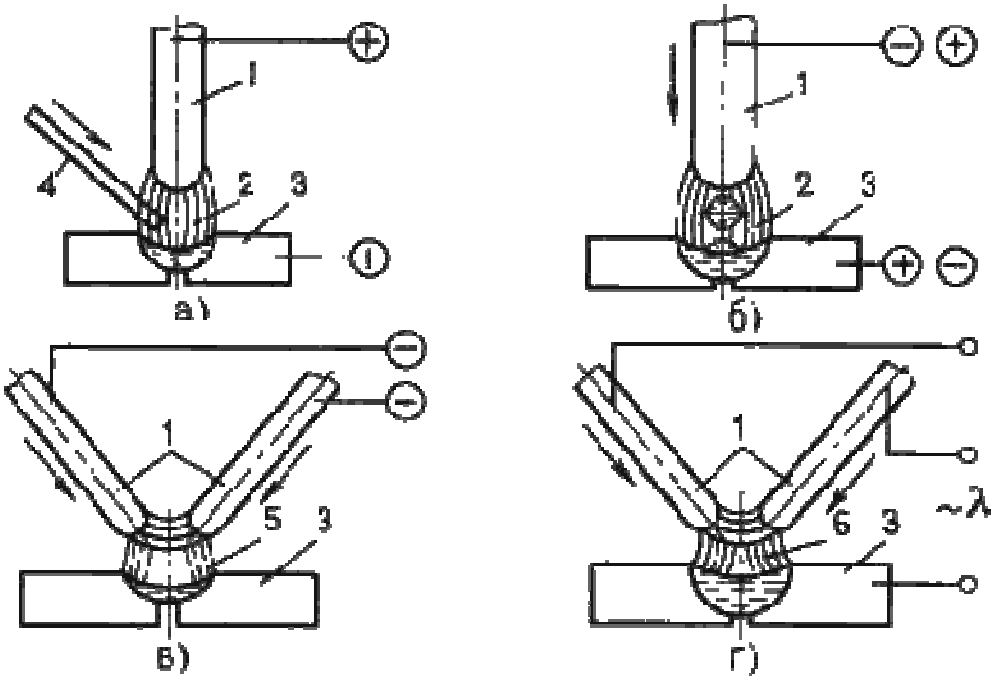



Рис. 2.1. Схемы дуговой сварки

Разновидности дуговой сварки различают по способу защиты дуги и расплавленного металла и степени механизации процесса.

Ручную дуговую сварку (РДС) 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 (Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60); для сварки легированных и конструкционных сталей повышенной и высокой прочности пять типов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150) (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; Э42А – 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).

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. Дефекты швов являются следствием неправильного выбора или нарушения режима сварки. Виды внешних и внутренних дефектов сварных швов устанавливают методами дефектоскопии.

## 3.2. Методические указания

Следует ознакомиться с классификацией способов сварки, их краткой характеристикой и особенностями применения в машиностроении, отметив преимущества сварки по сравнению с другими способами изготовления и ремонта деталей.

Обратить внимание на виды дефектов сварки и пайки, причины их возникновения и методы предупреждения.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Опишите физические основы получения сварного соединения.
2. Приведите классификацию методов сварки. Опишите их преимущества и недостатки.
3. Что называется свариваемостью металлов?
4. Какие типы сварных соединений Вы знаете?
5. Изложите различные способы электродуговой сварки.
6. Какие виды автоматизированных процессов сварки Вы знаете?
7. В чем сущность способа автоматической сварки? Начертите ее технологическую схему.

8. Опишите процесс электрошлаковой сварки.

9. Опишите принципиальную схему аргоно-дуговой сварки и ее преимущества перед другими способами сварки в среде защитных газов.

10. В чем состоит сущность газовой сварки?

11. Изложите сущность электродуговой резки металлов. Какое при этом применяется оборудование и каковы принципы его работы?

12. Расскажите о газовой резке металлов и областях ее применения.

13. Приведите примеры контроля качества сварных швов.

14. Опишите технологию контактной роликовой сварки стальных листов.

15. Опишите технологию дуговой сварки под слоем флюса труб большого диаметра из стали 18ХГТ в условиях серийного производства.

16. Начертите схему контактной роликовой (шовной) сварки. Опишите, в чем состоят ее достоинства и недостатки.

17. Изобразите схему контактной точечной сварки. Опишите области ее применения.

18. В чем заключаются физические основы холодной сварки и сварки трением. Области их применения.

19. Изложите способы сварки ультразвуком и взрывом, диффузионной сварки в вакууме, газопрессовой сварки.

20. Расскажите о структурных превращениях стали в зоне термического влияния.

21. Каковы особенности сварки и контроля углеродистых и низколегированных сталей?

22. Каковы особенности сварки чугунных отливок?

23. Расскажите о способах сварки Cu, Al и их сплавов.

24. Опишите технологию сварки емкостей из стали 14XI7T толщиной 8 мм. В чем состоит особенность сварки высокохромистых сталей?

25. Какие физические явления сопутствуют пайке металлов? Какие применяются припои и каков их состав?

26. В чем состоят различия в технологии пайки мягкими и твердыми припоями?

27. Приведите примеры дефектов сварных швов и способы их контроля.

28. Опишите методы устранения дефектов сварки и пайки.

## 2.1. Ручная сварка покрытыми электродами

### Краткие теоретические сведения

Основной задачей при проведении процесса сварки является разработка режима сварки. Режим дуговой сварки – совокупность факторов, обеспечивающих получение сварочного шва хорошего качества и заданных размеров. К таким факторам относятся род и полярность **сварочного** тока, его величина, тип и марка электрода, его

диаметр, напряжение на дуге, положение шва в пространстве, скорость **сварки**.

Род **сварочного** тока – постоянный или переменный – и его полярность зависит от марки и толщины свариваемого металла. Эти данные, а также типы и марки электродов приводятся в справочных таблицах.

Диаметр электрода в зависимости от толщины свариваемых деталей можно выбрать по табл. 4.

При сварке многослойных швов первый шов сваривают электродом диаметром не более 4 мм, а при диаметре электрода большем этого может быть непровар корня шва.

Диаметр электрода при сварке вертикальных швов не более 5 мм, потолочных – не более 4 мм независимо от толщины свариваемого металла. При выборе диаметра электрода для сварки угловых и тавровых соединений принимается во внимание катет шва. Диаметр электрода при катете шва – 3...5 - 3...4 мм, при катете 6...8 - 4...5 мм.

Величина сварочного тока в зависимости от диаметра электрода печатается на упаковке электродов.

Для сварки в нижнем положении величину сварочного тока можно определить по формуле:

$$I_{св} = (40...60)\, d,$$

где $I_{св}$ – величина **сварочного** тока, А; 40...60 – коэффициент, зависящий от типа и диаметра электрода; $d$ – диаметр электрода, мм.

При сварке конструкционных сталей:

- для электродов диаметром 3...6 мм величина **сварочного** тока: $\boldsymbol{I_{св} = (20 + 6d)\, d}$**;**
- для электродов диаметром менее 3 мм: $\boldsymbol{I_{св} = 30d}$.

Величина **сварочного** тока зависит как от диаметра электрода, так и от длины его рабочей части, состава покрытия, его положения в пространстве **сварки**.

Интервал изменения $I_{св}$ = 150 ... 400 А, напряжение $U$ = 16 ... 30 В.

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$^2$.

Учитывая заданную марку стали и временное сопротивление разрыва стали (табл. 1), выберите тип электрода (табл. 5). Если сварное соединение должно работать при ударных нагрузках, выбирайте электрод с повышенными пластическими свойствами.

Одним из основных параметров режима ручной дуговой сварки является диаметр электрода $d_э$ (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.

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

$$L_д = 0{,}5(d_э + 2), \qquad (2.2)$$

где $d_э$ – 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.

$$U_д = a + pL_д, \quad (2.3)$$

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 создания сварного шва $Q_н$ (г)

$$Q_н = 10^{-3} lS\gamma, \quad (2.4)$$

где $l$ – длина свариваемого шва (мм), $S$ – площадь поперечного сечения шва (мм$^2$), $\gamma$ – плотность электродного металла (для стали $\gamma$ = 7,8 г/см$^3$). Для одностороннего стыкового шва без скоса кромок площадь поперечного сечения $S$:

$$S = bh, \quad (2.5)$$

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 $S$:

$$S = h\,(b - 1) + 0{,}5(h^2 + 1), \quad (2.6)$$

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) составляет

$$t_о = Q_н/(I_{св} \cdot \alpha_н), \quad (2.7)$$

где $Q_н$ – масса наплавленного металла (г), $I_{св}$ – сила сварочного тока (А), $\alpha_н$ – коэффициент наплавки (г/А-ч), (табл. 7).

Скорость сварки $V_{св}$ (м/ч)

$$V_{св} = 10^{-3} l/t_о, \quad (2.8)$$

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

$$t_п = t_о/M, \quad (2.9)$$

где $t_о$ − основное время горения дуги (ч), $M$ – коэффициент производительности, ($M$ = 0,6 – 0,8).

Массу расплавленного металла $Q_р$ (г) можно определить, подчитав массу расплавленных электродов

$$Q_р = 10^{-3}\,\gamma\pi d^2\,(l_э - l_{ог})\,n/4, \quad (2.10)$$

где γ – плотность электродного металла, $d_э$ диаметр электрода (мм), $l_э$ – длина электрода (мм) (табл. 4), $l_{ог}$ – длина огарка (мм), (принимают $l_{ог}$ = 50 мм), $n$ – число электродов. Расход электродов (кг) на 1 кг наплавленного металла – 1,6 -1,7.

В заключении, определяют полный расход электроэнергии на сварку А (кВт·ч)

$$A = I_{св} U_д t_о, \qquad (2.11)$$

где $I_{св}$ – сила сварочного тока (А), $U_д$ – напряжение дуги (В), $t_о$ – основное время горения дуги (ч).

Для расчета основных параметров режима электродуговой сварки воспользоваться табл. 2*.

## 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 2.1

**Исходные данные для выполнения задания С.1**

| № варианта | Марка стали | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа | Толщина свариваемой стали, Н, 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 |
| 226 | 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 режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

**Варианты исходных данных для задачи С.2**

| № вар | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ | № вар. | Марка стали | $h$ | $D$ | $L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Ст3 | 6 | 500 | 1000 | 11 | 10 | 8 | 700 | 2000 |
| 2 | 10 | 7 | 700 | 1500 | 12 | 20 | 9 | 800 | 2100 |
| 3 | 20 | 8 | 800 | 1600 | 13 | Ст3 | 6 | 650 | 2000 |
| 4 | Ст3 | 9 | 900 | 2000 | 14 | 10 | 7 | 650 | 2200 |
| 5 | 10 | 6 | 550 | 1500 | 15 | 20 | 8 | 850 | 2500 |
| 6 | 20 | 7 | 600 | 2000 | 16 | Ст3 | 9 | 1000 | 2500 |
| 7 | Ст3 | 8 | 750 | 2200 | 17 | 10 | 6 | 700 | 1700 |
| 8 | 10 | 9 | 950 | 2500 | 18 | 20 | 7 | 550 | 1600 |
| 9 | 20 | 6 | 600 | 1900 | 19 | Ст3 | 8 | 900 | 2000 |
| 10 | Ст3 | 7 | 500 | 1200 | 20 | 10 | 9 | 1100 | 2300 |

## Задача С.3

Для изготовления из листа толщиной $h$ (мм) конического днища для обечайки диаметром $D$ (мм) с углом конуса α (град) разработать 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

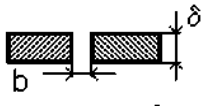
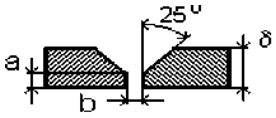
Для изготовления из листа толщиной $h$ (мм) конического перехода длиной $L$ (мм) между трубопроводами $D$ (мм), $d$ (мм) разработать режим ручной дуговой сварки, определить расход электродов.

**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 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 | С2 |  | 1,5–2,5<br>3,0–4,0 | 1<br>2 |  |
| Шов стыковой односторонний с $V$-образным скосом двух кромок | С17 |  | 4,5–7,5<br>8,0–13,5<br>14,0–16,0 | 3<br>4<br>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 2.5

**Тип электрода**

| Тип электрода | Механические свойства металла сварного шва | | |
|---|---|---|---|
| | Временное сопротивление при растяжении $\sigma_в$, МПа | Относительное удлинение $\varepsilon$, % | Ударная вязкость $KCU$, МДж/м$^2$ |
| Э38 | 380 | 14 | 0,3 |
| Э42 | 420 | 18 | 0,8 |
| Э42А | 420 | 22 | 1,5 |
| Э46 | 460 | 18 | 0,8 |
| Э46А | 460 | 22 | 1,4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Э50 | 500 | 16 | 0,7 |
| Э50А | 500 | 20 | 1,3 |
| Э55 | 550 | 20 | 1,2 |
| Э60 | 600 | 18 | 1,0 |
| Э70 | 700 | 14 | 0,6 |
| Э85 | 850 | 12 | 0,5 |
| Э100 | 1000 | 10 | 0,5 |
| Э125 | 1250 | 8 | 0,4 |
| Э150 | 1500 | 6 | 0,4 |

Таблица 2.7

**Марка электрода**

| Тип электрода | Марка электрода | Диаметр электрода $d_э$, мм | Коэффициент наплавки $\alpha_н$, г/А·ч |
|---|---|---|---|
| Э42 | ОЗС-23 | 2; 3 | 8,5 |
| | ВСЦ-4 | 3; 4 | 9,5 |
| | ОМА-2 | 2; 2,5; 3 | 8 |
| | АНО-6 | 4; 5 | 10 |
| Э42А | УОНИ-13/45 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |
| | СМ-11 | 3; 4; 5 | 10 |
| Э46 | 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 |
| Э46А | ВН-48 | 2,5; 3; 4; 5; 6 | 11 |
| | ОЗС-22Р | 3; 4; 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/55К | 3; 4; 5 | 9,5 |
| Э50 | ВСЦ-4А | 3; 4 | 9,5 |
| Э50А | УОНИ-13/55 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9 |
| | АНО-11 | 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ДК-50 | 4; 5 | 10 |
| Э55 | УОНИ-13/55У | 4; 5; 6 | 10 |
| Э60 | ВСЦ-60 | 5; 6 | 10 |
| | УОНИ-13/65 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 9,5 |
| | ОЗС-24 | 3; 4 | 9,5 |
| Э70 | ВСФ-75У | 4 | 9 |
| Э85 | 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 |
| Э100 | ОЗШ-1 | 2; 2,5; 3; 4; 5 | 8,5 |

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$^2$ | $S = b \cdot h$ | |
| | | | $S = 8(h - 1) + 0{,}5(h_2 + 1)$ | 94 |
| 10 | Масса наплавленного металла | $Q_н$, г | $Q_н = 10\text{-}3lS\gamma$ | 337,27 |
| 11 | Коэффициент наплавки | $\alpha_н$, г/А·ч | табл. 7 | 10 |
| 12 | Основное время горения дуги | $t_о$, ч | $t_о = Q_н / I_{св}\, \alpha_н$ | 0,11 |
| 13 | Скорость сварки | $V_{св}$, м/ч | $V_{св} = 10\text{-}3l/t_о$ | 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 | $Q_р = 10\text{-}3\, \gamma\pi d_э^2 (l_э - l_{ог}) n/4$ | 352,68 |
| 18 | Коэффициент потерь | ψ, % | $\psi = 10^2 (Q_р - Q_н)/Q_р$ | 4,4 |
| 19 | Расход электроэнергии на сварку | А, кВт-ч | $A = I_{св} U_д t_о$ | 594 |
| 20 | Зазор (расстояние) между свариваемыми деталям | В, 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; $M = 0{,}5$

# 3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

## 3.1. Общая характеристика способа

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*).

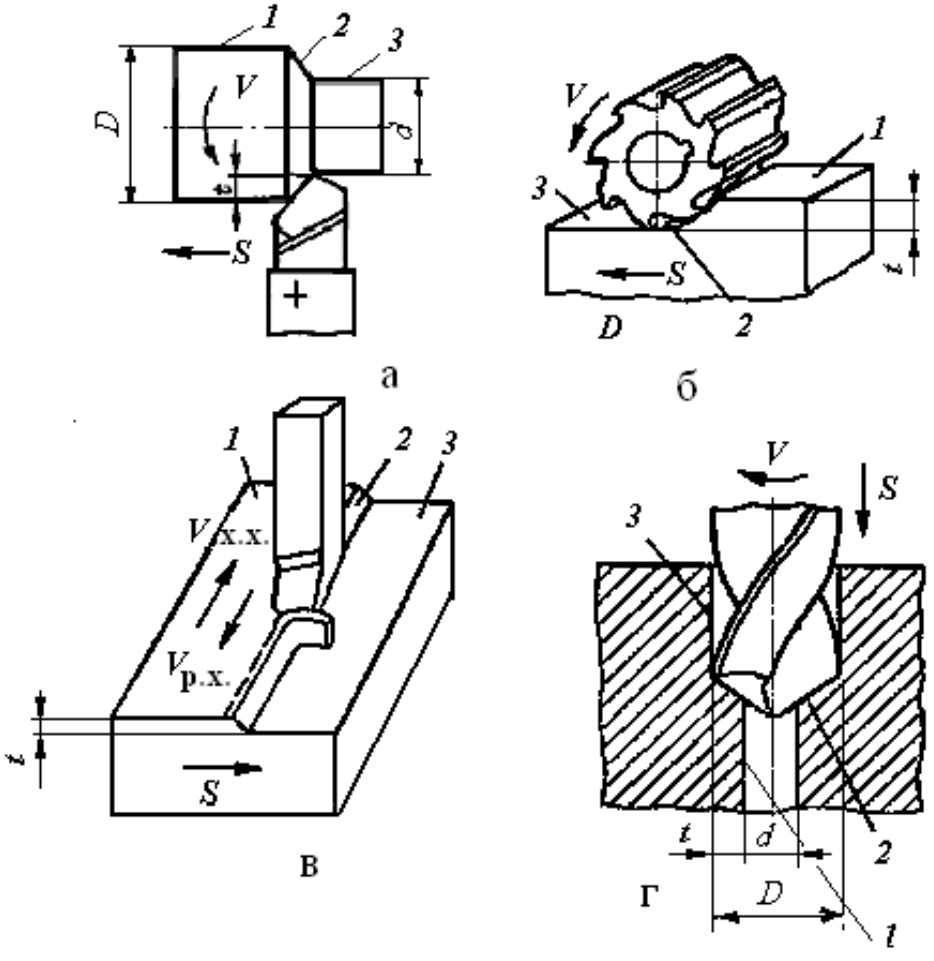


Рис. 3.1 Схемы обработки заготовок:
*а*) точением. *б*) фрезерованием, *в*) строганием,
*г*) сверлением (рассверливанием)

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 ($k = V_{рх}/V_{хх}$).

***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.

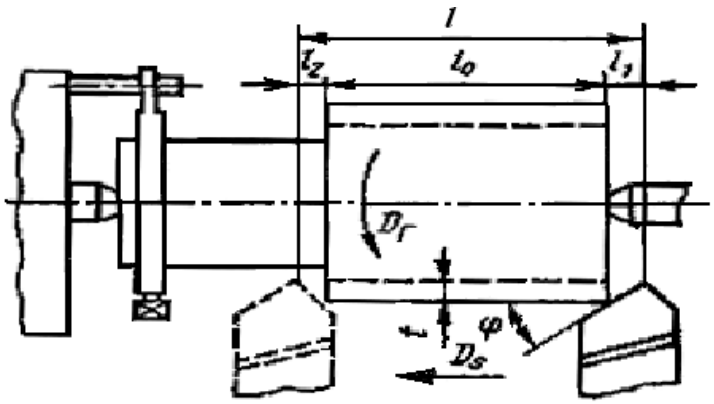



Рис. 1.2. Схема к расчёту $T_o$ при обработке цилиндрической поверхности

## 3.2. Методические указания

Обработка металлов резанием связана с превращением в стружку значительного количества металлов. Это привело к тому, что обработка резанием в некоторой степени потеснена малоотходными технологиями (точное литье, обработка давлением и др.). Однако обработка резанием остается главным средством изготовления высокоточных деталей в машиностроении с заданной точностью и чистотой поверхности. Резание металлов представляет собой сложный процесс, включающий ряд взаимодействующих явлений, к которым относится: упругое и пластическое деформирование, интенсивное трение, выделение тепла, образование нароста, явление наклепа, износ инструмента, усадка стружки.

При изучении этой темы следует обратить внимание на физико-химические процессы, происходящие при резании, и их роль в формировании поверхностного слоя обрабатываемой детали. Необходимо разбираться в видах режущих инструментов и способах их эффективного использования.

Необходимо ознакомиться с современным состоянием развития теории и технологии обработки материалов резанием, классификацией поверхностей и методов их обработки, требованиями к технологичности деталей, обрабатываемых резанием, кинематикой процесса резания, классификацией движений и геометрией срезаемого слоя.

Следует запомнить определение, обозначения и размерности элементов режима резания, элементы резца и его углы.

Изучите силы, действующие на резец, влияние различных показателей на скорость резания, а также скоростное и силовое резание как резерв повышения производительности труда.

При изучении материалов, из которых изготовляются резцы, следует обратить внимание на марки быстродействующих и твердых сплавов, особенно на минералокерамические сплавы, имеющие высокую износостойкость и дешевые в изготовлении.

Высокие требования, предъявляемые к технико-эксплуатационным характеристикам современных машин, обеспечиваются высокой точностью размеров и другими показателями качества деталей этих машин. Поэтому роль металлорежущих станков для высококачественной обработки деталей в машиностроении не уменьшается.

Современные станки – это сложные разнообразные механизмы, использующие различные методы осуществления движений и управ-

ления рабочим циклом, обеспечивающие обработку деталей любой конфигурации и различных размеров.

При изучении темы следует обратить внимание на движения инструмента и детали при обработке на различных станках. Необходимо разбираться в технологических возможностях станков разных видов.

Следует изучить принятую в России классификацию металлорежущих станков, подробно рассмотреть приводы и передачи станков различных групп. Для чтения кинематических схем станков нужно знать условные обозначения различных узлов в соответствии с ГОСТами.

Необходимо рассмотреть основные виды токарных, сверлильных, расточных, строгальных, долбежных, протяжных, фрезерных, шлифовальных работ, применяемые инструменты, а также технологические требования, предъявляемые к деталям, обрабатываемым на различных станках.

Все металлорежущие станки разделяют на группы по характеру выполняемых работ и виду применяемых инструментов. Подробно рассмотрите принятую в России классификацию и уясните единую систему условного обозначения станков, понимаемую как нумерация. Затем подробно рассмотрите технологии обработки резанием, выполняемые на разных металлорежущих станках.

**Обработка на токарных станках.** С использованием рисунков рассмотрите основные узлы токарно-винторезного станка и поймите, почему токарные станки часто называют универсальными. Проанализируйте типы станков токарной группы.

**Обработка на сверлильных и расточных станках.** Поймите, что понимают под обработкой круглых отверстий на станках сверлильной группы.

**Обработка на фрезерных станках.** Уясните, что такое фрезерование и какие типы фрез для этого используют.

**Обработка на строгальных, долбежных и протяжных станках.** С учетом видов обработки поверхностей строганием выделите особенности этой группы станков. Изучите типаж инструментов, используемых для этих целей. Составьте схему работ на станках этой группы.

**Обработка на шлифовальных и отделочных станках.** Изучите процесс шлифования и инструмент, используемый для этих целей. Обратите внимание, что шлифование также относится к операциям

резания и разберите с чем это связано. Рассмотрите методы шлифования и типы шлифовальных станков. Для всех рассмотренных технологийрезания изучите возможные виды работ.

**Вопросы для самопроверки**

1. Для чего используют станки токарной группы?
2. Почему токарные станки часто называют универсальными?
3. Что понимают под зенкованием и развертыванием крупных отверстий.
4. Какие основные типы фрез существуют?
5. В чем особенности строгальных станков?
6. Что понимают под процессом шлифования?
7. Что понимают под абразивным инструментом?
8. Для каких целей используют в механообработке роботы и манипуляторы?

## Токарная обработка

Задача. На токарно-винторезном станке производится наружное продольное точение заготовки $D$ = 68 мм до $d$ = 62 мм (рис. 2). Длина обрабатываемой поверхности $l$ = 280мм, длина заготовки $L$ = 430 мм. Шероховатость обработанной поверхности $Ra$ = 25 мкм. Заготовка - поковка стальная 40Х с пределом прочности 700 МПа. Способ крепления заготовки - в центрах. Обработка ведется с охлаждением.

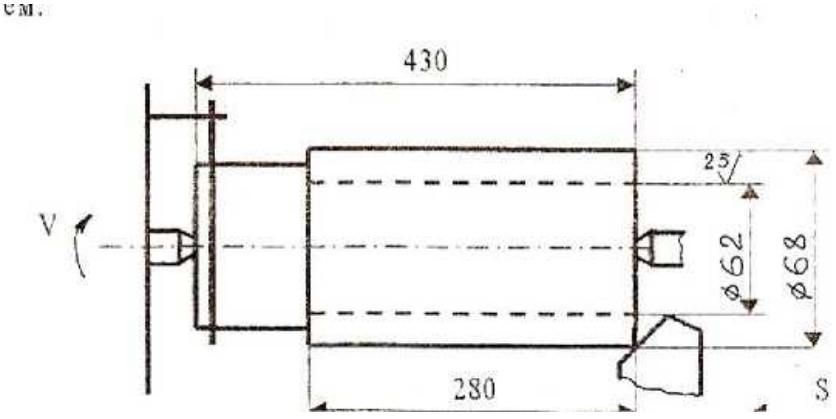



Рис. 2. Схема обработки

Необходимо:
Выбрать токарный станок;
Выбрать режущий инструмент;

Выполнить эскиз резца;
Назначить режимы резания;
Определить машинное время.

Решение

Исходя из условий задачи (размеров заготовки, характера обработки), выбираем токарно-винторезный станок модели 16К20, имеющий следующие технические характеристики: мощность двигателя $N_{дв}$ =10 КВт, к.п.д.= 0,75, высота центров = 215 мм, расстояние между центрами 2000 мм.

Материал режущей части инструмента выбираем исходя из физико-механических свойств обрабатываемого материала и характера обработки (Приложение таблица 1). При черновом обтачивании конструкционной стали марки 40Х с глубиной резания $t$ = 3 мм на средних станках рекомендован твердый сплав марки Т15К6 (WC-79%, TiC-15%, Co-6%) либо быстрорежущая сталь марки Р6М5 (W-6%, Mo-5%, C-1%). Так как в последнее время большее предпочтение отдано инструменту из твердого сплава, выбираем материал пластинки Т15К6. Державка резца изготавливается из качественной конструкционной стали группы 1 марки 45 ($\sigma_в$ = 610 МПа, НВ = 197).

При выборе значений геометрических параметров резца следует учитывать материал заготовки, вид обработки, материал режущей части инструмента, сечение державки и жесткость системы СПИД (Приложение таблицы 2, 3). Выбираем форму передней поверхности резца - радиусную с фаской. Фаску с отрицательным передним углом делают для упрочнения режущей кромки резца с пластинками из твердого сплава. Радиусная лунка обеспечивает завивание сходящей стружки. Геометрические параметры режущей части (рис. 3): передний угол $\gamma$ = 10° (при черновой обработки конструкционных материалов с НВ < 240), задний угол $\alpha$ = 6° (при черновой обработке), угол наклона главной режущей кромки $\lambda$ = 0 (точение без ударных нагрузок), углы в плане $\varphi$ = 45°, $\varphi'$ =15° (при жесткой системе СПИД), угол фаски $\gamma_ф$ = -5°, ширина фаски $f$ = 0,8 мм.

Используя выбранные данные геометрических параметров режущей части резца, выполним эскиз токарного проходного резца с пластинкой из твердого сплава марки Т15К6, сечение державки 16 × 25 мм.

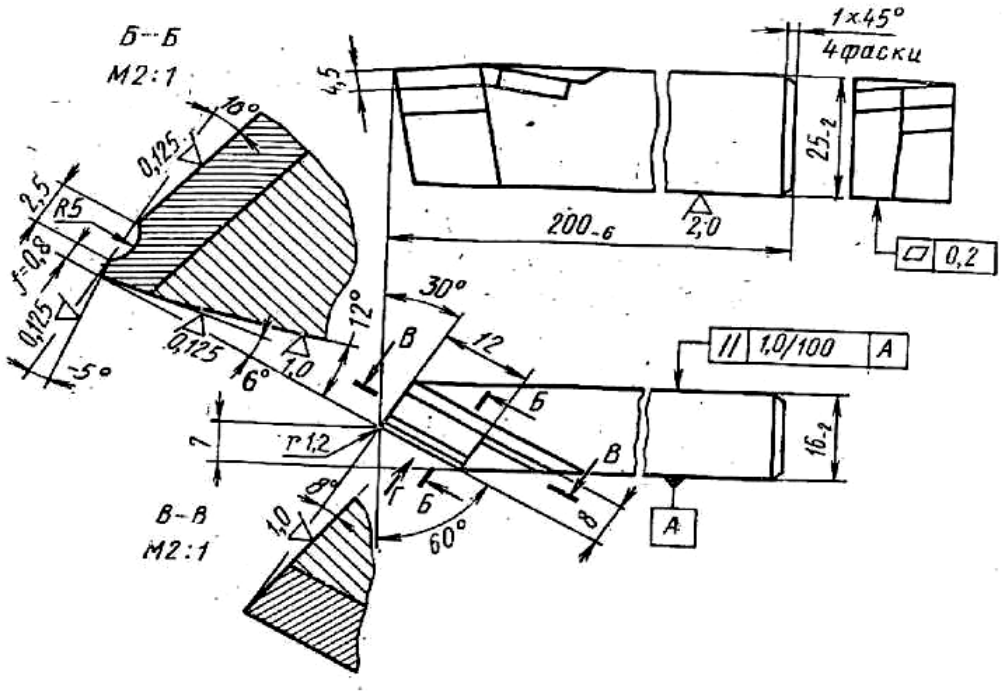



Рис. 3. Эскиз резца

Назначаем режимы резания.

Глубину резания определяем по формуле

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{68 - 62}{2} = 3 \text{ (мм)}$$

Т. к. при черновой обработке за один проход инструмента можно снять $t$ = 5-7 мм, то данная обработка будет проходить за один проход. Причем шероховатость обработанной поверхности $Ra$ = 25 мкм будет обеспечена.

Подачу назначаем по таблице 4 (Приложения). Для обработки заготовки из конструкционной стали, диаметром до 100 мм, глубинной резания $t$ = 3мм, сечением державки 16×25 мм - подача $S_{таб}$ = 1,2 мм/об.

Данную подачу корректируем по паспорту станка 16К20, выбрав ближайшее меньшее значение:

$$S_ф = 1 \text{ мм/об.}$$

Период стойкости определим по таблице 9 (Приложения):

$$T = 30 \text{ мин.}$$

Скорость резания при наружном точении определяем по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{30^{0,2} 3^{0,15} 1^{0,45}} 0,97 = 142 \text{ (м/мин).}$$

$K_V = 1,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,97$ , где

$K_{MV} = \frac{750}{700} = 1{,}07$ , $K_{ПV} = 1$, $K_{ИV} = 1$, $K_{\varphi V} = 1$, $K_{\varphi W} = 0{,}97$, $K_r = 0{,}94$.

(Приложение таблицы 11,12,15,16 согласно заданным условиям). Определяем частоту вращения шпинделя, соответствующую найденной скорости резания, по формуле (3)

$$n_р = \frac{1000V_р}{\pi D} = \frac{100 \cdot 142}{3{,}14 \cdot 68} = 665 \text{ (об/мин).}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка 16К20, выбрав фактическое значение частоты вращения из ближайшего меньшего.

$$n_ф = 500 \text{ об/мин.}$$

Определяем действительную скорость резания по формуле (5)

$$V_д = \frac{\pi D n_ф}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 68 \cdot 500}{1000} = 107 \text{ (м/мин).}$$

Определяем мощность, затраченную на резание, по формуле (6) и силу резания по

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^x \cdot S_Ф \cdot V_Д \cdot K_{PZ}, \quad (5)$$

Из таблицы 16 (Приложения) выписываем коэффициенты и показатели степеней для данных условий обработки. $C_{PZ} = 300$, $x = 1$, $y = 0{,}75$, $n = 0{,}15$.

Учитываем поправочный коэффициент на силу резания $K_{PZ}$, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания.

$$K_{PZ} = K_{MPZ} K_\varphi K_\gamma K_\lambda K_r = 0{,}94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0{,}94$$

Численные значения этих коэффициентов выбираем в таблице 15, 16 (Приложения):

$K_{MPZ} = \left(\frac{700}{750}\right)^{0{,}75} = 0{,}94$ , $K_\varphi = 1$, при $\varphi = 45^o$; $K_\gamma = 1$ при $= 10^o$; $K_\lambda = 1$ при $\lambda = 0^o$;

$K_r$ на силу резания при заданных условиях обработки не влияет.

$$P_Z = C_{PZ} \cdot t^X \cdot Sj \cdot V_Д \cdot K_{PZ} = 300 \cdot 3^1 \cdot 1^{0{,}75} \text{-} 107^{-0{,}15} \cdot 0{,}94 = 419 \text{(Н).}$$

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_д}{60 \cdot 1020} = 7{,}1 \ \text{кВт}.$$

Проверяем достаточность мощности привода станка по условию:

$$N_e < N_{CT}$$

На станке 16К20 $N_{CT} = 10 \cdot 0{,}75 = 7{,}5$ кВт.

$7{,}1 < 7{,}5$, т.е. обработка возможна.

• Определяем основное технологическое время по формуле

$$L = I + y + \Delta = 280 + 3 + 2 = 285 \text{ (мм)},$$

где длина обрабатываемой поверхности $l$ =280 мм, величина врезания $y = t \cdot \text{ctg}\varphi = 3 \cdot \text{ctg}45^0 = 3 \cdot 1 = 3$(мм), величину перебега принимаем $\Delta = 2$ мм.

Тогда

$$t_0 = \frac{Li}{n_ф S_ф} = \frac{285 \cdot 1}{500 \cdot 1} = 0{,}57 \ \text{(мин)}.$$

## Задача Р.1.

Определить минутную подачу резца $S_м$ (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 Р.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 Р.2.

Определить основное время $T_0$ при подрезании сплошного торца заготовки диаметром $D_0$(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 $\varphi = 45°$. Перебег резца $\Delta = 1 \ldots 3$ мм. Начертить схему обработки поверхности.

### Варианты исходных данных к задаче Р.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 Р.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 $\Delta = 1 \ldots 2$ мм. Начертить схему обработки поверхности.

### Варианты исходных данных к задаче Р.3

| № | $D$ | $h$ | $n$ | $S$ | № | $D$ | $h$ | $n$ | $S$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 Р.4.

Определить мощность $N_{рез}$, затрачиваемую на резание и момент сопротивления резанию $M_{ср}$, если при продольном точении заготовки диаметром $D$(мм) со скоростью резания $V$(м/мин) тангенциальная сила резания составила $P_z$(Н). Начертите схему расположения составляющих силы резания для рассматриваемого случая обработки резанием.

**Варианты исходных данных к задаче Р.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 |

Для решения предлагаемых задач по резанию металлов и режущему инструменту следует пользоваться справочными таблицами [5-9] и справочными материалами Приложения В, а также источниками [1;4].

## 5. Литейное производство

### 5.1. Общая характеристика способа

Литьё - получение изделий путем заливки жидкого металла в формы и его последующего затвердевания.

Теоретически, литьем можно получить сколь угодно сложное по форме изделие. На практике, литьё, как и все методы формообразования, имеет существенные ограничения.

Они связаны:

- с трудностями изготовления формы для заливки жидкого металла;

- с невозможностью заполнения жидким металлом сколь угодно тонкого

рельефа; это технологическое свойство металла, называемое

"жидкотекучестью", связано с вязкостью жидкого металла, его поверхностным натяжением, смачиваемостью материала формы жидким металлом и рядом других факторов;

- с усадкой металла при застывании, которая определяется разностью объемов, занимаемых жидким и затвердевшим металлом и изменением его объема (размеров) при охлаждении до комнатной температуры. Усадка, а особенно неравномерное охлаждение отливки в форме, приводит к ее короблению, возникновению внутренних напряжений, а, иногда, даже к разрушению.

Однако литьё позволяет получать самые сложные по форме изделия, в том числе и произведения искусства…

Литьё - древнейший технологический процесс. В средние века литьем изготавливали колокола для церквей, пушки, монументы и т. д.

## 5.2. Методические указания

Литейное производство - отрасль машиностроения, использующаяся для изготовления фасонных заготовок или деталей путем заливки расплавленного металла в специальную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали).

При изучении этой темы необходимо рассмотреть такие явления как жидкотекучесть, усадка, трещинообразование, газовые раковины и пористость отливок.

Затем необходимо разобраться в технологических процессах получения отливок различными способами: в песчано-глинистых формах, в оболочковых формах, по выплавляемым моделям, в металлических формах (кокилях), центробежным литьем под давлением, специализированными способами.

Студент должен последовательно рассмотреть литье в металлические формы (кокиль), центробежное литье, точное литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы.

Далее необходимо рассмотреть технологические этапы получения отливки, то есть сборку и заливку литейных форм, охлаждение отливок, их выбивку и очистку.

Затем следует ознакомиться с особенностями изготовления отливок из различных сплавов.

Изучить оборудование, применяемое в литейных цехах для плавки и проведения других технологических операций.

Особое внимание следует обратить на основные виды дефектов отливок, отметив влияние нарушений технологического процесса и нетехнологичности конструкций отливок на появление различных видов брака литья. Рекомендуется ознакомиться с современными методами и аппаратурой, применяемой для контроля всех стадий процесса изготовления отливок и используемых материалов. Следует четко уяснить, какие дефекты можно подвергнуть исправлению, и какие отливки являются окончательным браком.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Что понимается под жидкотекучестью литейных сплавов? Как проводят испытания на жидкотекучесть сплавов?

2. Что такое усадка литейных сплавов? Опишите способы предупреждения усадочныхраковин и пористости отливок.

3. В результате, каких явлений образуются трещины в отливках? Как бороться с этим видом брака?

4. Какие применяются меры для уменьшения возможности образования газовых раковин и пористости отливок?

5. Какие формовочные и стержневые смеси используют в литейном производстве? Их характеристики и методы испытания.

6. Дайте описание схемы работы литейного конвейера. Рассмотрите вопросы механизации и автоматизации изготовления литейных форм.

7. Машины для получения отливок под давлением, схема их устройства и принцип действия. Области применения отливок, изготовленных способом литья под давлением.

8. Перечислите свойства серого чугуна как литейного и конструкционного материала.

Укажите, для каких целей применяются в машиностроении чугунные отливки? Приведите химические составы нескольких марок

серого и модифицированного чугунов с указанием их механических свойств.

9. Изложите способы получения ковкого чугуна: виды ковкого чугуна, в чем особенности изготовления литейных форм для получения ковкого чугуна?

10. Опишите технологию изготовления отливок из алюминиевых сплавов.

11. Опишите технологию изготовления отливок из магниевых сплавов.

12. Опишите технологию отливок из медных сплавов.

13. Назовите виды дефектов при получении отливок и способы их устранения. Как, с применением какой аппаратуры и на каких стадиях изготовления производится контроль отливок?

# 6. Основы металлургического производства

## 6.1. Общая характеристика способа

Металлы и их сплавы в настоящее время являются основным материалом для производства машин, приборов и других технических устройств.

Это определяется сочетанием их свойств, которым в данное время не обладают другие конструкционные материалы.

К таким свойствам относятся:

- механические: прочность, твердость, пластичность, ударная вязкость ...

- теплофизические: жаропрочность, теплопроводность, низкий коэффициент линейного расширения...

- химические: устойчивость в агрессивных средах, биологическая инертность

- технологические: свариваемость, литейные свойства (жидкотекучесть, степень усадки при затвердевании, склонность к ликвации элементов), пластичность...

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.

## 6.2. Методические указания

Получение чугуна в доменных печах относится к пирометаллургическому способу. Исходными материалами являются руды, флюсы и топливо. Изучите виды руд, флюсы и их назначение, топливо, используемое при производстве чугуна, принцип работы доменной печи и физико-химические процессы, протекающие при получении чугуна. Ознакомьтесь со способами прямого восстановления железа из руды, этапами этого процесса.

Ознакомьтесь с рудами для получения меди, алюминия, магния, титана; способами их обогащения. Изучите работу агрегатов для получения этих металлов, способы рафинирования.

**Краткие теоретические сведения**

Процессы получения стали из чугуна и скрапа сводятся к снижению примесей и углерода путем окислительных процессов с сталеплавильных печах. Ознакомьтесь с принципом работы современных конвертеров, мартеновских и электродуговых печей. Изучите физико-химические процессы, протекающие в печах. Изучите способы разливки стали и ознакомьтесь с технико-экономическими показателями различных способов получения стали.

Восстановление металла проводится несколькими способами.

**Термохимическое восстановление металла о**существляется воздействием на соединение металла каким-либо восстановителем при высокой температуре. Термохимическим способом восстанавливают многие металлы.

Например, железо обычно содержится в руде в виде окислов $Fe_2O_3$ или $Fe_3O_4$ и восстанавливается угарным газом (CO), образующимся при горении кокса (продукта переработки каменного угля) в доменных печах. В зонах 4-6 происходит горение кокса в потоке воздуха поступающего через фурмы и образуется угарный газ при температуре 1600-1750 °C, который, воздействуя на окислы железа, приводит к их восстановлению:

$$Fe_2O_3 + CO \text{ --- } Fe_3O_4 + CO_2 + Q$$
$$Fe_2O_3 + CO_2 \text{ --- } FeO + CO_2 - Q$$
$$FeO + CO \text{ --- } Fe + CO_2 + Q$$

Образующееся железо, в виде капель, стекает в горн, откуда периодически выпускается. Сверху печи также периодически происходит подсыпка шихты (смеси руды, кокса и флюсов). Таким образом горение в печи поддерживается непрерывно в течении длительного времени, от 5 до 10 лет.

В образующемся железе при высокой температуре растворяется углерод кокса, что приводит к получению сплава железа с углеродом, при содержании последнего выше 2 % (но не более 6,67 %). Такой сплав весьма тверд и хрупок и называется чугуном.

Суточная производительность доменной печи достигает 2500 тонн чугуна. Хотя чугун, как конструкционный материал, применяется для отливки заготовок различных деталей машин (станины, корпуса двигателей, зубчатые колеса и т.д.) , но большая его часть перерабатывается в сталь – сплав железа с углеродом при содержании углерода менее 2 %.

Понизить содержание углерода в чугуне и, тем самым, превратить его в сталь можно окисляя избыточный углерод в жидком чугуне. Для этого применяются конвертерный и мартеновский методы получения стали.

Плавку медных руд ведут в пламенных печах, в которых происходит восстановление меди, но из-за высокого содержания в руде соединений железа и серы образуется "медный штейн", в котором содержится 20-50% меди, 20-40% железа и 22-25% серы.

Полученный штейн перерабатывается в черновую медь в конвертерах. Продувая через жидкий штейн воздух, проводят окисление железа, которое всплывает на поверхности в виде окислов, сера выгорает с образованием огромного количества окиси серы, используемой как сырьё для производства серной кислоты.

В результате процесса получают черновую медь (98,5-99,5 % Cu), которую можно использовать для производства медных сплавов, но которая не пригодна для электротехнической промышленности (для производства проводов).

***Конвертерный способ получения стали*** состоит в окислении избыточного углерода продувкой через жидкий чугун кислорода.

При этом, естественно, сгорает и некоторая часть железа. Реакция является экзотермической, поэтому в жидкий чугун можно добавить некоторую часть металлического лома, который при продувке кислородом расплавляется.

Процесс протекает довольно быстро (менее 20 мин). Производительность процесса зависит от объема конвертера (от 3 до 250 тонн).

При таком производстве стали химический состав ее зависит от содержания примесей в руде. Невозможно получить высококачественные легированные стали и переработка стального лома возможна только в ограниченных количествах, в то время как в промышленности накапливается его огромная масса.

***Мартеновский способ получения стали*** заключается в плавке шихты за счет горения топлива, в качестве которого используются

горючие газы, мазут, угольная пыль. При этом возможно производить контроль состава, вводить легирующие элементы.

В зависимости от вида процесса, в печь загружаются:

- жидкий чугун + руда - "рудный процесс".
- твердый чугун + металлический лом - "скраппроцесс"
- жидкий чугун+ металлический лом + руда -"скрапрудный процесс".

**Вопросы для самопроверки:**

6. В чем заключается сущность производства стали из чугуна? Какие существуют разновидности процессов получения стали?
7. Поясните сущность современных способов повышения качества стали: вакууммированием при разливке, электрошлаковым и вакуумно-дуговым методами переплавки и укажите области применения каждого из них.
8. Охарактеризуйте продукты доменного производства и укажите область применения каждого из них.
9. Опишите существующие способы разливки стали. Чем отличается спокойная сталь от кипящей? Опишите процесс кристаллизации спокойной стали в изложнице.
10. Опишите способы разливки стали. Укажите преимущества и недостатки каждого способа.

Задача №8.1.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 0,9 % Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК1, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.2.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2 % C, 2,4 % Si, 1,1% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК2, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.3.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 1,5% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК3, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара *Si* и Mn при выплавке.

Задача №8.4.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0 % C, 2,3 % Si, 0,9 % Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК4, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.5.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,2 % C, 2,1 % Si, 1,2 % Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК5, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.6.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,1% C, 2,2% Si, 1,1% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК6, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10 %, флюсы – 3 % металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

Задача №8.7.

Рассчитать шихту для выплавки чугуна состава 3,0% C, 2,3% Si, 0,9% Mn. Выплавка производится ваграночным способом из чушкового чугуна ЛК7, возврата собственного производства и стального лома. Масса металлической завалки 200 кг. Неметаллические компоненты шихты: кокс – 10%, флюсы – 3% металлической завалки. Расчет произвести с учетом угара Si и Mn при выплавке.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

Таблица 1

## Материал режущей части резца

| материал режущей части – пластины из ТС, РК, СТМ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| условие эксплуатации | | | материал пластины | | |
| обработка | припуск | глубина резания, мм | рекомендуемы й для усредненных условий | повышенной износостойкости | повышенной прочности |
| обтачивание и подрезание | | | | | |
| 1. конструкционные, подшипниковые и инструментальные стали (НВ 110-130) | | | | | |
| 1.1 мелкие и средние станки | | | | | |
| черновая | непрерывный | св. 1,5 до 3 | т15к6,мс111 | вок- 60,в3, тн20,кнт 16, вп1195 | т14к8, вп1255 |
| | | св. 3 до 7 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,КНТ16,МС111 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС2215, ВП1255 | Т5К12, | МС146 |
| | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | Т14К8,МС2210, ВП1255 | Т15К6,МС111, ВП1195 | Т5К10,МС1460 |
| | | св. 3 до 7 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2210 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К12,МС146 | Т5К10,МС1460 | ТТ7К12 |
| Чистовая | Непрерывный | До 1 | ВО-13,ВШ-75 | Композит1 0 | Т30К4,ТН20 |
| | | св. 1 до 3 | Т30К4, | ВОК-71 | ТН20,ТТ5К6 |
| 1.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая | Непрерывный | св. 3 до 7 | Т14К8, МС2215 | Т15К6,МС111 | Т5К10,МС1465 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10,МС1460 | Т14К8,МС2215 | Т5К12,МС146 |
| | | св. 15 до 45 | Т5К10 | - | ТТ7К12,Т5К12 |
| Черновая | Прерывитый | св. 3 до 7 | Т5К10, МС131 | Т15К6, МС2215 | МС1465,МС1460 |
| | | св. 7 до 15 | Т5К10, МС131 | Т14К8,ВП5510 | Т5К12, МС146 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | св. 15 до 45 | Т5К12 | Т5К10 | ТТ7К12 |
| Чисто вая | Непрерывный | до 2 | ВОК-60, В3 | Композит1 0 | Т30К4,Т15К6 |
| | | св. 2 до 7 | Т30К4 | ВОК-60 | Т15К6 |
| 2. Коррозийно-стойкая сталь | | | | | |
| 2.1 Мелкие и средние станки | | | | | |
| Черно вая и чисто вая | Непрерывный | св. 1,5 до 3 | ВК6-М | ВК10-ОМ, ВК3,ТТ18 К6, Т15К6 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК6- М,ТТ18К6 | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| Черновая и чистова я | Прерывистый | св. 1,5 до 3 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М | ВК10-ХОМ |
| | | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ,ТТ10К 8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| 2.2 Крупные и тяжелые станки | | | | | |
| Черновая и чистовая | Непрерывный | св. 3 до 7 | ВК10- ОМ,ТТ10К8-Б | ВК6-М, ВК6-ОМ | ВК10-ХОМ |
| | | св. 7 до 15 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15-ХОМ |
| | | св. 15 до 30 | ВК15- ХОМ,ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | Прерывистый | св. 3 до 7 | ВК10-ХОМ | ВК10-ОМ, ТТ10К8-Б | ВК15- ХОМ,ВК8 |
| | | св. 7 до 15 | ВК15-ХОМ. ВК8 | ВК10- ХОМ | - |
| | | св. 15 до 30 | ВК15-ХОМ, ВК8 | ВК10- ХОМ | - |

Таблица №2

## Геометрические параметры режущей части резца

| Операция | Обрабатываемый материал | | Обработка | Припуск | α | γ | γФ | Параметры лезвия при H, мм | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 16:20 | 25:32 | 40:50 | 63:80 |
| | группа | твер-дость | | | | | | r=f0, мм | | | |
| Резцы из твердого сплава | | | | | | | | | | | |
| Об та чи ва ние и по дре за ние | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | Чер- но-вая | непрер | 6 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -6 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис- то-вая | Непре рыв. | 8 | 15 | -5 | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | НВ<240 -330 | Чер но-вая | Непре рыв. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | | Пре рыв | 5 | -8 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,8 | 1,8-2,4 |
| | | | Чис то-вая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | Коррозийностойк ая сталь | | Чер но-вая | Непре рыв. | 6 | 15 | -3 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис то-вая | Непре рыв. | 8 | 20 | -3 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | | Чер но-вая | Непре рыв. Преры в. | 6 | 8 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис то-вая | Непре рыв. | 8 | 10 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,6 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | | Чер но-вая | Непре рыв. и пре рыв. | 6 | 15 | - | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,0-1,2 | 1,6-2,0 |
| | | | Чис то-вая | Непре рыв. | 8 | 25 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 0,8-1,0 | 1,2-1,6 |
| | Сталь закаленная и от-беленный чугун | | Чис то-вая | Непре рыв. | 12 | - 10 | - | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 |
| От ре за ние про | Констр укцио нная сталь | НВ<240 | - | - | 6 | 15 | -5 | 0,4-0,6 | 0,6-0,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,2 |
| | | НВ<240 -330 | - | - | 8 | 10 | -5 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 0,8-1,0 | 1,6-2,0 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Коррозийностойк | - | - | 8 | 15 | -3 | 0,4- | 0,6- | 1,0- | 1,0- |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ре за ние | ая сталь | | | | | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | |
| | Чугун, медные сплавы высокой твердости | - | - | 6 | 8 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |
| | Медные сплавы низкой твердости и алюминий | - | - | 8 | 30 | - | 0,6-0,8 | 0,8-1,0 | 1,0-1,2 | 1,2-1,4 |

Таблица 3

**Геометрические параметры режущей части резца (углы в плане)**

| Типы резцов | Условия работы | Главный угол в плане, φ | Вспомогательный угол в плане, φ1 |
|---|---|---|---|
| Резцы проходные | Жесткая система СПИД; L/D<6 | 10-30 | 5-10 |
| | Средняя жесткая система СПИД; L/D=6-12 | 45-60 | 10-15 |
| | Нежесткая система СПИД; L/D=12-15 | 75-90 | 15-20 |
| Резцы подрезные (S поперечная) | - | 30-70 | 25-45 |
| Резцы отрезные, прорезные | - | 80-90 | 1-3 |
| Резцы расточные | Жесткая система СПИД | 40-60 | 20-25 |
| | Нежесткая система СПИД | 60-75 | 20-25 |

Таблица 4

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

| Диаметр детали, мм | Размеры державки резца, мм | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочня | | | | | Чугун и медные сплавы | | | | |
| | | Подача S мм/об, при глубине t мм | | | | | | | | | |
| | | До 3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св.8 до 12 | Св.12 | До.3 | Св.3 до 5 | Св.5 до 8 | Св. 8 до | Св. 12 |
| До 12 | От16*25 до25*25 | 0,3-0,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Св.20 до | От16*25 | 0,4- | - | - | - | - | 0,4- | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40 | до25*25 | 0,5 | | | | | 0,5 | | | | |
| >40>60 | От16*25 до25*25 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | 0,3-0,7 | - | - | 0,6-0,9 | 0,5-0,8 | 0,4-0,7 | - | - |
| >60 >100 | От16*25 до25*25 | 0,6-1,2 | 0,5-1,1 | 0,5-0,9 | 0,4-0,8 | - | 0,8-1,4 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - |
| >100 >400 | От16*25 до25*25 | 0,8-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,0 | 0,5-0,9 | - | 1,0-1,5 | 0,8-1,9 | 0,8-1,1 | 0,6-0,9 | - |
| >400 >500 | От20*30 до40*60 | 1,1-1,4 | 1,0-1,3 | 0,7-1,2 | 0,6-1,2 | 0,4-1,1 | 1,3-1,6 | 1,2-1,5 | 1,0-1,2 | 0,7-0,9 | - |
| >500 >600 | От20*30 до40*60 | 1,2-1,5 | 1,0-1,4 | 0,8-1,3 | 0,6-1,3 | 0,1-1,2 | 1,5-1,8 | 1,2-1,6 | 1,0-1,4 | 0,9-1,2 | 0,8-1,0 |
| >600 >1000 | От25*40 до40*60 | 1,2-1,8 | 1,1-1,5 | 0,9-1,4 | 0,8-1,4 | 0,7-1,3 | 1,5-2,0 | 1,3-1,8 | 1,0-1,4 | 1,0-1,3 | 0,9-1,2 |
| >1000 >2500 | От30*40 до40*60 | 1,3-2,0 | 1,3-1,8 | 1,2-1,6 | 1,1-1,5 | 1,0-1,5 | 1,6-2,4 | 1,6-2,0 | 1,4-1,8 | 1,3-1,7 | 1,2-1,7 |

Примечание: 1. Нижнее значения подач соответствует меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхнее значение подач- большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.

При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударными нагрузками табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,75- 0,85.

При обработке закаленных сталей табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,8 для стали HRC 44-56 и на коэффициент 0,5 для стали с HRC 57-62.

Таблица 5

**Подачи при прорезании канавок и отрезании**

| Диаметр обработки, мм | Ширина резца, мм | Обрабатываемый материал | |
|---|---|---|---|
| | | Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | Чугун, медные и алюминиевые сплавы |
| Токарные, токарно-револьверные станки | | | |
| До 20 | 3 | 0,06-0,08 | 0,11-0,14 |
| Св.20до 40 | 3-4 | 0,1-1,12 | 0,16-0,19 |
| Св.40до 60 | 4-5 | 1-0,13-0,16 | 0,20-0,24 |
| Св.60до 100 | 5-8 | 0,16-0,23 | 0,24-0,32 |
| Св.100до 150 | 6-10 | 0,18-0,26 | 0,3-0,4 |
| Св.150 | 10-15 | 0,28-0,36 | 0,4-0,55 |
| Карусельные станки | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| До 2500 | 10-15 | 0,35-0,45 | 0,55-0,60 |
| Св. 2500 | 16-20 | 0,45-0,60 | 0,60-0,70 |

Примечание: 1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм приближение резца к оси детали до 0,5 радиуса; табличные значения подач следует уменьшить на 40%-50%.
Для закаленной конструкционной стали. Табличные значения подач следует уменьшить на 30% при HRC < 50 и на 50% - при HRC>50.
При обработке резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения следует умножать на коэффициент 0,8

Таблица 6 Подачи при обтачивании, подрезании и растачивании. Чистовая обработка

| Форма пластины | Радиус при вершине r, мм | Подача S мм/об при требуемой шероховатости поверхности | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ra=12.5 | | | Ra=6.3 | | | Ra=3.2 | | | Ra=1.6 | | |
| | | Обрабатываемый материал | | | | | | | | | | | |
| | | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун | Конст. сталь | Корр. стойк. сталь | Чугун |
| Многогранная | 0,5 | 0,51 | 0,29 | 0,44 | 0,34 | 0,2 | 0,29 | 0,21 | 0,12 | 0,19 | 0,13 | 0,09 | 0,1 |
| | 0,8 | 0,60 | 0,34 | 0,52 | 0,39 | 0,24 | 0,34 | 0,24 | 0,14 | 0,22 | 0,15 | 0,11 | 0,1 |
| | 1,2 | 0,69 | 0,41 | 0,61 | 0,45 | 0,38 | 0,39 | 0,29 | 0,17 | 0,27 | 0,18 | 0,13 | 0,1 |
| | 1,6 | 0,77 | 0,46 | 0,58 | 0,50 | 0,32 | 0,44 | 0,31 | 0,19 | 0,29 | 0,1 | 0,14 | 0,1 |
| | 2,0 | 0,82 | 0,50 | 0,71 | 0,55 | 0,35 | 0,47 | 0,34 | 0,21 | 0,31 | 0,21 | 0,16 | 0,2 |
| | 2,5 | 0,90 | 0,55 | 0,77 | 0,59 | 0,38 | 0,51 | 0,37 | 0,23 | 0,34 | 0,23 | 0,17 | 0,2 |
| Круглая | 6,0 | - | - | - | 0,80 | - | 0,69 | 0,50 | - | 0,45 | 0,32 | - | 0,3 |
| | 9,5 | - | - | - | 0,91 | - | 0,81 | 0,57 | - | 0,53 | 0,37 | - | 0,3 |
| | 11 | - | - | - | 1,0 | - | 0,85 | 0,63 | - | 0,56 | 0,42 | - | 0,37 |

| |
|---|
| Поправочный коэффициент KS= KS1+ KS2+ KS3, на подачу для измененных |

| условий работы | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вид обработки | | Обтачивание | | Подрезание | | Растачивание |
| KS1 | | 1,0 | | 0,9 | | 0,8 |
| Налич ие СОЖ | БЕЗ сож | С использованием СОЖ | Материал пластины | | БРС | ТС | РК |
| KS2 | 1,0 | 1,15 | KS3 | | 0,9 | 1,0 | 1,1 |

Таблица 7

## Период стойкости резцов

| Черновая обработка | | | | Чистовая обработка | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Резцы токарные | Высота державки Н,мм | Пери од стой кости Т, мин для ТС | Пери од стой кости Т, мин для БРС | Резцы токарные | Высота державк и Н,мм | Период стой кости Т, мин для ТС | Период стой-кос ти Т, мин для БРС |
| Проход ные | С20по40 | 30 | 30 | Проход ные | С20по40 | 60 | 60 |
| Подрез ные | С50по80 | 60 | 60 | Подрез ные | С50по80 | 90 | 90 |
| Расточ ные | С16по40 | 30 | 30 | Расточ ные | С16по40 | 60 | 60 |
| Отрезные | С16по40 | 30 | 30 | - | - | - | - |
| Прорезные | С50по80 | 60 | 60 | - | - | - | - |

Таблица 8

Значение коэффициента CV и показателей степени в формуле скорости резания при обработке резцами

| Вид обработки | Материал режущей части резца | Характеристи ка подачи S, мм/об | Коэффициент и показатели степени | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CV | x | y | n |
| Конструкционная углеродистая сталь | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными резцами | ТС | До 0,3 | 420 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | Св.0,3 до0,7 | 350 | | 0,35 | |
| | | Св.0,7 | 340 | | 0,45 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 292 | 0,30 | 0,15 | 0,18 |
| | | S>t | | 0,15 | 0,30 | |
| Отрезание | ТС | - | 47 | - | 0,80 | 0,18 |
| | БРС | - | 23,7 | - | 0,66 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Фасонное точение | БРС | - | 22,7 | - | 0,50 | 0,3 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 0 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 244 | 0,23 | 0,30 | 0,20 |
| | БРС | Черновые ходы: P<2 мм | 14,8 | 0,70 | 0,30 | 0,11 |
| | | P>2 мм | 30 | 0,60 | 0,25 | 0,08 |
| | | Чистовые ходы | 41,8 | 0,45 | 0,30 | 0,13 |
| Серый чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 292 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 243 | | 0,40 | |
| То же, резцами с доп. лезвиями | ТС | S<t | 324 | 0,40 | 0,20 | 0,28 |
| | | S>t | | 0,20 | 0,40 | |
| Отрезание | ТС | - | 68,5 | - | 0,40 | 0,20 |
| Нарезание крепежной резьбы | ТС | - | 83 | 0,45 | - | 0,33 |
| Ковкий чугун | | | | | | |
| Наружное продольное точение проходными | ТС | S<0,40 | 317 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
| | | S>0,40 | 215 | | 0,45 | |
| Отрезание | ТС | - | 86 | - | 0,4 | 0,20 |

Таблица 9

**Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров резца на скорость резания**

| Главный угол в плане | Коэффициент $K_{\varphi V}$ | Вспомогательный угол в плане $\varphi_1^0$ | Коэффициент $K_{\varphi 1 V}$ | Радиус при вершине | Коэффициент $K_{rV}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 1,4 | 1 | 1,0 | 1 | 0,9 |
| 30 | 1,2 | 1 | 0,97 | 2 | 1,0 |
| 45 | 1,0 | 2 | 0,94 | 3 | 1,0 |
| 60 | 0,9 | 3 | 0,91 | 5 | 1,3 |
| 75 | 0,8 | 4 | 0,87 | | |
| 90 | 0,7 | 5 | | | |

Таблица 10

**Поправочный коэффициент $K_{MV}$, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания**

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части инструмента | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Твердый сплав | Быстрорежущая сталь | | |
| | Расчетная формула | | | |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | KMV=750/σB | nV<br>K =Cm□ 750 □ ——<br>MV □□ □□<br>□ □ B □ | | |
| Чугун серый | 1, 25<br>KMV= □ 190 □¯¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ¯¯ | | |
| Чугун ковкий | 1, 25<br>KMV= □ 150 □¯¯ | nV<br>KMV= □ 190 □ ¯¯ | | |
| Обрабатываемый материал | Коэффициент обрабатываемости Cm | Показатели степени nv | | |
| | | точение | сверление | фрезерование |
| Сталь: Углеродистая (C<0,6%) | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 0,9 |
| Углеродистая (C>0,6%) | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Автоматная | 1,2 | 1,75 | 1,0 | - |
| Никелевая | 1,0 | 1,75 | 0,9 | 1,0 |
| Хромистая | 0,8 | 1,75 | 0,9 | 1,45 |
| Хромоникелевая | 0,9 | 1,50 | 0,9 | 1,35 |
| Хромомолибденовая, хром | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Алюминиевая и близкие к ним | 0,7 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Хромомарганцевая, хромкремневая близкие к ним | 0,7 | 1,50 | 0,9 | 1,0 |
| Инструментальная быстрорежущая | 0,6 | 1,25 | 0,9 | 1,0 |
| Чугун: Серый | - | 1,70 | 1,3 | 0,95 |
| Ковкий | - | 1,70 | 1,3 | 0,85 |

Таблица 11

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозийно-стойких сталей и сплавов на скорость резания**

| Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усреднее нное значе-ни е коэф. KMV | Марки сталей и сплава | σВ, МПа | Усредненное значение коэф. KMV |
|---|---|---|---|---|---|
| 12Х8Н9Т | 550 | 1,0 | ХН60ВТ | 750 | 0,48 |
| 13Х11Н2В2М Ф | 1100-1460 | 0,8-0,3 | ХН77ТЮ | 850-1000 | 0,40 |
| 14Х17Н2 | 800-1300 | 1,0-0,75 | ХН35ВТ | - | 0,26 |
| 13Х14Н3В2Ф Р | 700-1200 | 0,5-0,4 | ХН70ВМТЮ | 950 | 0,50 |
| 17Х12Н8Г8М ФБ | - | 0,95-0,72 | ХН55ВМТК Ю | 1000-1250 | 0,25 |
| 45Х14Н14В2 М | 700 | 1,06 | ХН65ВМТЮ | 1000-1250 | 0,20 |
| 10Х11Н20Т3Р | 720-800 | 0,85 | ХН35ВТЮ | 900-1000 | 0,22 |
| 12Х21Н5Т | 820-10000 | 0,65 | ВТ3-1; ВТ3 | 900-950 | 0,40 |
| 20Х23Н18 | 600-620 | 0,80 | ВТ5; ВТ4 | 950-1200 | 0,70 |
| 31Х19Н9МВБ Т | 600-620 | 0,40 | ВТ6; ВТ8 | 750-950 | 0,35 |
| 15Х18Н12С4Т Ю | 730 | 0,50 | ВТ14 | 900-1200 | 0,53-0,43 |
| ХН78Т | 780 | 0,75 | 12Х13 | 900-1400 | 1,5-1,2 |
| ХН75МБТЮ | - | 0,53 | 30Х13; 40Х13 | 600-1100 | 1,3-0,9 |

Таблица 12

**Поправочный коэффициент KMV, учитывающий влияние физико- механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания**

| Медные сплавы | KMV | Алюминиевые сплавы | KMV |
|---|---|---|---|
| Гетерогенные: НВ>140<br>НВ 100-140 | 0,7<br>1,0 | Силумин и литейные сплавы (закаленные), σВ=400-500 МПа, НВ>60 | 0,8 |
| Свинцовистые при основной гетерогенной структуре | 1,7 | Дюралюминий (закаленный), σВ=400-500 МПа, НВ>100 | 0,8 |
| Гомогенные | 2,0 | Силумин и литейные сплавы σВ=100-200 МПа, НВ>65 | 1,0 |
| Сплавы с содержанием свинца <10% при основной гомогенной структуре | 4,0 | Дюралюминий, σВ=300-400 МПа, НВ<140 | 1,0 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Медь | 8,0 | Дюралюминий, σВ=200-300 МПа, | 1,2 |
| Сплавы с содержанием свинца >15% | 12,0 | | |

Таблица 13 Поправочный коэффициент $K_{nV}$, учитывающий состояние поверхности заготовки на скорость резания

| Состояние поверхности заготовки | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Без корки | С коркой | | | | |
| | Прокат | поковка | Стальное и чугунное литье | | Медные и алюминиевые сплавы |
| | | | обычное | С загрязненной коркой | |
| коэффициент KnV | | | | | |
| 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,8-0,6 | 0,5-0,6 | 0,9 |

Таблица 14

## Поправочный коэффициент КИV, учитывающий влияние материала режущей части инструмента на скорость резания

| Обрабатываемый материал | Значение коэффициент КИV в зависимости от марки инструментального материала | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сталь конструкционная | Т15К12В 0,35 | Т5К1 0 0,65 | Т14К 8 0,8 | Т15К6 1,0 | Т30К4 1,4 | ВК8 0,4 | |
| Сталь коррозийно- стойкая и жаропрочная | ВК8 1,0 | Т5К1 0 1,4 | Т15К 6 1,9 | Р18 0,3 | | | |
| Сталь закаленная | HRC 35-50 | | | | HRC 51-62 | | |
| | Т15К6 1,0 | Т30К 4 1,25 | ВК6 0,85 | ВК4 1,0 | ВК6 0,92 | ВК8 0,74 | ВК8 0,83 |
| Серый и ковкий чугун | ВК8 0,83 | ВК6 1,0 | ВК4 1,1 | ВК3 1,15 | ВК2 1,25 | | |
| Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы | Р18, Р9 1,0 | ВК4 2,5 | В68 2,7 | 9ХС 0,6 | ХВГ 0,6 | У12 А 0,5 | |

Таблица 15

## Поправочный коэффициент КМР для стали и чугуна, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на силовые зависимости

| Обрабатываемый материал | Расчетная формула | Показатель степени мр при определении | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Составляющей PZ силы резания при обработке резцами | Крутящего момента М и осевой силы Ро при сверлении | Окружной силы резания PZ при фрезеровании |
| Сталь конструкционная углеродистая и легированная | | | | |
| σВ<600 МПа | | 0,75/0,35 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| σВ>600 МПа | $K_{MP} = \square \square B$ | 0,75/0,75 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| Серый чугун | $KMP = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| Ковкий чугун | $KMP = \square HB \square$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| В числителе приведены значения показателя степени мр для твердого сплава, в знаменателе- для быстрорежущей стали. | | | | |

Таблица 16

## Значение коэффициента CPZ и показателей степеней в формуле силы резания при обработке резцами

| Обрабатываемый материал | Материал режущей части резца | Вид обработки | Коэффициент и показатели степеней | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CPZ | x | y | n |
| Конструкцион ная сталь и стальное литье | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 300 | 1,0 | 0,75 | -0,15 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 384 | 0,90 | 0,90 | |
| | | Отрезание и прорезание | 408 | 0,72 | 0,8 | 0 |
| | | Нарезание резьбы | 148 | - | 1,7 | 0,71 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 200 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и | 247 | | 1,0 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | прорезание | | | | |
| | | Фасонное точение | 212 | | 0,75 | |
| Сталь жаропрочная | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 204 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| Серый чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 92 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | То же резцами с доп. лезвиями | 123 | | 0,85 | |
| | | Нарезание резьбы | 103 | - | 1,8 | 0,82 |
| | БРС | Отрезание и прорезание | 158 | 1,0 | 1,0 | 0 |
| Ковкий чугун | ТС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 81 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 139 | | 1,0 | |
| Медные сплавы | БРС | Обтачивание, подрезание, растачивание | 55 | 1,0 | 0,66 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 75 | | 1,0 | |
| Алюминий и силумин | БРС | Отрезание и прорезание | 40 | 1,0 | 0,75 | 0 |
| | | Отрезание и прорезание | 50 | | 1,0 | - |

Таблица 17 Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на силу резания PZ при обработке сталей и чугуна

| Параметры | | Материал режущей части инструмента | Коэффициенты | |
|---|---|---|---|---|
| Наименование | Величина | | Обозначение | Величина коэффициента |
| Главный угол в плане φ0 | 30 | ТС | Kφ | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,94 |
| | 90 | | | 0,89 |
| | 30 | БРС | | 1,08 |
| | 45 | | | 1,0 |
| | 60 | | | 0,98 |
| | 90 | | | 1,08 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Передний угол γ0 | -15<br>0<br>10 | ТС | К γ | 1,25<br>1,1<br>1,0 |
| | 12-15<br>20-25 | БРС | | 1,15<br>1,0 |
| Угол наклона режущей кромки λ0 | -5<br>0<br>5<br>15 | ТС | Кλ | 1,0<br>-<br>-<br>- |
| Радиус при вершине резца r,<br>мм | 0,5<br>1,0<br>2,0<br>3,0<br>4,0 | БРС | К r | 0,87<br>0,93<br>1,0<br>1,04<br>1,10 |

Таблица 18

**Поправочный коэффициент $К_{МР}$ для медных и алюминиевых сплавов, учитывающий влияние свойства обрабатываемого материала на силу резания**

| КМР для медных сплавов | | | | | | КМР алюминиевых сплавов | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гетерогенные | | С содерж. свинца <10% | С содерж. свинца >15% | Галогенные | Медь | Алюминий и силумин | дюралюмин | |
| НВ<12 0 | НВ<120 | | | | | | σВ<35 0 МПа | σВ>350 МПа |
| 1,0 | 0,75 | 0,65-0,70 | 0,25-0,45 | 1,8-2,2 | 1,7-2,1 | 1,0 | 2,0 | 2,75 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методической
работе
_____ С.Е. Угаров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

# Б1.В.04 ГИДРАВЛИКА И ГИДРОПНЕВМОПРИВОД

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Суслов Н.М., д-р техн. наук, профессор

| | |
|---|---|
| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ... 3

2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 4

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ..... 4

ЛИТЕРАТУРА..... 13

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно представить современное оборудование, применяемое на нефтяных и газовых промыслах без гидравлических и пневматических приводов. Гидравлический пневматический привод позволяют повысить производительность, мощность и энергоэффективность машин, при этом сохраняя малые габариты. Выпускники университета должны уметь рассчитывать, проектировать, обслуживать гидравлические и пневматические системы, применяемые на нефтегазовых промыслах.

**Цель контрольной работы: проверка** приобретенных студентами навыков расчета и проектирования гидравлического или пневматического привода машин применяемых на нефтегазовой промышленности и поиска оптимальных значений параметров объектов и технологических процессов нефтегазовой отрасли.

**Результат изучения дисциплины:**

*Знать:*

- проблемы создания горных машин из различных типов и назначений;
- конструктивные схемы приводов основных механизмов горных машин;
- технические характеристики и конструктивные особенности гидравлических машин и гидроаппаратов гидроприводов горных машин;
- теоретические основы, устройство и методики расчета гидравлических и пневматических приводов;

*Уметь:*

- проводить расчеты гидропневмоприводов горных машин, выбирать гидроаппараты и гидравлические машины для конкретной гидравлической схемы привода;
- анализировать, синтезировать и критически резюмировать полученную информацию, работать с технической документацией;
- работать с диагностическими приборами для мониторинга технического состояния гидравлических машин и гидроаппаратов;

*Владеть:*

- методами расчета геометрических, кинематических, силовых, прочностных и энергетических параметров гидравлических и пневматических машин и аппаратов для конкретной гидравлической схемы;
- методами и навыками организации технических мероприятий по обеспечению постоянной работоспособности гидравлических машин с заданными технико-экономическими параметрами эксплуатации;
- методами решения инженерно-технических и прикладных экономических задач с применением вычислительной техники и основных нормативных документов.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные на лекциях, а также в пособиях [1, 2, 3].

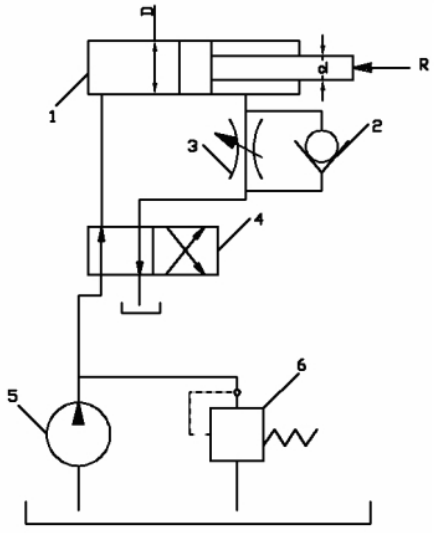
## 2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна включать следующие этапы:

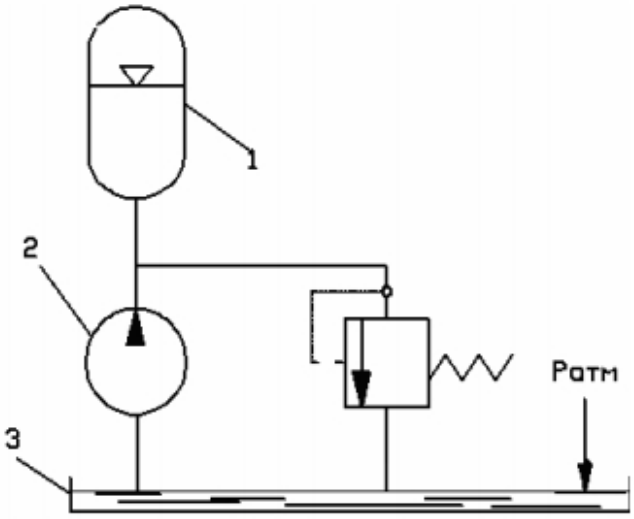
1. Постановка задачи оптимизации.
2. Анализ задачи.
3. Чертеж схемы
4. Выбор оптимальных параметров работы привода
5. Выбор способа регулирования
6. Выбор метода расчета.
7. Выбор параметров работ схемы.
8. Решение задачи.
9. Составление графиков

## 3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

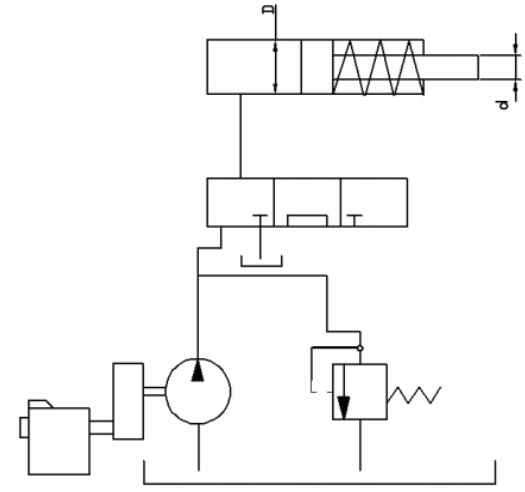
1. В объемном гидроприводе насос 5 развивает давление $p_н$ и постоянную подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром D и штока диаметром d в гидроцилиндре 1 манжетное. Пренебрегая утечками масла в обратном гидроклапане 2 и гидрораспределителе 4, определить минимальное и максимальное значения потери мощности из-за слива масла через переливной гидроклапан 6, если расход масла через гидродроссель 3 настраивается в пределах от 4 до 20 л/мин



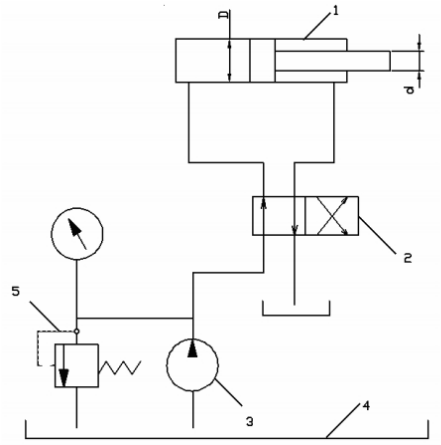

2. В процессе гидравлического испытания пневмогидроаккумулятора 1 емкостью V из открытого бака 3 насосом 2 подан объем $V_1$ минерального масла с модулем упругости E. Пренебрегая деформацией металла гидроаккумулятора и утечкой масла в гидросистеме, определить, до какой величины повысилось избыточное давление масла в гидроаккумуляторе в результате гидравлического испытания.



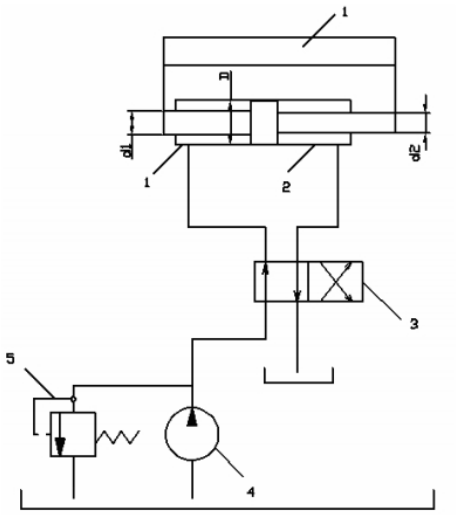

3. В объемном гидроприводе приводной вал роторного насоса вращается от коленвала двигателя внутреннего сгорания через редуктор. Пределы чисел оборотов коленвала двигателя внутреннего сгорания от $n_1$до $n_2$. При частоте вращения коленвала двигателя внутреннего сгорания n, насос развивает подачу $Q_н$. Пренебрегая утечкой масла в гидроаппаратуре, определить пределы регулирования скорости движения поршня гидроцилиндра 1 диаметром D. Поршень в гидроцилиндре уплотняется резиновыми кольцами круглого сечения.



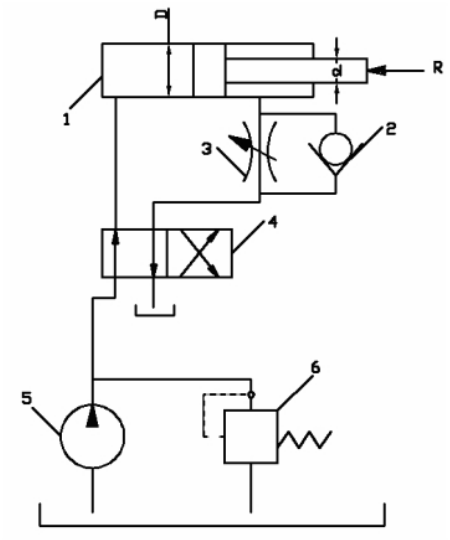
4. В объемном гидроприводе насос 3 при вращении своего приводного вала с частотой n развивает подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром dв гидроцилиндре 1 манжетное. Утечка масла в гидросистеме не превышает ΔQ. С учетом утечки масла в гидросистеме определить, с какой частотой необходимо вращать приводной вал насоса для сообщения поршню гидроцилиндра скорости υ при его движении а) вправо, б) влево.



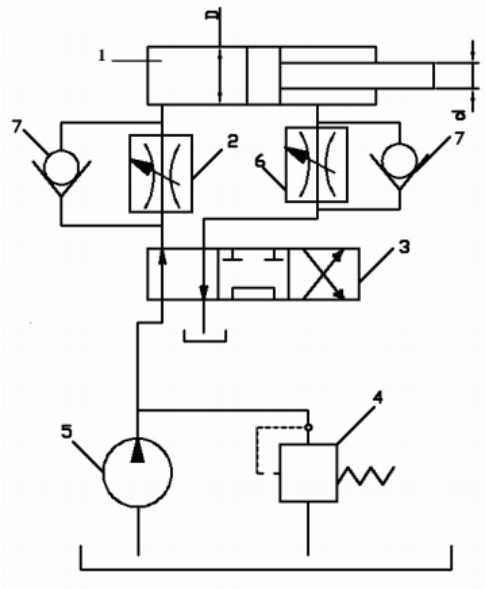

5. Гидроцилиндр 2 с двусторонним штоком одинакового диаметра ($d_1$–$d_2$) при давлении масла в рабочей полости P и противодавлении в сливной полости $P_{пр}$=0,1 МПа развивает тяговое усилие F. Уплотнение поршня и штока в гидроцилиндре манжетное. Насос 4 при вращении собственного приводного вала с частотой $n_н$ развивает подачу $Q_н$. Определить пределы регулирования скорости движения поршня гидроцилиндра при изменении скорости вращения приводного вала насоса 4 от 1000 до 2000 об/мин. Принять $\eta_м$=0,97.



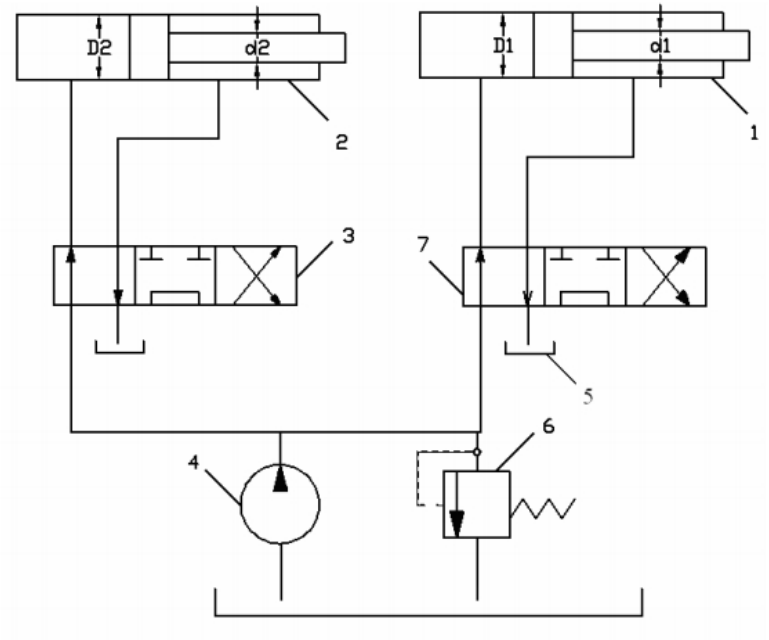

6. В объемном гидроприводе насос 5 развивает давление $p_н$ и постоянную подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром D и штока диаметром d в гидроцилиндре 1 манжетное. Пренебрегая утечками масла в обратном гидроклапане 2 и гидрораспределителе 4, определить минимальное и максимальное значения потери мощности из-за слива масла через переливной гидроклапан 6, если расход масла через гидродроссель 3 настраивается в пределах от 4 до 20 л/мин



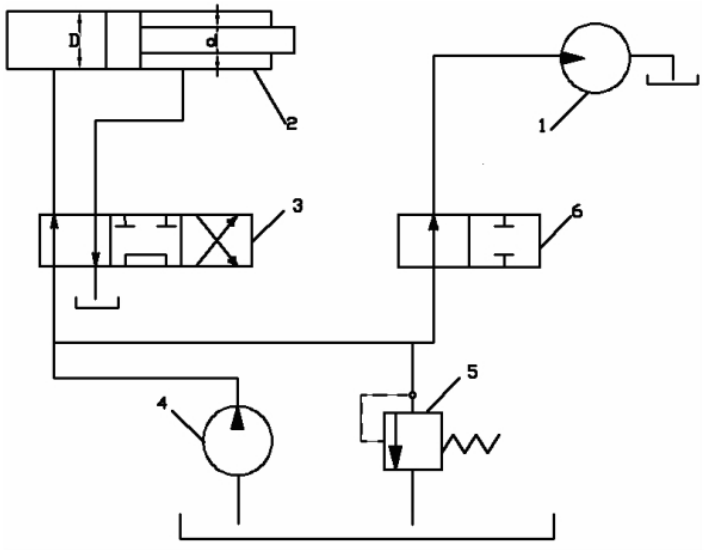

7. В левой полости гидроцилиндра 1 рабочее давление p. Диаметр гидроцилиндра D, диаметр штока d. Уплотнение поршня и штока в гидроцилиндре – манжетное. Противодавление в правой полости гидроцилиндра $p_{пр}$. Насос 5 развивает подачу $Q_н$=12л/мин. Падение (потеря) давления в напорной гидролинии Δp. Определить при движении поршня вправо общий КПД объемного гидропривода, если известны утечка масла через гидроклапан 4 ΔQ и общий КПД $\eta_н$.



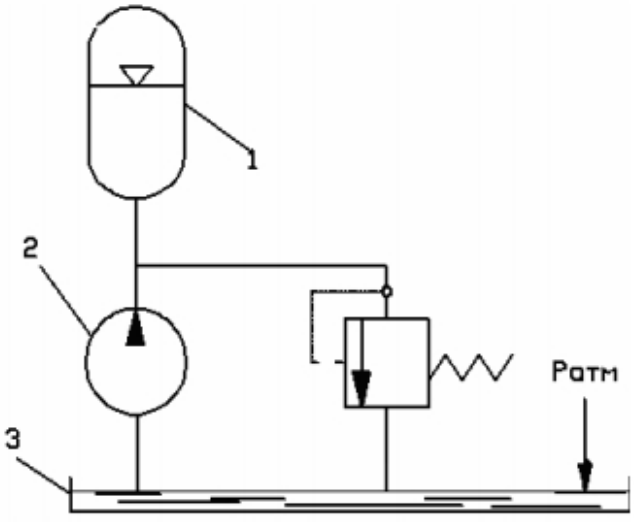

8. В объемном гидроприводе поршень гидроцилиндра 1 диаметром $D_1$ двигается вправо со скоростью $\upsilon_1$, а поршень гидроцилиндра 2 $D_2$ двигается вправо со скоростью $\upsilon_2$. Уплотнение поршня в каждом гидроцилиндре манжетное. Утечка масла в гидроаппаратуре составляет ΔQ. Определить подачу, развиваемую насосом 4.



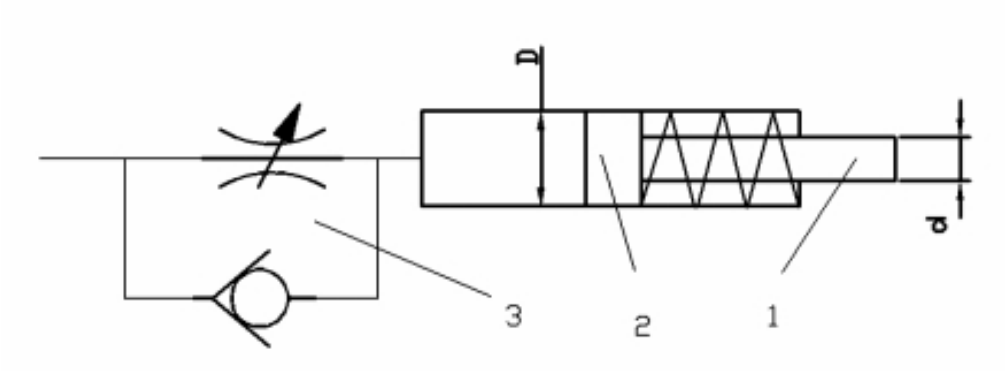

9. В объемном гидроприводе используется гидромотор 1 с рабочим объемом $q_0$ и гидроцилиндр 2 диаметром D. Уплотнение поршня в гидроцилиндре манжетное. С учетом суммарной утечки масла в гидроаппаратуре в количестве $\Delta Q$ определить, какую подачу создает насос 4, когда выходной вал гидромотора вращается со скоростью n, а поршень гидроцилиндра перемещается со скоростью $\upsilon$. Объемный КПД гидромотора $\eta_{об}$.



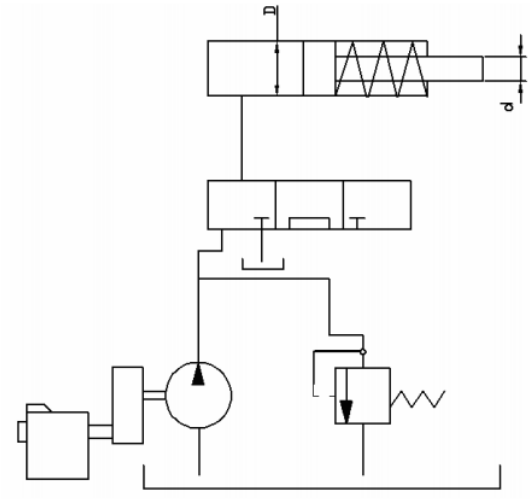

10. В процессе гидравлического испытания пневмогидроаккумулятора 1 емкостью V из открытого бака 3 насосом 2 подан объем $V_1$ минерального масла с модулем упругости E. Пренебрегая деформацией металла гидроаккумулятора и утечкой масла в гидросистеме, определить, до какой величины повысилось избыточное давление масла в гидроаккумуляторе в результате гидравлического испытания.



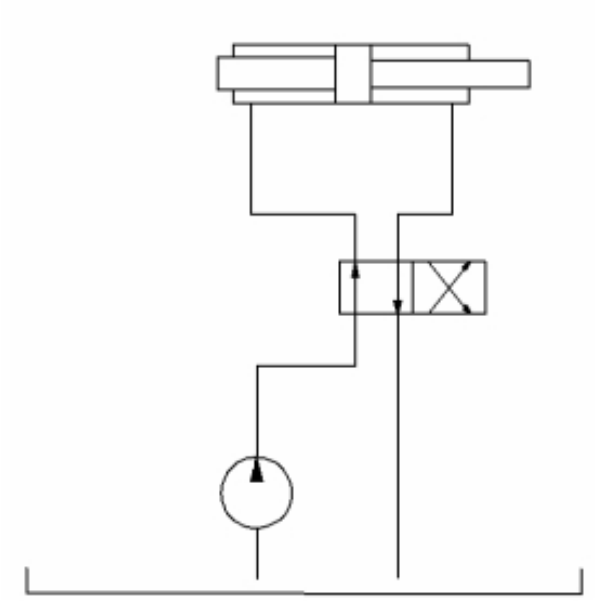

11. Гидравлическое реле выдержки времени с диаметром D поршня 2 срабатывает при перемещении штока 1 вверх на длину l. Определить, на пропуск какого расхода масла необходимо настроить гидродроссель 3, чтобы реле сработало (выдало сигнал управления) через промежуток времени t. Утечкой масла в данном реле пренебречь.




12. Ротор пластинчатого насоса получает вращение от асинхронного двигателя через клиноременную передачу, диаметры шкивов d0= 100мм и d=160мм, частота вращения вала электродвигателя nд, рабочий объем насоса q=16 см3, давление на выходе из насоса P=, объемный КПД ηоб= 0,95. Принять коэффициент проскальзывания клиноременной передачи ψ=0,98; общий КПД насоса ηн=0,8; КПД клиноременной передачи ηр=0,95 и КПД электродвигателя ηэ=0,87. Определить мощность, потребляемую электродвигателем.



13. Подача насоса равна Q=280 л/мин. Рассчитать диаметры всасывающей, напорной и сливной гидролиний, принимая следующие расчетные скорости: V1 =0,6 м/с – для всасывающей гидролинии; V2=4 м/с – для напорной гидролинии; V3= 1,4 м/с – для сливной гидролинии.



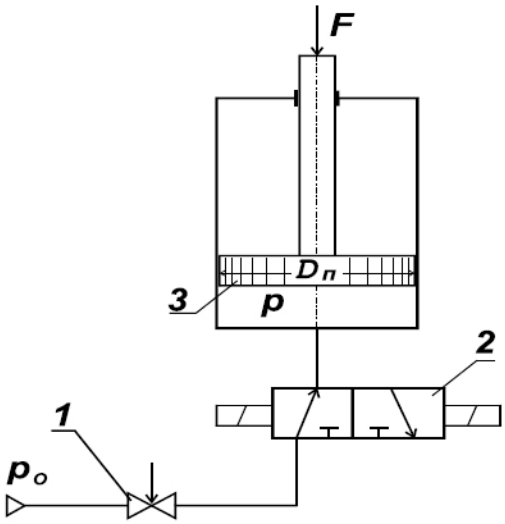
14. Определить конечную температуру воздухапневмодвигателя при адиабатном расширении, если начальная температура 20 °С, абсолютное давление сжатия 0,6 МПа, а расширения 0,4 МПа.

15. Определите теоретических расход четырехцилиндрового поршневого пневмомотора при частоте вращения 700 мин-1, если объем сжатого воздуха, перемещаемого одним поршнем за цикл, составляет 0,5 дм3, абсолютное давления сжатия 0,6 МПа, давление выхлопа 0,4 МПа, температура сжатого воздуха 300 К.

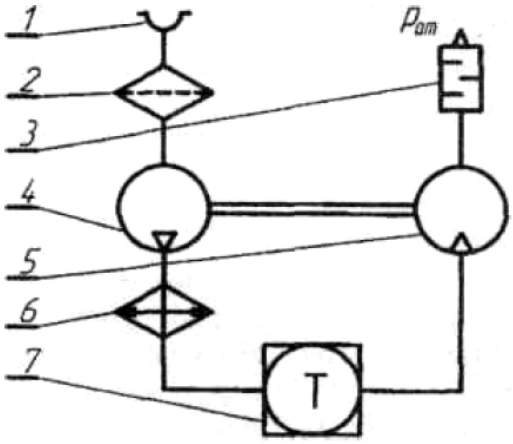
16. Определите расход турбинного пневмодвигателя, если абсолютное давление сжа-

того воздуха 0,5 МПа, а его температура 20 °С. Двигатель имеет два сопла с насадками диаметром 24 мм. Коэффициент расхода насадки 0.92, коэффициент скорости 0.95

17. На рисунке показана расчетная схема магистрального пневмопривода, содержащая вентиль 1 ($\zeta_в = 5$), распределитель 2 ($\zeta_р = 12$) и пневмоцилиндр с поршнем 3. Диаметр поршня $D_п = 100$ мм. Сила полезного сопротивления, приложенная к поршню, $F = 0{,}8$ кН. Общая длина труб диаметром $D = 10$ мм составляет $l = 20$ м, эквивалентная шероховатость труб $\Delta Э = 0{,}01$ мм. Температура воздуха 20 ºС; подводимое давление $p0 = 0{,}63$ МПа. Определим скорость перемещения поршня Vп, пренебрегая силами трения. Из уравнения расхода (Мр) $V_П = \frac{M_p}{\rho \omega_П}$, где ωп - площадь поршня, ρ -плотность воздуха в поршневой полости.




18. На рисунке показана система турбонаддува двигателя внутреннего сгорания. Проходя последовательно через фильтр 2, компрессор 4 и охладитель 6 воздух попадает в двигатель внутреннего сгорания. Выхлопные газы, направляемые на выход, проходят через пневматический двигатель 5, который приводится во вращение. Пневмодвигатель в свою очередь приводит во вращение компрессор 4, который имеет с ним общий вал. Определить теоретическую подачу компрессора, если его рабочий объем равен q, а частота вращения вала пневмодвигателя n.




19. Выбрать проходное сечение элементов пневматической линии, состоящей из трубы длиной $L_1 = L_{э1}$ и распределителя; как установлено динамическим расчетом, ее пропускная способность характеризуется величиной $f^{э}_{расч}$

20. Требуется выбрать параметры привода одностороннего действия по следующим данным $\upsilon_{ср} = 0{,}25\,{}^{м}\!/_{с}$ P = 980 Н, S= 0,5 м, m= $10\,\frac{кгс \cdot с^2}{м}$; рм= 0,5 МПа.

21. Определить диаметр цилиндра, а также параметры линий на входе и выходе по следующим данным: P2 = 980 Н; m= $10\,\frac{кгс \cdot с^2}{м}$; s = 0,6 м; рм = 0,5 МПа; диапазон изменения скорости Uср = 0,4…0,6 м/с.

22. Определить тормозной путь $x_т$ и время торможения привода, который нагружен силой P и должен переместить массу m; на длину S со средней скоростью $U_{ср}$ . Относительный вредный объем тормозной полости $\xi_{от}=V_{jn}/F_s$ по конструктивным соображениям принимаем равным 0,05.

23. Требуется переместить горизонтально массу m, т. е. груз весом $P_т$ = mg на расстояние S с плавной остановкой в конце хода. По конструктивным соображениям эффективная площадь проходного сечения трубопроводов ограничена значением f (труба ${}^{1}\!/_{2}{}''$) сила полезного сопротивления $P_2$. Выбрать параметры пневмопривода, работающего в режиме автоторможения, чтобы время перемещения $t_s$ было минимальным.

24. . Определить параметры привода и положение тормозного золотника, если требуется переместить массу m на расстояние S за время $t_s$. Полная сила сопротивления P. Значения $f_э$ ограничены теми же условиями: $f^{э} = f^{э}_{\max}$ , $U \le U_{\max}$ , $U_{\max}$ .

25. Определить, на сколько изменится время перемещения поршня двустороннего

пневмопривода, если через отверстие ($\Omega_{1-2}$ = 0,2) в нем часть сжатого воздуха будет перетекать из рабочей полости в выхлопную. Исходные данные: N; $\Omega$ , $\chi$ , $\delta_a$; $\Pi_{2,1}^{F}$.

26. Определить рабочее усилие, развиваемое мембранным приводом при перемещении центра мембраны на величину x. Исходные данные диаметр мембраны $D_1$ диаметр шайбы $D_2$; толщина ее h; давление сжатого воздуха $p_м$, модуль упругости материала мембраны E, угол наклона образующей мембраны в начальном положении $\upsilon$ ($x_0$ = 12 мм).

## ЛИТЕРАТУРА


1. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Гидравлика, гидро- и пневмопривод: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 62 с.
2. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Объемные гидравлические машины гидро- и пневмоприводов: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 346 с
3. Суслов Н. М., Чиркова А. А. Проектирование и расчет объемного гидропривода: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 78 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

# Б1.В.04 ГИДРАВЛИКА И ГИДРОПНЕВМОПРИВОД

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Суслов Н.М., д-р техн. наук, профессор

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. Повторение материала лекций ..... 3

2. Самостоятельное изучение тем ..... 4

3. Подготовка к практическим (семинарским) занятиям ..... 5

4. Выполнение самостоятельного домашнего задания ..... 5

4.1. Задания для самостоятельной работы ..... 5

4.2. Порядок выполнения. ..... 14

4.3. Оформление и порядок защиты ..... 14

ЛИТЕРАТУРА ..... 15

# ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время невозможно представить современное оборудование, применяемое на нефтяных и газовых промыслах без гидравлических и пневматических приводов. Гидравлический пневматический привод позволяют повысить производительность, мощность и энергоэффективность машин, при этом сохраняя малые габариты. Выпускники университета должны уметь рассчитывать, проектировать, обслуживать гидравлические и пневматические системы, применяемые на нефтегазовых промыслах.

**Цель самостоятельной работы:** обучение студентов проектированию и расчетам гидравлического и пневматического приводов для технологических машин и оборудования в горном деле. Умение рассчитывать и проектировать гидравлические и пневматические системы приводов позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

В методических указаниях приведены задачи типовых заданий для самостоятельной работы, практикуется применение индивидуальных заданий, соответствующих выбранному студентом направлению будущей работы. Такими заданиями являются выполнение расчетов для отдельных механизмов и узлов экскаваторов, дробилок, буровых установок и т.п.

**Результат изучения дисциплины:**

*Знать:*

- проблемы создания горных машин из различных типов и назначений;
- конструктивные схемы приводов основных механизмов горных машин;
- технические характеристики и конструктивные особенности гидравлических машин и гидроаппаратов гидроприводов горных машин;
- теоретические основы, устройство и методики расчета гидравлических и пневматических приводов;

*Уметь:*

- проводить расчеты гидропневмоприводов горных машин, выбирать гидроаппараты и гидравлические машины для конкретной гидравлической схемы привода;
- анализировать, синтезировать и критически резюмировать полученную информацию, работать с технической документацией;
- работать с диагностическими приборами для мониторинга технического состояния гидравлических машин и гидроаппаратов;

*Владеть:*

- методами расчета геометрических, кинематических, силовых, прочностных и энергетических параметров гидравлических и пневматических машин и аппаратов для конкретной гидравлической схемы;
- методами и навыками организации технических мероприятий по обеспечению постоянной работоспособности гидравлических машин с заданными технико-экономическими параметрами эксплуатации;
- методами решения инженерно-технических и прикладных экономических задач с применением вычислительной техники и основных нормативных документов.

## 1. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

**Тема 1: Общие сведения о гидроприводах горных машин общие**

Структурная и принципиальная схема гидропривода. Рабочие жидкости гидропривода. Основные свойства рабочей жидкости [1].

**Тема 2: Виды Объемные гидромашины**

Основные термины и определения. Использование объемных гидромашин в нефтегазовых машинах Основные рабочие параметры объемных гидромашин. Принцип действия объемных гидромашин. Расчет основных параметров объемных гидромашин[1, 2].

**Тема 3: Испытания объемных гидромашин.**

Механическая и регулирующая характеристика горных машин. Особенности рабочих процессов объемных гидромашин. Потери энергии в объемных гидромашинах. Расчет основных параметров объемных гидромашин [1, 2].

**Тема 4: Гидроцилиндры.**

Использование гидроцилиндров в нефтегазовых машинах. Конструктивные схемы гидроцилиндров. Применяемые типы гидравлических уплотнений. Расчет основных параметров гидроцилиндров [1, 2].

**Тема 5: Объемные пневматические машины.**

Использование объемных пневматических машин в нефтегазовых машинах Основные рабочие параметры пневматических машин. Принцип действия объемных пневматических машин. Расчет основных параметров объемных пневматических машин [1, 2].

**Тема 6: Аппараты управления и регулирования приводов.**

Клапаны предохранительные. Гидродроссели. Регуляторы потока. Распределители. Основные параметры аппаратов управления и регулирования [1, 2].

**Тема 7: Гидродинамические передачи.**

Применение гидродинамических передач в нефтегазовых машинах. Преобразование механической энергии в гидродинамическую передачу. Гидромуфты гидротрансформаторы. Регулирование передач [1, 2].

**Тема 8: Проектирование гидросхем на стенде-тренажере.**

Условные обозначения гидромашин и гидроаппаратов в гидросхемах приводов. Способы регулирования приводов. Реализация на стенде-тренажере разработанной гидросхемы привода. Снятие характеристики разработанной схемы. Анализ полученных результатов [3].

**Тема 9: Смазочные системы и основные этапы их проектирования на стенде-тренажере.**

Основные подвижные соединения в нефтегазовом оборудовании. Системы смазки подвижных соединений. Подбор необходимого оборудования при проектировании смазочных систем и средств смазки [3].

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ

**Тема 1: Общие сведения о гидроприводах горных машин общие**

Структурная и принципиальная схема гидропривода. Рабочие жидкости гидропривода. Основные свойства рабочей жидкости [1].

**Тема 2: Виды Объемные гидромашины**

Основные термины и определения. Использование объемных гидромашин в нефтегазовых машинах Основные рабочие параметры объемных гидромашин. Принцип действия объемных гидромашин. Расчет основных параметров объемных гидромашин[1, 2].

**Тема 3: Испытания объемных гидромашин.**

Механическая и регулирующая характеристика горных машин. Особенности рабочих процессов объемных гидромашин. Потери энергии в объемных гидромашинах. Расчет основных параметров объемных гидромашин [1, 2].

**Тема 4: Гидроцилиндры.**

Использование гидроцилиндров в нефтегазовых машинах. Конструктивные схемы гидроцилиндров. Применяемые типы гидравлических уплотнений. Расчет основных параметров гидроцилиндров [1, 2].

**Тема 5: Объемные пневматические машины.**

Использование объемных пневматических машин в нефтегазовых машинах Основные рабочие параметры пневматических машин. Принцип действия объемных пневматических машин. Расчет основных параметров объемных пневматических машин [1, 2].

**Тема 6: Аппараты управления и регулирования приводов.**

Клапаны предохранительные. Гидродроссели. Регуляторы потока. Распределители. Основные параметры аппаратов управления и регулирования [1, 2].

**Тема 7: Гидродинамические передачи.**

Применение гидродинамических передач в нефтегазовых машинах. Преобразование механической энергии в гидродинамическую передачу. Гидромуфты гидротрансформаторы. Регулирование передач [1, 2].

**Тема 8: Проектирование гидросхем на стенде-тренажере.**

Условные обозначения гидромашин и гидроаппаратов в гидросхемах приводов. Способы регулирования приводов. Реализация на стенде-тренажере разработанной гидросхемы привода. Снятие характеристики разработанной схемы. Анализ полученных результатов [3].

**Тема 9: Смазочные системы и основные этапы их проектирования на стенде-тренажере.**

Основные подвижные соединения в нефтегазовом оборудовании. Системы смазки подвижных соединений. Подбор необходимого оборудования при проектировании смазочных систем и средств смазки [3].

## 3. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ (СЕМИНАРСКИМ) ЗАНЯТИЯМ

**Тема 3: Испытания объемных гидромашин.**

Механическая и регулирующая характеристика горных машин. Особенности рабочих процессов объемных гидромашин. Потери энергии в объемных гидромашинах. Расчет основных параметров объемных гидромашин [1, 2].

**Тема 8: Проектирование гидросхем на стенде-тренажере.**

Условные обозначения гидромашин и гидроаппаратов в гидросхемах приводов. Способы регулирования приводов. Реализация на стенде-тренажере разработанной гидросхемы привода. Снятие характеристики разработанной схемы. Анализ полученных результатов [3].

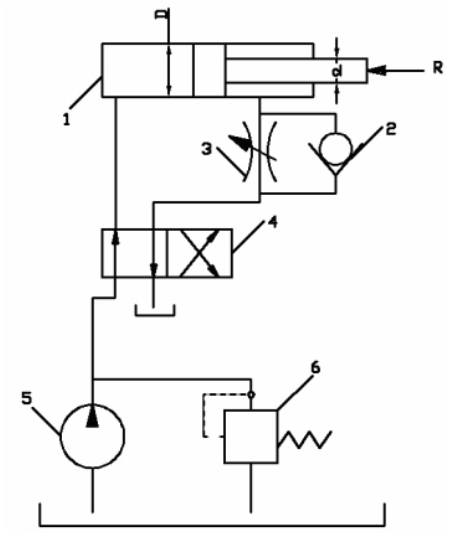
**Тема 9: Смазочные системы и основные этапы их проектирования на стенде-тренажере.**

Основные подвижные соединения в нефтегазовом оборудовании. Системы смазки подвижных соединений. Подбор необходимого оборудования при проектировании смазочных систем и средств смазки [3].

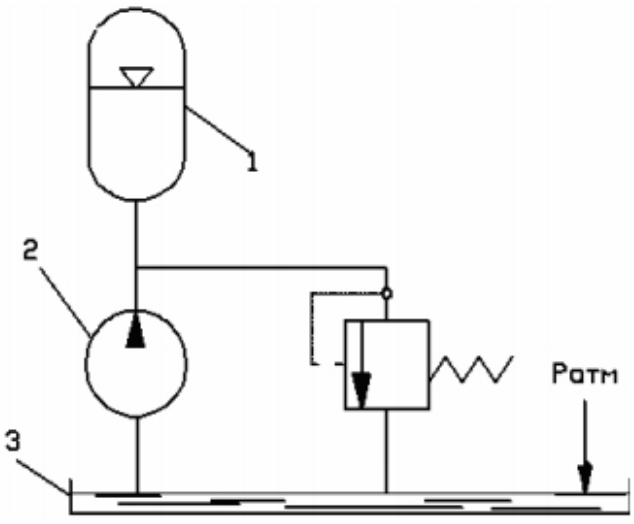
## 4. ВЫПОЛНЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

### 4.1. Задания для самостоятельной работы

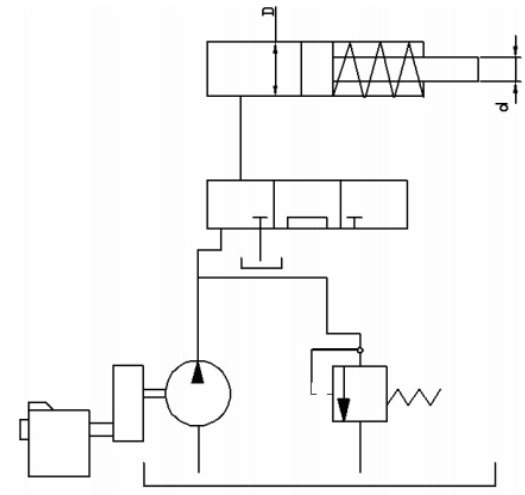
1. В объемном гидроприводе насос 5 развивает давление $p_н$ и постоянную подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром D и штока диаметром d в гидроцилиндре 1 манжетное. Пренебрегая утечками масла в обратном гидроклапане 2 и гидрораспределителе 4, определить минимальное и максимальное значения потери мощности из-за слива масла через переливной гидроклапан 6, если расход масла через гидродроссель 3 настраивается в пределах от 4 до 20 л/мин



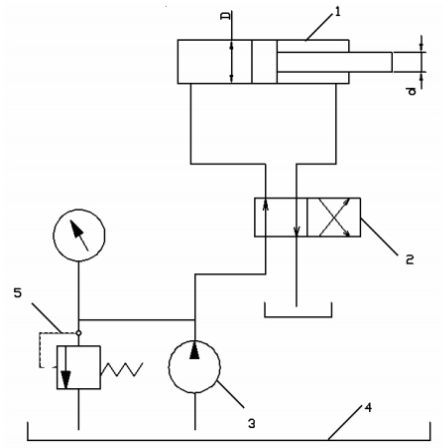

2. В процессе гидравлического испытания пневмогидроаккумулятора 1 емкостью V из открытого бака 3 насосом 2 подан объем $V_1$ минерального масла с модулем упругости E. Пренебрегая деформацией металла гидроаккумулятора и утечкой масла в гидросистеме, определить, до какой величины повысилось избыточное давление масла в гидроаккумуляторе в результате гидравлического испытания.



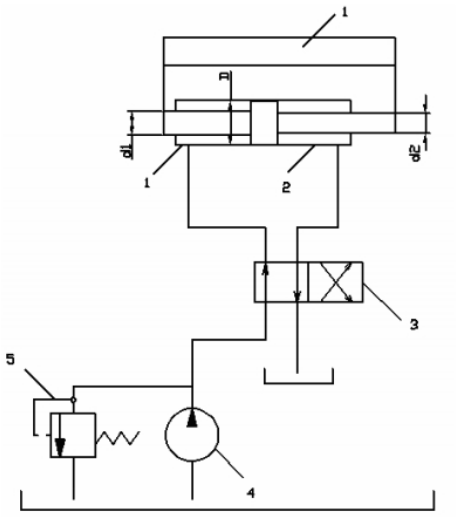

3. В объемном гидроприводе приводной вал роторного насоса вращается от коленвала двигателя внутреннего сгорания через редуктор. Пределы чисел оборотов коленвала двигателя внутреннего сгорания от $n_1$ до $n_2$. При частоте вращения коленвала двигателя внутреннего сгорания n, насос развивает подачу $Q_н$. Пренебрегая утечкой масла в гидроаппаратуре, определить пределы регулирования скорости движения поршня гидроцилиндра 1 диаметром D. Поршень в гидроцилиндре уплотняется резиновыми кольцами круглого сечения.



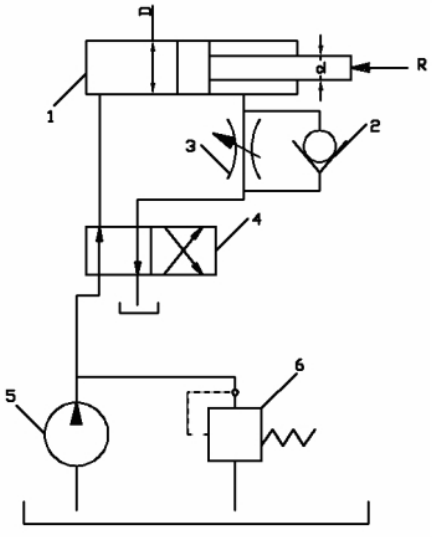

4. В объемном гидроприводе насос 3 при вращении своего приводного вала с частотой n развивает подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром dв гидроцилиндре 1 манжетное. Утечка масла в гидросистеме не превышает ΔQ. С учетом утечки масла в гидросистеме определить, с какой частотой необходимо вращать приводной вал насоса для сообщения поршню гидроцилиндра скорости υ при его движении а) вправо, б) влево.



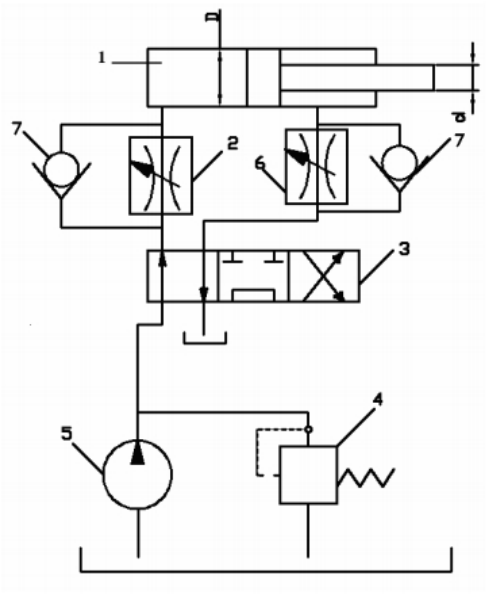

5. Гидроцилиндр 2 с двусторонним штоком одинакового диаметра ($d_1$–$d_2$) при давлении масла в рабочей полости Р и противодавлении в сливной полости $P_{пр}$=0,1 МПа развивает тяговое усилие F. Уплотнение поршня и штока в гидроцилиндре манжетное. Насос 4 при вращении собственного приводного вала с частотой $n_н$ развивает подачу $Q_н$. Определить пределы регулирования скорости движения поршня гидроцилиндра при изменении скорости вращения приводного вала насоса 4 от 1000 до 2000 об/мин. Принять $\eta_м$=0,97.



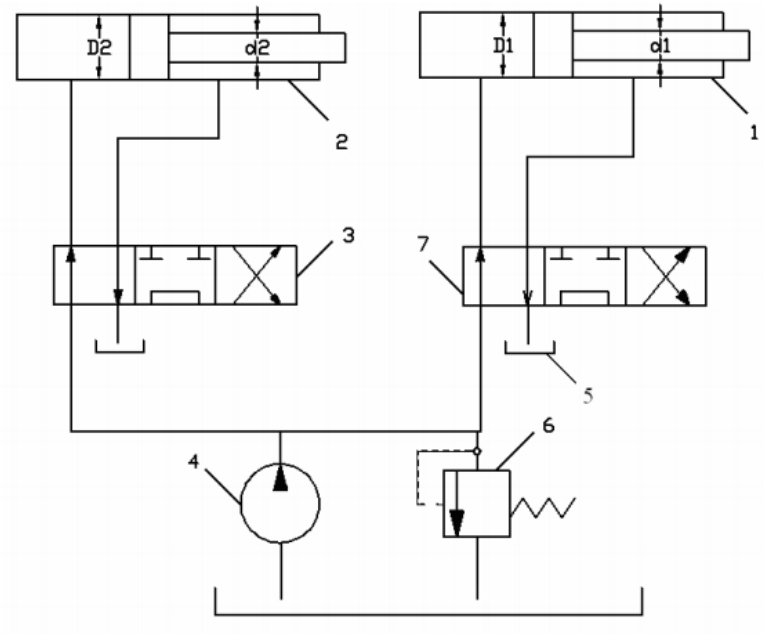

6. В объемном гидроприводе насос 5 развивает давление $p_н$ и постоянную подачу $Q_н$. Уплотнение поршня диаметром D и штока диаметром d в гидроцилиндре 1 манжетное. Пренебрегая утечками масла в обратном гидроклапане 2 и гидрораспределителе 4, определить минимальное и максимальное значения потери мощности из-за слива масла через переливной гидроклапан 6, если расход масла через гидродроссель 3 настраивается в пределах от 4 до 20 л/мин



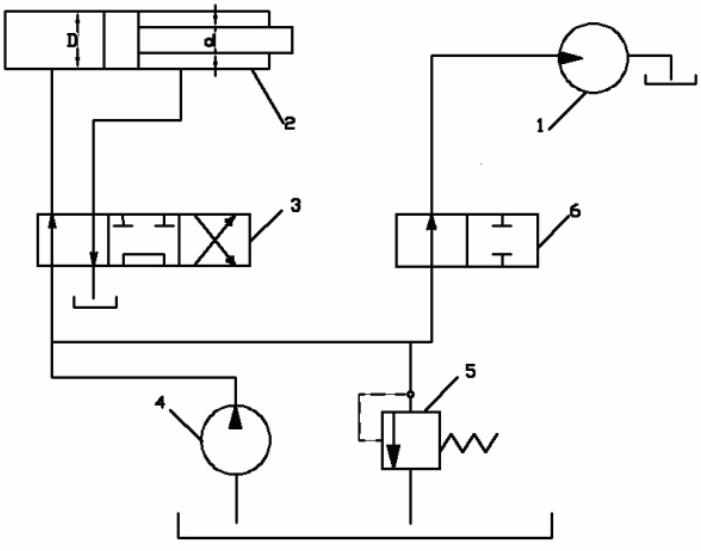

7. В левой полости гидроцилиндра 1 рабочее давление p. Диаметр гидроцилиндра D, диаметр штока d. Уплотнение поршня и штока в гидроцилиндре – манжетное. Противодавление в правой полости гидроцилиндра $p_{пр}$. Насос 5 развивает подачу $Q_н$=12л/мин. Падение (потеря) давления в напорной гидролинии Δp. Определить при движении поршня вправо общий КПД объемного гидропривода, если известны утечка масла через гидроклапан 4 ΔQ и общий КПД $\eta_н$.



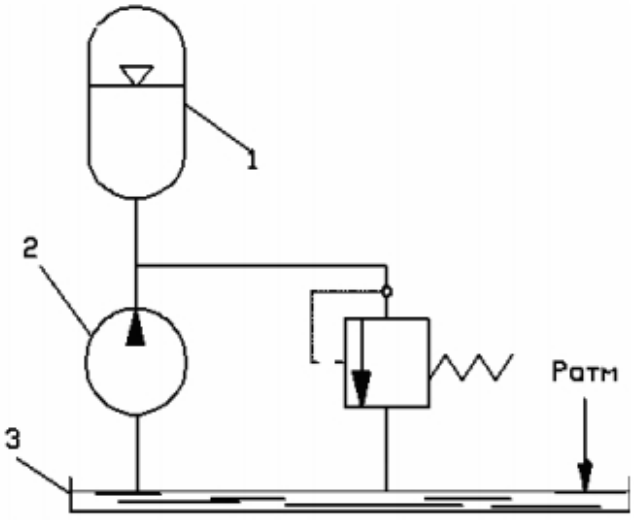

8. В объемном гидроприводе поршень гидроцилиндра 1 диаметром $D_1$ двигается вправо со скоростью $\upsilon_1$, а поршень гидроцилиндра 2 $D_2$ двигается вправо со скоростью $\upsilon_2$. Уплотнение поршня в каждом гидроцилиндре манжетное. Утечка масла в гидроаппаратуре составляет $\Delta Q$. Определить подачу, развиваемую насосом 4.



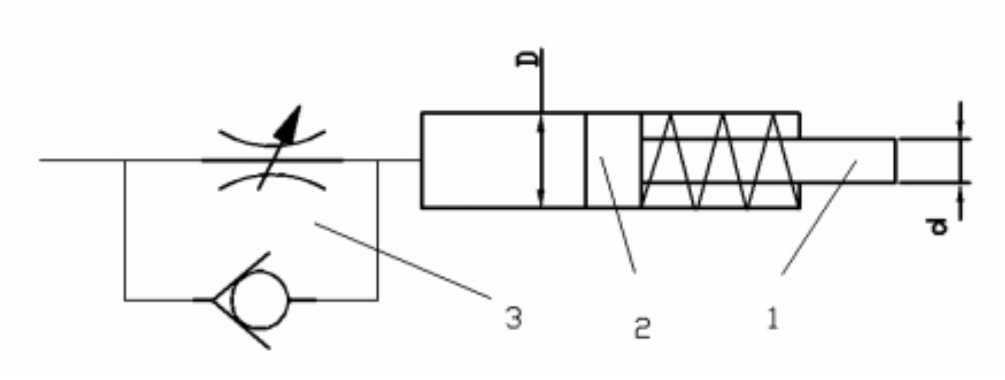

9. В объемном гидроприводе используется гидромотор 1 с рабочим объемом $q_0$ и гидроцилиндр 2 диаметром D. Уплотнение поршня в гидроцилиндре манжетное. С учетом суммарной утечки масла в гидроаппаратуре в количестве $\Delta Q$ определить, какую подачу создает насос 4, когда выходной вал гидромотора вращается со скоростью n, а поршень гидроцилиндра перемещается со скоростью $\upsilon$. Объемный КПД гидромотора $\eta_{об}$.



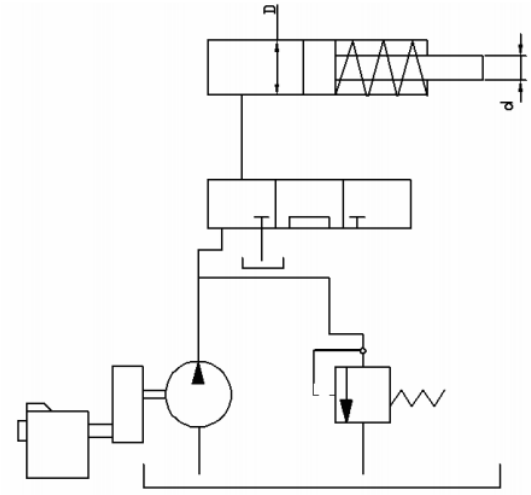

10. В процессе гидравлического испытания пневмогидроаккумулятора 1 емкостью V из открытого бака 3 насосом 2 подан объем $V_1$ минерального масла с модулем упругости E. Пренебрегая деформацией металла гидроаккумулятора и утечкой масла в гидросистеме, определить, до какой величины повысилось избыточное давление масла в гидроаккумуляторе в результате гидравлического испытания.



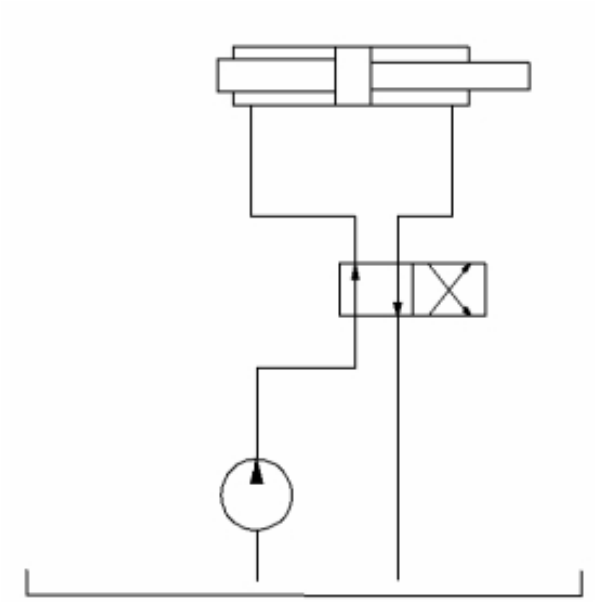

11. Гидравлическое реле выдержки времени с диаметром D поршня 2 срабатывает при перемещении штока 1 вверх на длину l. Определить, на пропуск какого расхода масла необходимо настроить гидродроссель 3, чтобы реле сработало (выдало сигнал управления) через промежуток времени t. Утечкой масла в данном реле пренебречь.




12. Ротор пластинчатого насоса получает вращение от асинхронного двигателя через клиноременную передачу, диаметры шкивов d0= 100мм и d=160мм, частота вращения вала электродвигателя nд, рабочий объем насоса q=16 см3, давление на выходе из насоса P=, объемный КПД ηоб= 0,95. Принять коэффициент проскальзывания клиноременной передачи ψ=0,98; общий КПД насоса ηн=0,8; КПД клиноременной передачи ηр=0,95 и КПД электродвигателя ηэ=0,87. Определить мощность, потребляемую электродвигателем.




13. Подача насоса равна Q=280 л/мин. Рассчитать диаметры всасывающей, напорной и сливной гидролиний, принимая следующие расчетные скорости: V1 =0,6 м/с – для всасывающей гидролинии; V2=4 м/с – для напорной гидролинии; V3= 1,4 м/с – для сливной гидролинии.

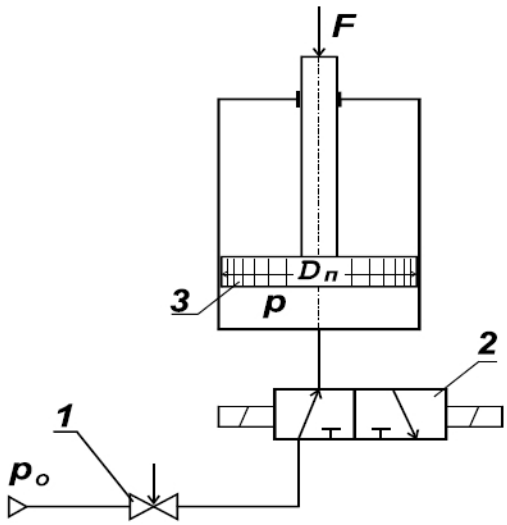


14. Определить конечную температуру воздухапневмодвигателя при адиабатном расширении, если начальная температура 20 ° С, абсолютное давление сжатия 0,6 МПа, а расширения 0,4 МПа.

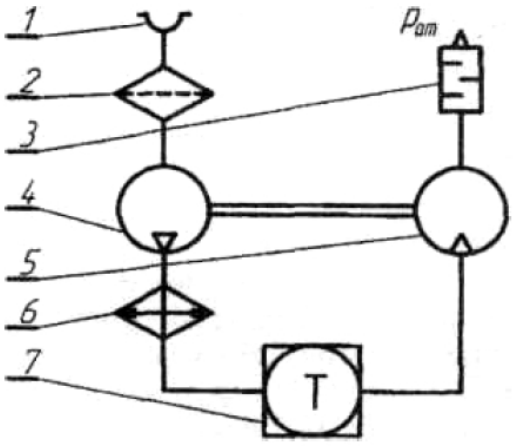
15. Определите теоретических расход четырехцилиндрового поршневого пневмомотора при частоте вращения 700 мин-1, если объем сжатого воздуха, перемещаемого одним поршнем за цикл, составляет 0,5 дм3, абсолютное давления сжатия 0,6 МПа, давление выхлопа 0,4 МПа, температура сжатого воздуха 300 К.

16. Определите расход турбинного пневмодвигателя, если абсолютное давление сжатого воздуха 0,5 МПа, а его температура 20 ° С. Двигатель имеет два сопла с насадками диаметром 24 мм. Коэффициент расхода насадки 0.92, коэффициент скорости 0.95

17. На рисунке показана расчетная схема магистрального пневмопривода, содержащая вентиль 1 (ζв = 5), распределитель 2 (ζр = 12) и пневмоцилиндр с поршнем 3. Диаметр поршня Dп = 100 мм. Сила полезного сопротивления, приложенная к поршню, F = 0,8 кН. Общая длина труб диаметром D = 10 мм составляет l = 20 м, эквивалентная шероховатость труб ΔЭ = 0,01 мм. Температура воздуха 20 ºС; подводимое давление р0 = 0,63 МПа. Определим скорость перемещения поршня Vп, пренебрегая силами трения. Из уравнения расхода (Мр) $V_{П} = \frac{M_{p}}{\rho \omega_{П}}$ , где ωп - площадь поршня, ρ - плотность воздуха в поршневой полости.




18. На рисунке показана система турбонаддува двигателя внутреннего сгорания. Проходя последовательно через фильтр 2, компрессор 4 и охладитель 6 воздух попадает в двигатель внутреннего сгорания. Выхлопные газы, направляемые на выход, проходят через пневматический двигатель 5, который приводится во вращение. Пневмодвигатель в свою очередь приводит во вращение компрессор 4, который имеет с ним общий вал. Определить теоретическую подачу компрессора, если его рабочий объем равен q, а частота вращения вала пневмодвигателя n.




19. Выбрать проходное сечение элементов пневматической линии, состоящей из трубы длиной $L_1 = L_{э1}$ и распределителя; как установлено динамическим расчетом, ее пропускная способность характеризуется величиной $f^{э}_{расч}$

20. Требуется выбрать параметры привода одностороннего действия по следующим

данным $\upsilon_{ср} = 0{,}25\,{}^{м}\!/_{с}$ P = 980 Н, S= 0,5 м, m= $10\,\frac{кгс \cdot с^2}{м}$; рм= 0,5 МПа.

21. Определить диаметр цилиндра, а также параметры линий на входе и выходе по следующим данным: P2 = 980 Н; m= $10\,\frac{кгс \cdot с^2}{м}$; s = 0,6 м; рм = 0,5 МПа; диапазон изменения скорости Uср = 0,4…0,6 м/с.

22. Определить тормозной путь $x_т$ и время торможения привода, который нагружен силой P и должен переместить массу m; на длину S со средней скоростью $U_{ср}$ . Относительный вредный объем тормозной полости $\xi_{от}=V_{jn}/F_s$ по конструктивным соображениям принимаем равным 0,05.

23. Требуется переместить горизонтально массу m, т. е. груз весом $P_т$ = mg на расстояние S с плавной остановкой в конце хода. По конструктивным соображениям эффективная площадь проходного сечения трубопроводов ограничена значением f (труба ${}^{1}\!/_{2}{}''$) сила полезного сопротивления $P_2$. Выбрать параметры пневмопривода, работающего в режиме автоторможения, чтобы время перемещения $t_s$ было минимальным.

24. . Определить параметры привода и положение тормозного золотника, если требуется переместить массу m на расстояние S за время $t_s$. Полная сила сопротивления P. Значения $f_э$ ограничены теми же условиями: $f^э = f^э_{\max}$ ,$U \le U_{\max}$, $U_{\max}$.

25. Определить, на сколько изменится время перемещения поршня двустороннего пневмопривода, если через отверстие ($\Omega_{1-2}$= 0,2) в нем часть сжатого воздуха будет перетекать из рабочей полости в выхлопную. Исходные данные: N; $\Omega$ , $\chi$ , $\delta_a$; $П^F_{2,1}$.

26. Определить рабочее усилие, развиваемое мембранным приводом при перемещении центра мембраны на величину x. Исходные данные диаметр мембраны $D_1$ диаметр шайбы $D_2$; толщина ее h; давление сжатого воздуха $p_м$, модуль упругости материала мембраны E, угол наклона образующей мембраны в начальном положении $\upsilon$ ($x_0$ = 12 мм).

**4.2. Порядок выполнения.**

1. Выполнить анализ задачи по своему варианту
2. Составление чертежа схемы привода
3. Выбор оптимальных параметров работы привода
4. Выбор способа регулирования
5. Выбор метода расчета.
6. Выбор параметров работ схемы.
7. Решение задачи.

8. Составление графиков.

### 4.3. Оформление и порядок защиты

Отчет по самостоятельной работе должна включать следующие этапы:

1. Выполнить анализ задачи по своему варианту
2. Составление формул необходимых для решения задачи
3. Выбор переменных.
4. Составление чертежа привода.
5. Решение задачи.
6. Составление графиков.

Выполненное задание представляется преподавателю в письменном виде.

Защита задания выполняется пояснениями о порядке выполнения. Преподавателем оцениваются пояснения студента и ответы на дополнительные вопросы.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Гидравлика, гидро- и пневмопривод: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 62 с.
2. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Объемные гидравлические машины гидро- и пневмоприводов: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 346 с
3. Суслов Н. М., Чиркова А. А. Проектирование и расчет объемного гидропривода: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 78 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению практической и контрольной работы по дисциплине*

# Б1.В.05 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Савинова Н. В., доцент, к.т.н.

| | |
|---|---|
| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

***Контрольная работа № 1 по теме 3***

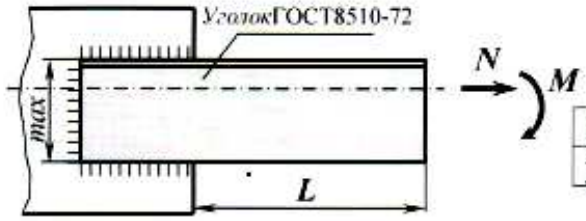
| Вариант | Задание |
|---|---|
| 1. | Дать развернутую характеристику материала 09Г2С. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,8. Вычислить предел выносливости для сварного соединения листов разной толщины. |
| | |
| 2. | Дать развернутую характеристику материала 15ХСНД. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,5. Вычислить предел выносливости для основного металла в соединениях с фланговыми швами, работающими на срез от осевой силы. |
| | |
| 3. | Дать развернутую характеристику материала Ст3 пс. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,4. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте соединения труб с полным проваром шва и прокладкой. |
| | |
| 4. | Дать развернутую характеристику материала сталь 20. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,8. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте перехода к обработанному стыковому шву при стыковании листов разной ширины. |
| | |
| 5. | Дать развернутую характеристику материала 14ХГС. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте перехода к обработанному стыковому шву при стыковании листов разной толщины. |
| | |
| 6. | Дать развернутую характеристику материала Ст4сп. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,2. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте перехода к необработанному стыковому шву с усилением. |
| | |
| 7. | Дать развернутую характеристику материала 10Г2С1. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,3. Вычислить предел выносливости для основного металла около диафрагм и ребер, приваренных к растянутым поясам балки и элементам ферм без механической обработки швов, но с плавным переходом от швов к металлу при ручной сварке. |
| | |
| 8. | Дать развернутую характеристику материала Ст2сп. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,7. Вычислить предел выносливости для основного металла около диафрагм и ребер, приваренных к растянутым поясам балки и элементам ферм без механической обработки швов, но с плавным переходом от швов к металлу при полуавтоматической сварке. |

| | |
|---|---|
| | |
| 9. | Дать развернутую характеристику материала 09Г2. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,1. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях у креплений высокопрочными болтами. |
| | |
| 10. | Дать развернутую характеристику материала Ст5пс. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,9. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях по соединительным заклепкам. |
| | |
| 11. | Дать развернутую характеристику материала 10ХСНД. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 1,2. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях по прикреплениям с двухсрезными заклепками. |
| | |
| 12. | Дать развернутую характеристику материала Ст3сп. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -1,5. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях по прикреплениям с односрезными заклепками. |
| | |
| 13. | Дать развернутую характеристику материала 14Г2. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -1,4. Вычислить предел выносливости для Основного металла в местах перехода к фасонкам прямоугольной или трапециевидной формы, привариваемые встык или втавр к элементам конструкции. |
| | |
| 14. | Дать развернутую характеристику материала сталь 10. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,3. Вычислить предел выносливости для угловых поперечных сварных швов по расчетному сечению шва при ручной сварке. |
| | |
| 15. | Дать развернутую характеристику материала сталь 08. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,4. Вычислить предел выносливости для угловых поперечных сварных швов по расчетному сечению шва при автоматической сварке. |
| | |
| 16. | Дать развернутую характеристику материала 16Г2А. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,5. Вычислить предел выносливости для сварного соединения листов разной толщины. |
| | |

| | |
|---|---|
| | |
| 17. | Дать развернутую характеристику материала 35ГС. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,9. Вычислить предел выносливости для основного металла в соединениях с фланговыми швами, работающими на срез от осевой силы. |
| | |
| 18. | Дать развернутую характеристику материала сталь 25. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -1,6. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте соединения труб с полным проваром шва и прокладкой. |
| | |
| 19. | Дать развернутую характеристику материала сталь 30. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -2,1. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте перехода к обработанному стыковому шву при стыковании листов разной ширины. |
| | |
| 20. | Дать развернутую характеристику материала Стбпс. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -1,2. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте перехода к обработанному стыковому шву при стыковании листов разной толщины. |
| | |
| 21. | Дать развернутую характеристику материала 12Г2А. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 2,1. Вычислить предел выносливости для основного металла в месте перехода к необработанному стыковому шву с усилением. |
| | |
| 22. | Дать развернутую характеристику материала 16Г2САФ. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,1. Вычислить предел выносливости для основного металла около диафрагм и ребер, приваренных к растянутым поясам балки и элементам ферм без механической обработки швов, но с плавным переходом от швов к металлу при ручной сварке. |
| | |
| 23. | Дать развернутую характеристику материала 22ГЮ. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 1,4. Вычислить предел выносливости для для основного металла около диафрагм и ребер, приваренных к растянутым поясам балки и элементам ферм без механической обработки швов, но с плавным переходом от швов к металлу при полуавтоматической сварке. |
| | |
| 24. | Дать развернутую характеристику материала 18Г2С. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,7. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях у креплений высокопрочными болтами. |
| | |

| | |
|---|---|
| | |
| 25. | Дать развернутую характеристику материала 07ГФБ. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -0,6. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях по соединительным заклепкам. |
| | |
| 26. | Дать развернутую характеристику материала 10ГТ. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 0,6. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях по прикреплениям с односрезными заклепками. |
| | |
| 27. | Дать развернутую характеристику материала 12Г2СБ. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -1,3. Вычислить предел выносливости для основного металла в сечениях по прикреплениям с односрезными заклепками. |
| | |
| 28. | Дать развернутую характеристику материала 12ГН2МФАЮ. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 2,4. Вычислить предел выносливости для Основного металла в местах перехода к фасонкам прямоугольной или трапециевидной формы, привариваемые встык или втавр к элементам конструкции. |
| | |
| 29. | Дать развернутую характеристику материала 20ХГ2Ц. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = 1,3. Вычислить предел выносливости для угловых поперечных сварных швов по расчетному сечению шва при ручной сварке. |
| | |
| 30 | Дать развернутую характеристику материала 10ХНДП. Построить схематизированную диаграмму предельных напряжений. Охарактеризовать работу материала при коэффициенте асимметрии цикла нагружений r = -2,4. Вычислить предел выносливости для угловых поперечных сварных швов по расчетному сечению шва при автоматической сварке. |
| | |

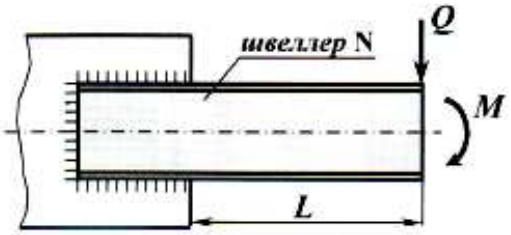
***Контрольная работа № 2 по теме 4***




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 1 | *N*, кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|
| уголок N 14/9(10) | 94 | 40 | 0,94 |

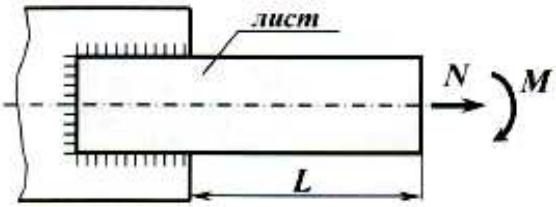
материал соединения Ст3




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 2 | *Q* , кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|
| швеллер N 27 | 44 | 25 | 4,1 |

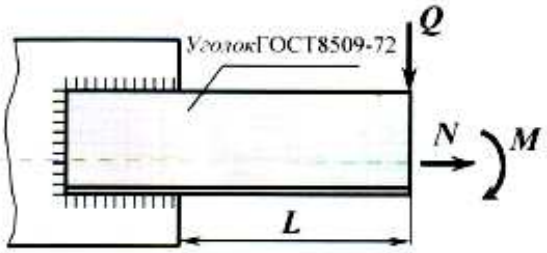
материал соединения Сталь20




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 3 | *N*, кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|
| лист 280×25 | 270 | 166 | 1,8 |

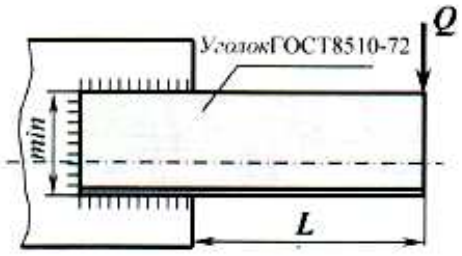
материал соединения 10ХСНД




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 4 | *Q*, кН | *N*, кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|---|
| уголок N 20(14) | 38 | 110 | 25 | 2,6 |

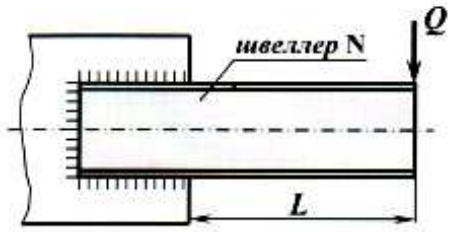
материал соединения 20ХГС




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 5 | *Q* , кН | *L* , м |
|---|---|---|
| уголок N 16/10(9) | 46 | 2,82 |

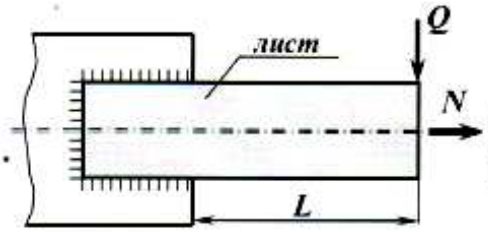
материал соединения 09Г2




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 6 | $Q$, кН | $L$, м |
|---|---|---|
| швеллер N33 | 34 | 2,6 |

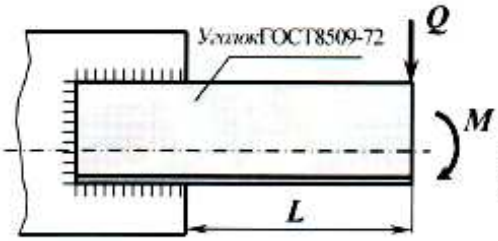
материал соединения Ст3




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 7 | $Q$, кН | $N$, кН | $L$, м |
|---|---|---|---|
| лист 180×8 | 43 | 200 | 2,8 |

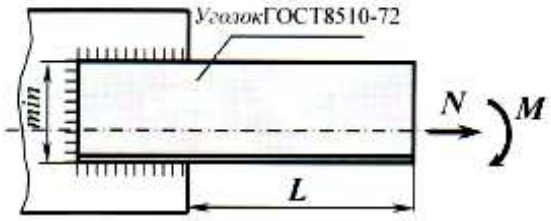
материал соединения 10Г2С1




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 8 | $Q$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N22 (14) | 29 | 30 | 4,0 |

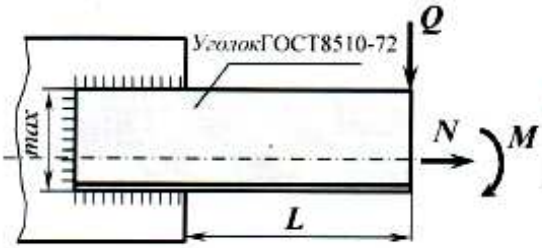
материал соединения Сталь20




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 9 | $N$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N 11/7(8) | 53 | 22 | 1,72 |

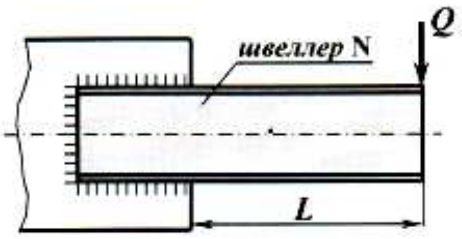
материал соединения 10ХСНД




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 10 | $Q$, кН | $N$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|---|
| уголок N11/7(6,5) | 17 | 64 | 32 | 2,5 |

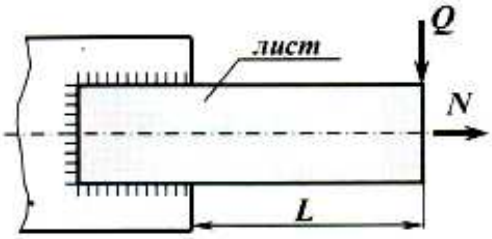
материал соединения 20ХГС




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 11 | $Q$, кН | $L$, м |
|---|---|---|
| швеллер N20 | 18 | 1,8 |

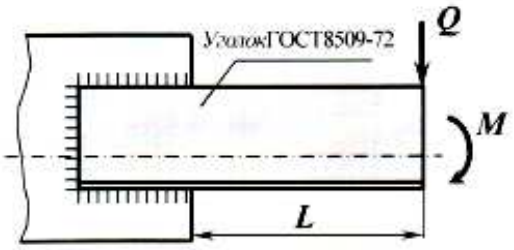
материал соединения Ст3




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 12 | $Q$, кН | $N$, кН | $L$, м |
|---|---|---|---|
| лист 180×20 | 86 | 150 | 1,4 |

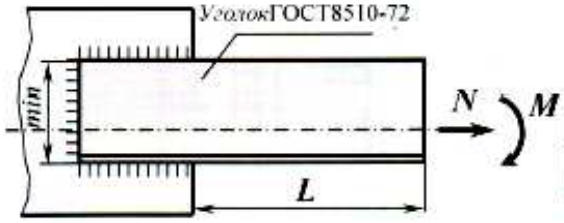
материал соединения 10Г2С1




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 13 | $Q$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N10 (8) | 11 | 8 | 1,05 |

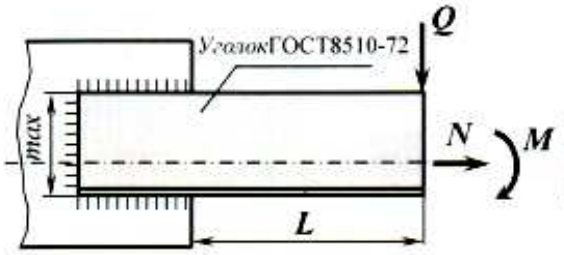
материал соединения Сталь20




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 14 | $N$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N 11/7(8) | 25 | 13 | 0,7 |

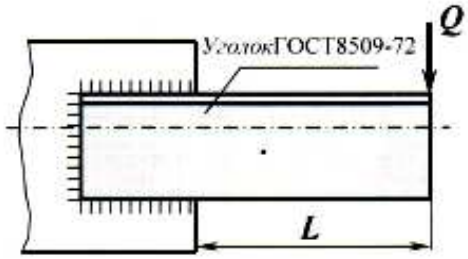
материал соединения 10ХСНД




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 15 | $Q$, кН | $N$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|---|
| уголок N 11/7(6,5) | 25 | 55 | 28 | 0,9 |

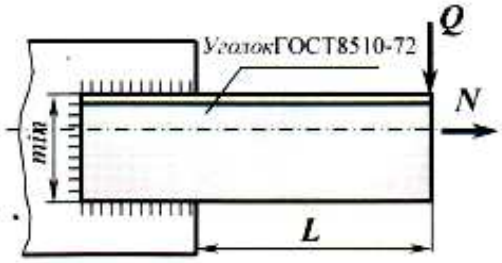
материал соединения 20ХГС




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 16 | $Q$, кН | $L$, м |
|---|---|---|
| уголок N 10 (14) | 16 | 1,52 |

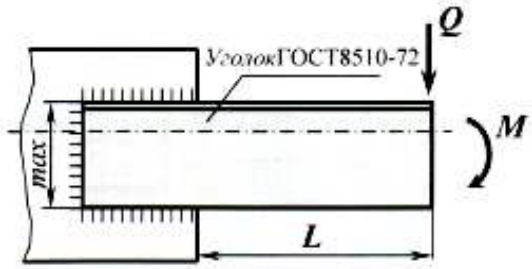
материал соединения 09Г2




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 17 | $Q$, кН | $N$, кН | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N 9/5,6 (8) | 7 | 15 | 1,33 |

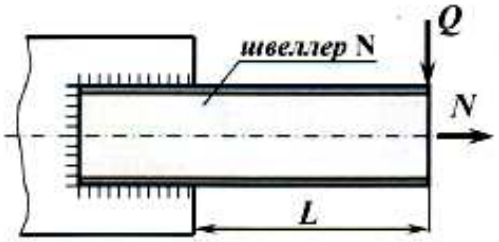
материал соединения 15ХСНД




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 18 | $Q$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N 9/5,6(6) | 12 | 7 | 0,64 |

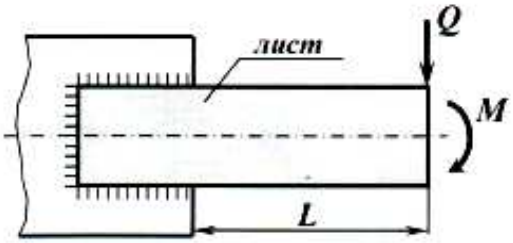
материал соединения Сталь15




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 19 | $Q$, кН | $N$, кН | $L$, м |
|---|---|---|---|
| швеллер N 14 | 15 | 18 | 1,6 |

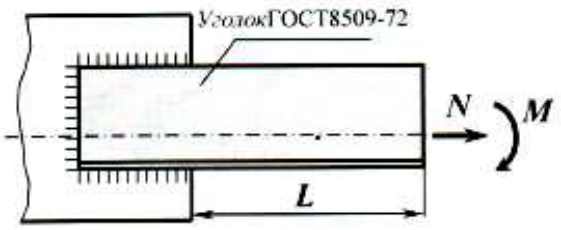
материал соединения 10Г2С1




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 20 | $Q$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| лист 120×12 | 18 | 16 | 1,3 |

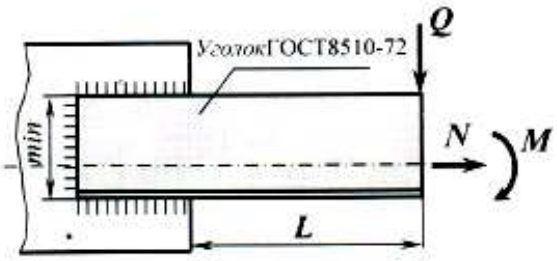
материал соединения Сталь20




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 21 | $N$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N 8 (7) | 20 | 14 | 0,55 |

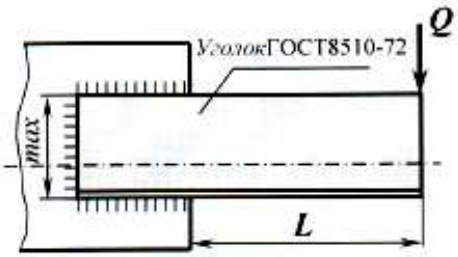
материал соединения 10ХСНД




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 22 | $Q$, кН | $N$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|---|
| уголок N 10/6,3(7) | 15 | 35 | 11 | 0,62 |

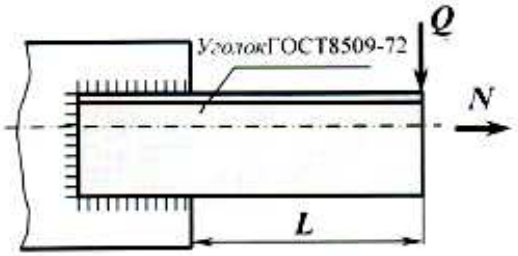
материал соединения сталь 20ХГС




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 23 | $Q$, кН | $L$, м |
|---|---|---|
| уголок N 10/6,3(10) | 21 | 1,25 |

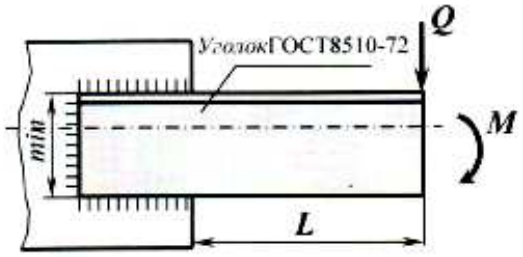
материал соединения 09Г2




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 24 | $Q$, кН | $N$, кН | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N 11 (8) | 22 | 42 | 1,14 |

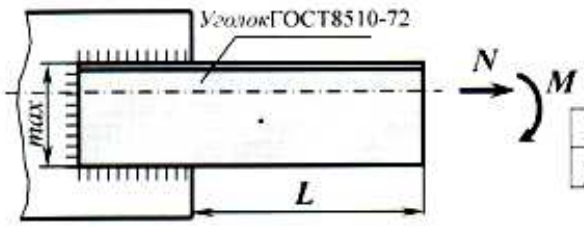
материал соединения 15ХСНД




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 25 | $Q$, кН | $M$, кНм | $L$, м |
|---|---|---|---|
| уголок N 20/12,5(11) | 12 | 24 | 0,88 |

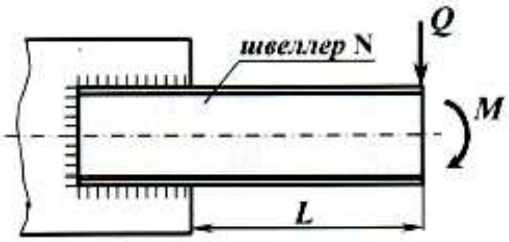
материал соединения Сталь15




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 26 | *N*, кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|
| уголок N 20/12,5(14) | 61 | 67 | 0,58 |

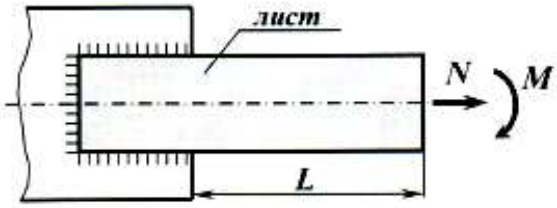
материал соединения Ст3




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 27 | *Q* , кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|
| швеллер N 24 | 13 | 18 | 2,8 |

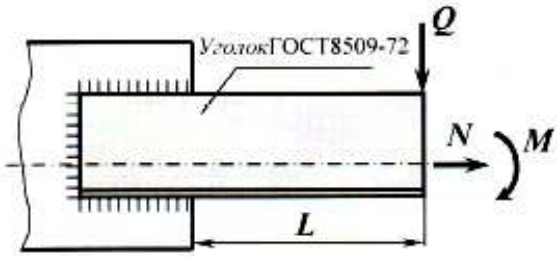
материал соединения Сталь20




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 28 | *N*, кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|
| лист 280×25 | 270 | 166 | 1,8 |

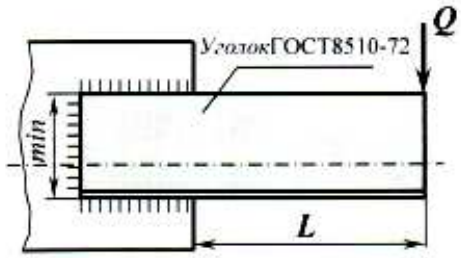
материал соединения 10ХСНД




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 29 | *Q*, кН | *N*, кН | *M*, кНм | *L* , м |
|---|---|---|---|---|
| уголок N 12,5(9) | 44 | 80 | 32 | 1,65 |

материал соединения 20ХГС




Спроектировать сварное нахлесточное соединение, работающее на изгиб

| Вариант 30 | *Q* , кН | *L* , м |
|---|---|---|
| уголок N 16/10(9) | 21 | 1,36 |

материал соединения 09Г2

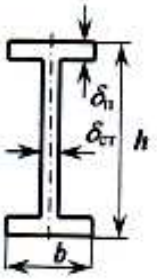
***Контрольная работа № 3 по теме 5***




**2.** Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ст3 | 600 | 200 | 16 | 20 |

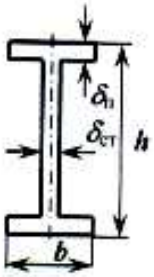
**3.** Проверить соединение на выносливость $r = 0{,}8$.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 10ХСНД | 1000 | 250 | 20 | 25 |

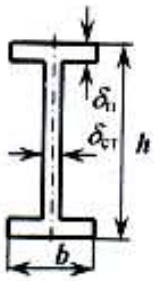
3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}35$.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | ст4 | 1200 | 300 | 16 | 20 |

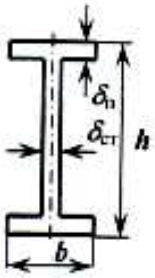
3. Проверить соединение на выносливость $r = 0{,}08$.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 15ХСНД | 620 | 150 | 12 | 18 |

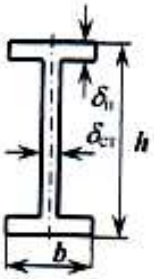
3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}6$.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | ст3 | 1080 | 300 | 16 | 20 |

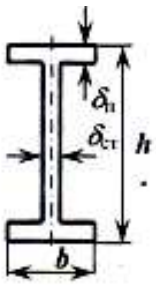
3. Проверить соединение на выносливость $r = 1{,}7$.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 10ХСНД | 1600 | 400 | 25 | 30 |

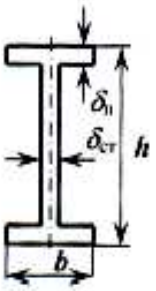
3. Проверить соединение на выносливость $r = -0{,}54$.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | ст4 | 1500 | 300 | 20 | 25 |

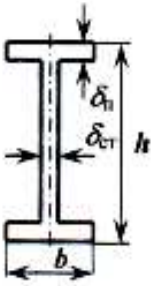
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 2,2.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 15ХСНД | 2000 | 400 | 30 | 30 |

3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,32.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | ст5 | 750 | 320 | 16 | 18 |

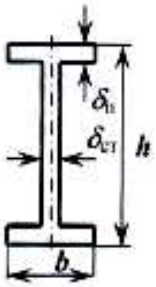
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,9.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 09Г2С | 1100 | 360 | 18 | 22 |

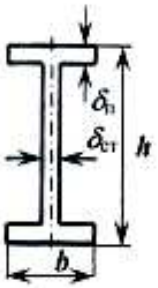
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,09.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 11 | ст3 | 920 | 280 | 18 | 22 |

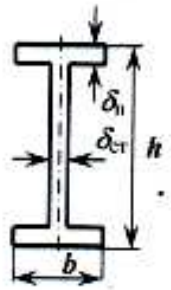
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,05.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 09Г2С | 1800 | 380 | 25 | 30 |

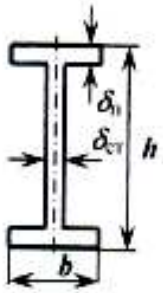
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,6.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | ст3 | 1400 | 320 | 22 | 25 |

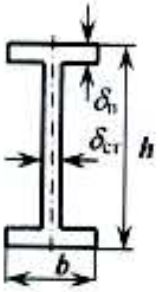
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,8.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 10ХСНД | 1550 | 300 | 25 | 28 |

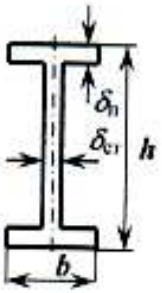
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,5.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | ст4 | 800 | 240 | 14 | 18 |

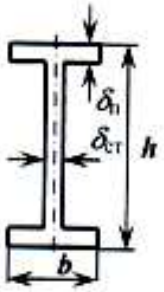
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,4.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 15ХСНД | 1240 | 280 | 18 | 25 |

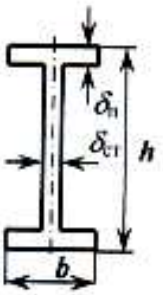
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,4.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | ст5 | 500 | 120 | 10 | 16 |

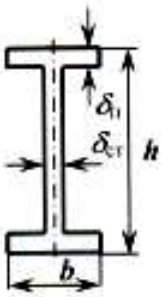
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,15.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 10ХСНД | 360 | 80 | 8 | 14 |

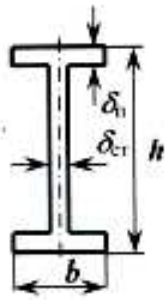
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,12.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 09Г2С | 950 | 300 | 18 | 28 |

3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,7.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10ХСНД | 1140 | 380 | 20 | 26 |

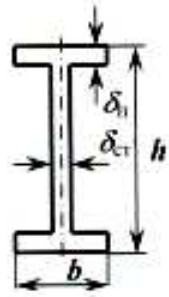
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 1,2.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 21 | ст4 | 600 | 160 | 10 | 14 |

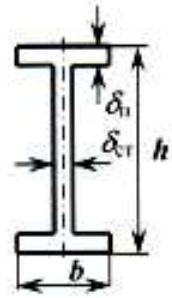
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,85.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 15ХСНД | 2640 | 320 | 20 | 25 |

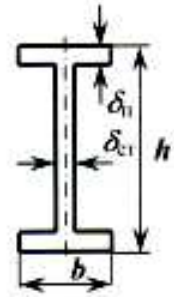
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,32.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 23 | ст5 | 1420 | 220 | 15 | 20 |

3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,25.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 10ХСНД | 860 | 210 | 14 | 20 |

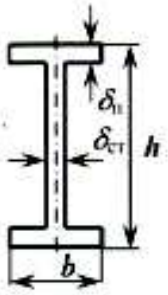
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -1,3.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 09Г2С | 800 | 240 | 14 | 18 |

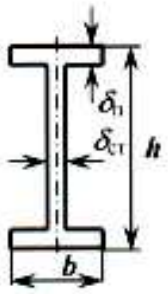
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,4.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 15ХСНД | 1370 | 350 | 22 | 30 |

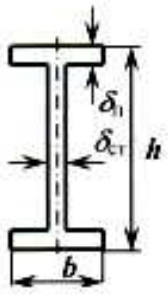
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0,1.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 27 | Ст3 | 700 | 130 | 14 | 20 |

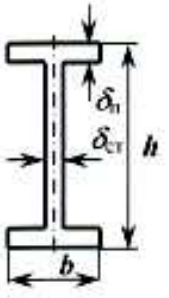
3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 0.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 10ХСНД | 470 | 50 | 8 | 16 |

3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 1,2.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | $\delta_п$, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 29 | ст4 | 1100 | 330 | 12 | 18 |

3. Проверить соединение на выносливость $r$ = -0,7.




2. Спроектировать болтовое монтажное соединение балки равнопрочное сечению.

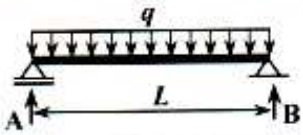
| № | материал | $h$, мм | $b$, мм | $\delta_{ст}$, мм | 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 15ХСНД | 970 | 200 | 16 | 25 |

3. Проверить соединение на выносливость $r$ = 2,4.

## *Контрольная работа № 4 по теме 8*



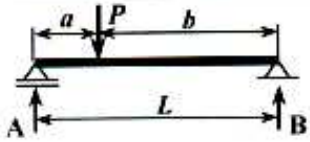
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 1 |  | $q$=5 кН/м<br>$L$=5 м | ст3 |

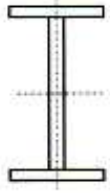




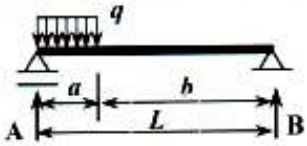
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 2 |  | $P$=45 кН<br>$L$=11,2 м<br>$a$=4,8 м<br>$b$=6,4 м | 10ХСНД |

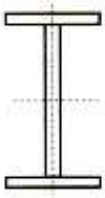




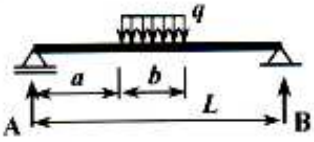
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 3 |  | $q$=14 кН/м<br>$L$=8 м<br>$a$=3,2 м<br>$b$=4,8 м | ст3 |

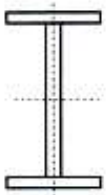




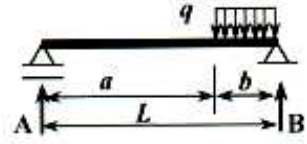
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 4 |  | $q$=12 кН/м<br>$L$=6 м<br>$a$=1,8 м<br>$b$=2,1 м | Сталь 20 |

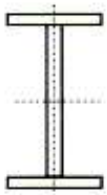




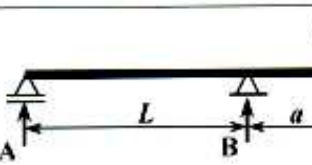
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 5 |  | $q$=21 кН/м<br>$L$=12 м<br>$a$=7,4 м<br>$b$=4,6 м | 09Г2С |

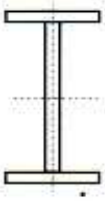


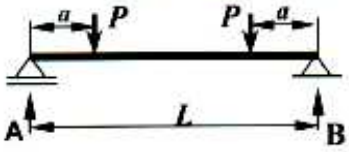


4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.

| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 6 |  | $P$=43,5 кН<br>$L$=7,4 м<br>$a$=0,94 м | ст3 |

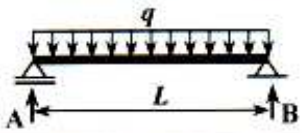
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 7 |  | **P**=25 кН<br>**L**=6 м<br>**a**=1,2 м | ст3 |

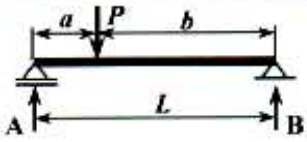
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



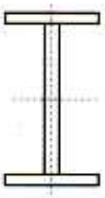
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 8 |  | **q**=14 кН/м<br>**L**=8 м | 10ХСНД |

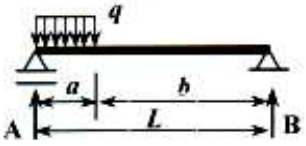
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



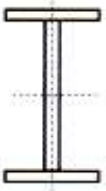
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 9 |  | **P**=58 кН<br>**L**=8.5 м<br>**a**=3,8 м<br>**b**=4.7 м | ст3 |

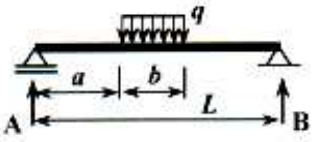
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



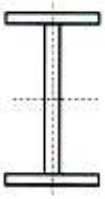
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 10 |  | **q**=20 кН/м<br>**L**=9 м<br>**a**=2,2 м<br>**b**=6,8 м | 15ХСНД |

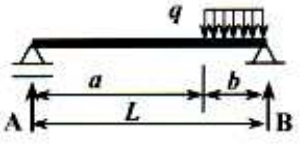
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 11 |  | **q**=15 кН/м<br>**L**=4 м<br>**a**=1,4 м<br>**b**=2,1 м | ст3 |

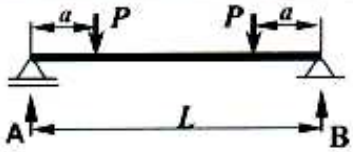
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



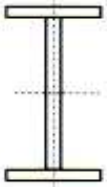
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 12 |  | **q**=16 кН/м<br>**L**=9 м<br>**a**=6,4 м<br>**b**=2,6 м | 10ХСНД |

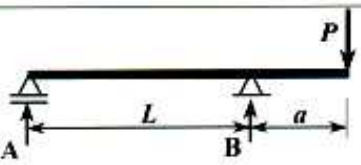
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



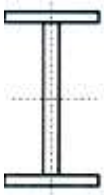
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 13 |  | **P**=30 кН<br>**L**=4,5 м<br>**a**=1,6 м | ст3 |

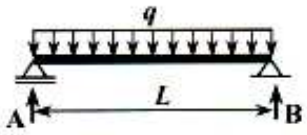
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 14 |  | **P**=56 кН<br>**L**=8м<br>**a**=1,5 м | ст3 |

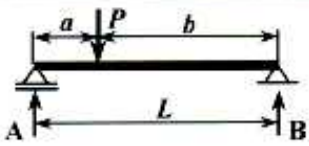
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



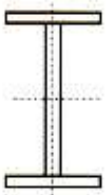
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 15 |  | **q**=22 кН/м<br>**L**=7,5 м | 10ХСНД |

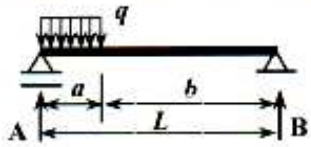
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



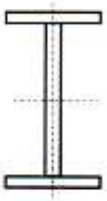
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 16 |  | **P**=26 кН<br>**L**=4,6 м<br>**a**=0,8 м<br>**b**=3,8 м | ст3 |

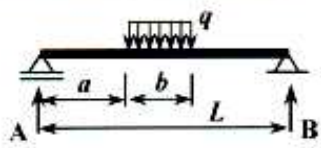
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



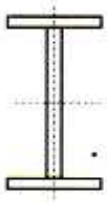
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 17 |  | **q**=18 кН/м<br>**L**=3,4 м<br>**a**=0,6 м<br>**b**=2,8 м | 10ХСНД |

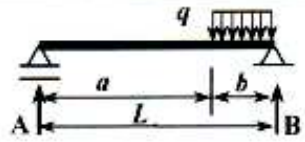
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



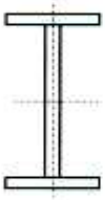
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 18 |  | **q**=27 кН/м<br>**L**=8,2 м<br>**a**=3,5 м<br>**b**=1,9 м | ст3 |

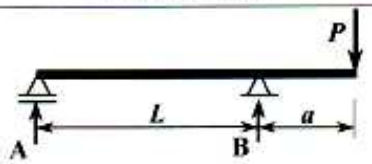
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



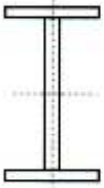
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 19 |  | $q$=18 кН/м<br>$L$=6 м<br>$a$=4,3 м<br>$b$=1,7 м | 10ХСНД |

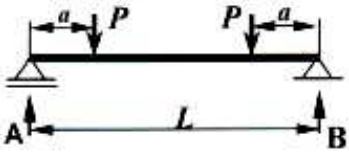
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



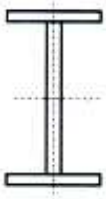
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 20 |  | $P$=32 кН<br>$L$=5,5 м<br>$a$=1,5 м | ст3 |

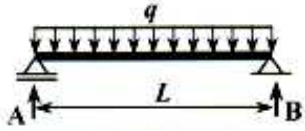
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



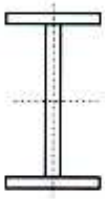
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 21 |  | $P$=16 кН<br>$L$=2,5 м<br>$a$=0,3 м | ст3 |

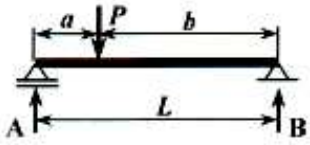
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 22 |  | $q$=16 кН/м<br>$L$=6,5 м | ст3 |

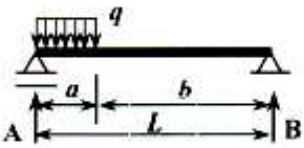
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



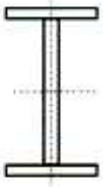
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 23 |  | $P$=38 кН<br>$L$=7,5 м<br>$a$=2,4 м<br>$b$=5,1 м | 10ХСНД |

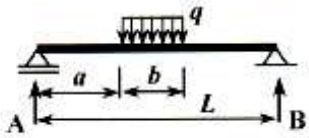
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



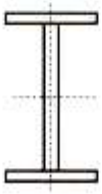
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 24 |  | $q$=11 кН/м<br>$L$=3 м<br>$a$=0,4 м<br>$b$=2,6 м | ст3 |

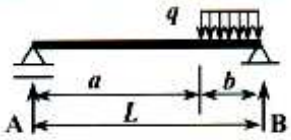
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



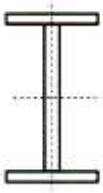
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 25 |  | $q$=9 кН/м<br>$L$=4,2 м<br>$a$=0.8 м<br>$b$=2,6 м | 10ХСНД |

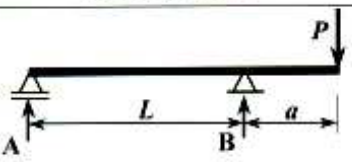
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



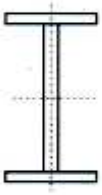
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 26 |  | $q$=18 кН/м<br>$L$=6,3 м<br>$a$=3 м<br>$b$=3,3 м | ст3 |

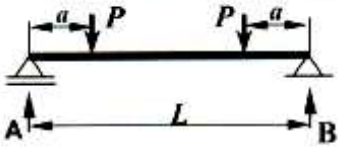
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



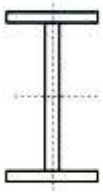
| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 27 |  | $P$=70 кН<br>$L$=12 м<br>$a$=3,5 м | 10ХСНД |

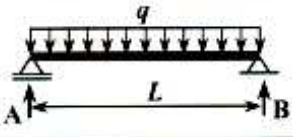
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 28 |  | $P$=90 кН<br>$L$=8,2 м<br>$a$=2,6 м | ст3 |

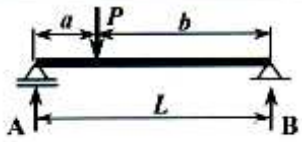
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 29 |  | $q$=35 кН/м<br>$L$=4,2 м | ст3 |

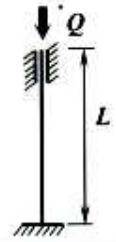
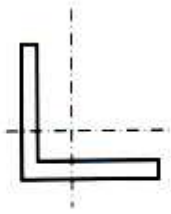
4. Подобрать параметры сечения сварной двутавровой балки.



| № | схема нагружения | Значение параметров | материал |
|---|---|---|---|
| 30 |  | $P$=45 кН<br>$L$=5,5 м<br>$a$=1,4 м | 10ХСНД |

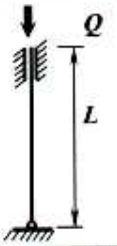
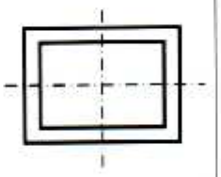
## *Контрольная работа № 5 по теме 9*

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 9 |  |  |

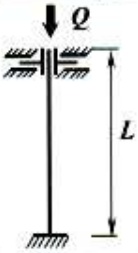
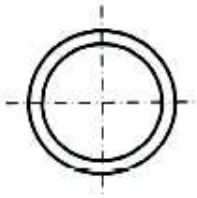
$Q$ = 900 кН, $L$ = 4,5 м  10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 10 |  |  |

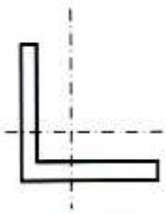
$Q$ = 500 кН, $L$ = 2,0 м  ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 11 |  |  |

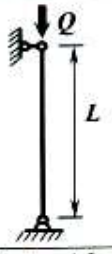
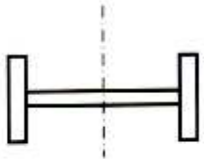
$Q$ = 2500 кН, $L$ = 12,5 м  10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 12 |  |  |

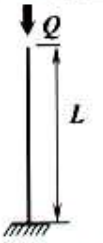
$Q$ = 200 кН, $L$ = 2,0 м  ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 13 |  |  |

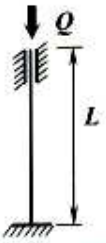
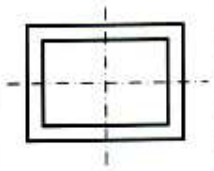
$Q$ = 850 кН, $L$ = 4,2 м  ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 14 |  |  |

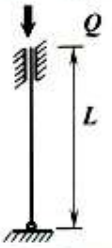
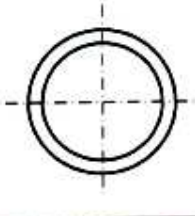
$Q$ = 520 кН, $L$ = 2,5 м  10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 15 |  |  |

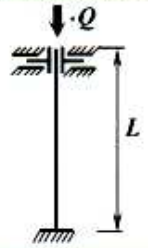
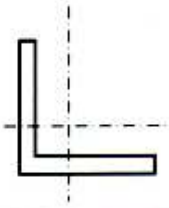
$Q$ = 1300 кН, $L$ =6,0 м  ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 16 |  |  |

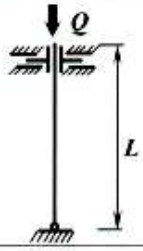
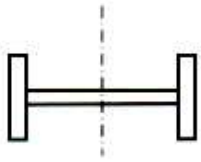
$Q$ = 2200 кН, $L$ = 9,0 м  10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 17 |  |  |

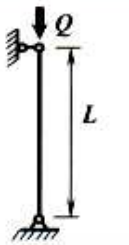
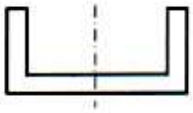
$Q$ = 400 кН, $L$ = 3,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 18 |  |  |

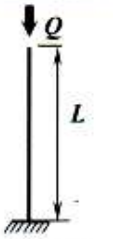
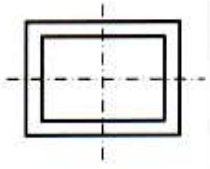
$Q$ = 4800 кН, $L$ = 4,0 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 19 |  |  |

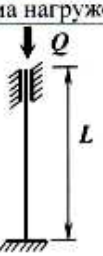
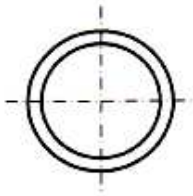
$Q$ = 600 кН, $L$ = 3,0 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 20 |  |  |

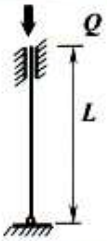
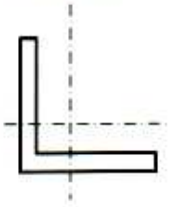
$Q$ = 620 кН, $L$ = 3,0 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 21 |  |  |

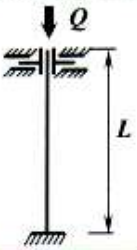
$Q$ = 760 кН, $L$ = 3,3 м 10ХСНД

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 22 |  |  |

$Q$ = 420 кН, $L$ = 2,8 м ст3

5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 23 |  |  |

$Q$ = 2300 кН, $L$ = 10,0 м 10ХСНД

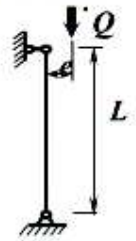
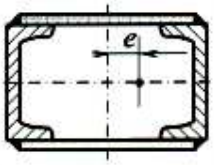
5. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 24 |  |  |

$Q$ = 420 кН, $L$ = 2,0 м ст3

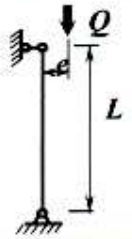
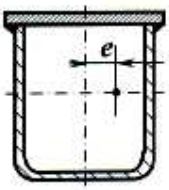
## *Контрольная работа № 6 по теме 10*

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 1 |  |  |

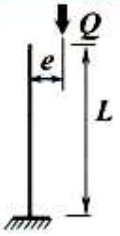
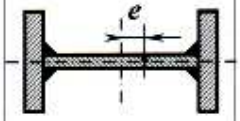
$Q$ = 600 кН, $L$ = 2,5 м, $e$ = 0,2 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 5 |  |  |

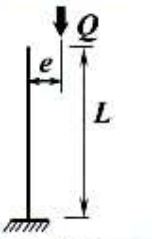
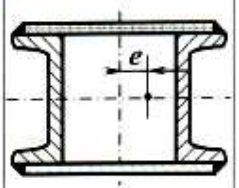
$Q$ = 5000 кН, $L$ = 3,5 м, $e$ = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 2 |  |  |

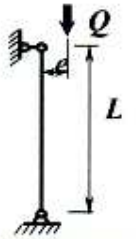
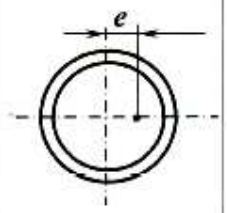
$Q$ =500 кН, $L$ =3,0 м, $e$ =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 6 |  |  |

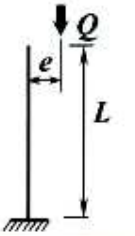
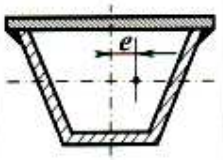
$Q$ =2800кН, $L$ =3,2м, $e$ = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 3 |  |  |

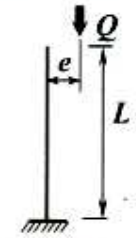
$Q$ = 1000 кН, $L$ = 5,0 м, $e$ = 0,02 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 7 |  |  |

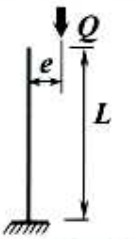
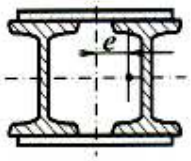
$Q$ =4000кН, $L$ =12,5м, $e$ = 0,1м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 4 |  |  |

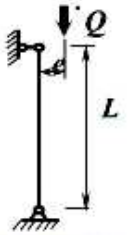
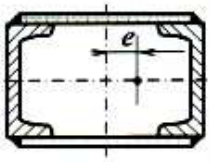
$Q$ =2000кН, $L$ =7,0м, $e$ =0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 8 |  |  |

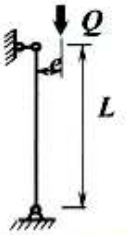
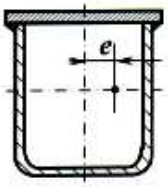
$Q$ = 2000 кН, $L$ = 2,6 м, $e$ = 0,03м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 1 |  |  |

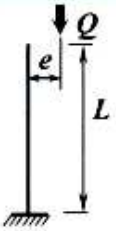
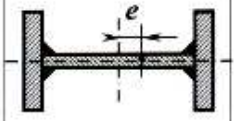
$Q$ = 600 кН, $L$ = 2,5 м, $e$ = 0,2 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 5 |  |  |

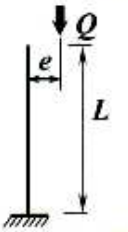
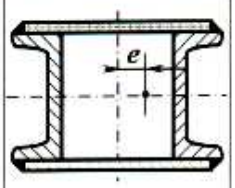
$Q$ = 5000 кН, $L$ = 3,5 м, $e$ = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 2 |  |  |

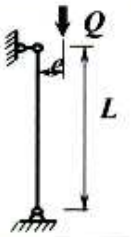
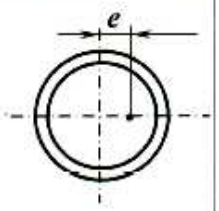
$Q$ =500 кН, $L$ =3,0 м, $e$ =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 6 |  |  |

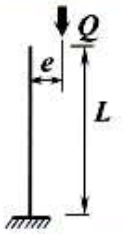
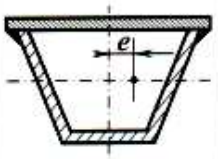
$Q$ =2800кН, $L$ =3,2м, $e$ = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 3 |  |  |

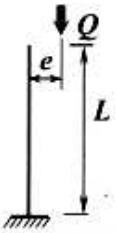
$Q$ = 1000 кН, $L$ = 5,0 м, $e$ = 0,02 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 7 |  |  |

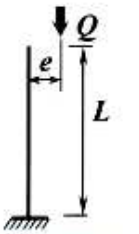
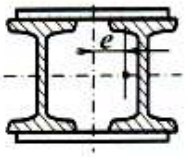
$Q$ =4000кН, $L$ =12,5м, $e$ = 0,1м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 4 |  |  |

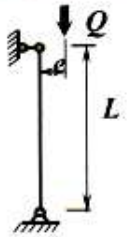
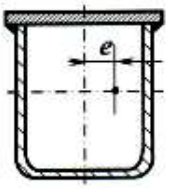
$Q$ =2000кН, $L$ =7,0м, $e$ =0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 8 |  |  |

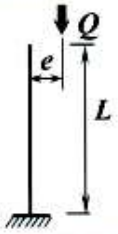
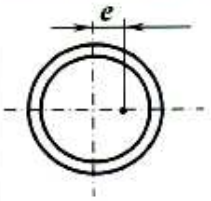
$Q$ = 2000 кН, $L$ = 2,6 м, $e$ = 0,03м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 17 |  |  |

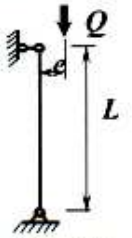
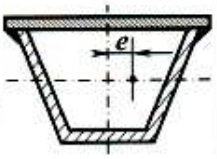
$Q$ = 1200 кН, $L$ = 1,6 м, $e$ = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 18 |  |  |

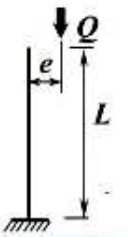
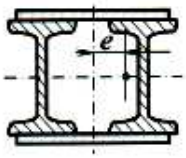
$Q$ =800 кН, $L$ =6,5м, $e$ = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 19 |  |  |

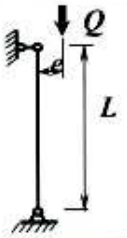
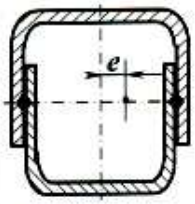
$Q$ =3300кН, $L$ =8,8 м, $e$ =0,03м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 20 |  |  |

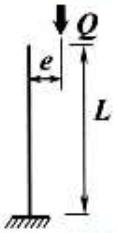
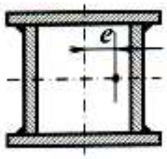
$Q$ = 950 кН, $L$ =1,2 м, $e$ = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 21 |  |  |

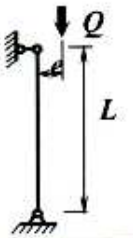
$Q$ =700кН, $L$ =3,0 м, $e$ = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 22 |  |  |

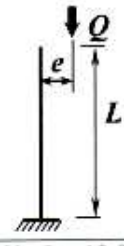
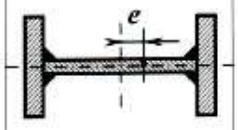
$Q$ =1320 кН, $L$ =6,2м, $e$ = 0,02м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 23 |  |  |

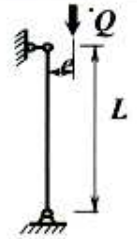
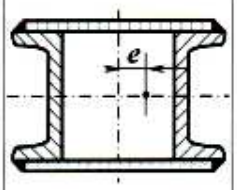
$Q$ =1100кН, $L$ =1,7м, $e$ = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 24 |  |  |

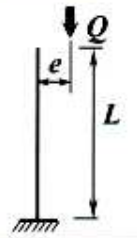
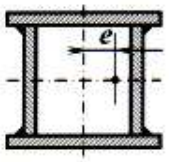
$Q$ =3800 кН, $L$ = 12,0 м, $e$ = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 25 |  |  |

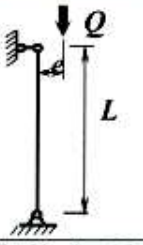
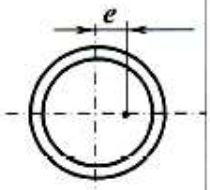
$Q$ = 2400 кН, $L$ = 9,0 м, $e$ = 0,3м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 26 |  |  |

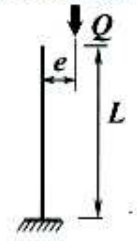
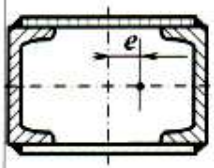
$Q$ =2800кН,$L$ =3,0м, $e$ = 0,05м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 27 |  |  |

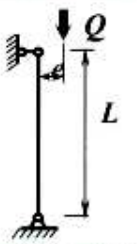
$Q$ = 4000 кН, $L$ = 12,0 м, $e$ = 0,1м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 28 |  |  |

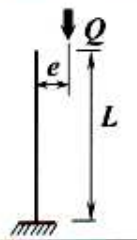
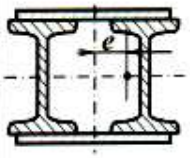
$Q$ =3500кН,$L$ =2,7 м,$e$ = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 29 |  |  |

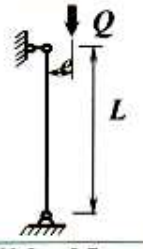
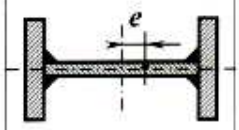
$Q$ =5200 кН, $L$ = 3,8 м, $e$ = 0,1 м ст3

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 30 |  |  |

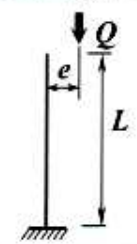
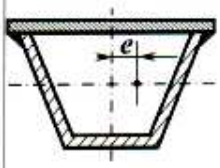
$Q$ =840 кН,$L$ =5,0 м, $e$ = 0,02м 10ХСНД

6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 31 |  |  |

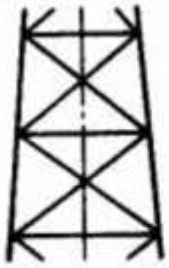
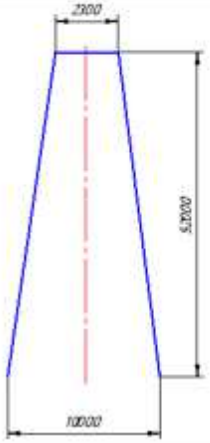
$Q$ =700кН,$L$ = 5,7 м, $e$ = 0,02м Сталь 20

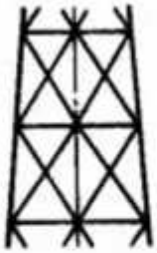
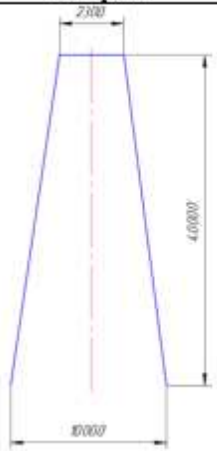
6. Подобрать сечение стержня и проверить его прочность

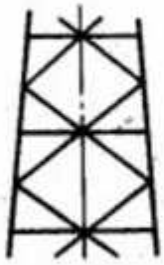
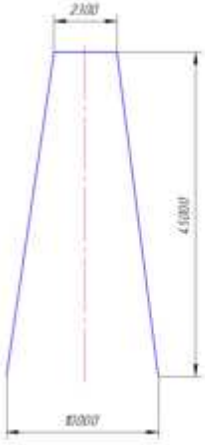
| № | Схема нагружения | Сечение |
|---|---|---|
| 32 |  |  |

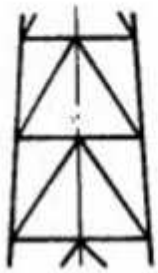
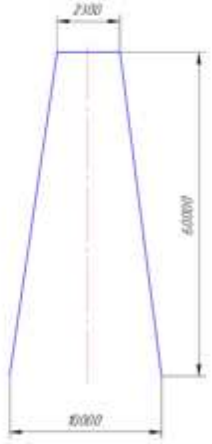
$Q$=15200кН, $L$=12,8 м, $e$=0,1м 15ХСНД

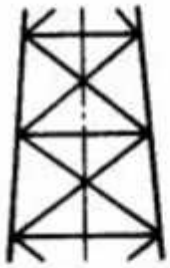
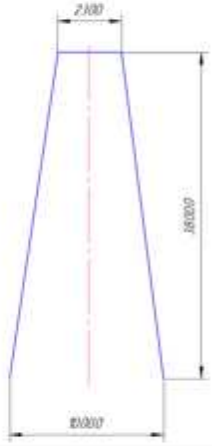
***Контрольная работа № 7 по теме 12***

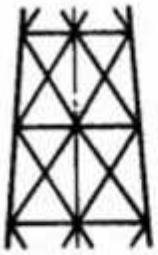
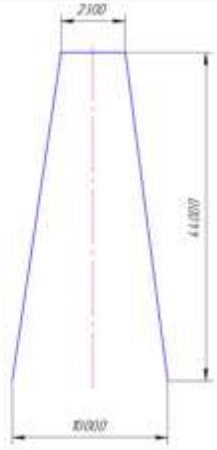
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 1 | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2500кН.<br>Высота вышки 52 м, 7 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

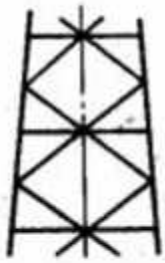
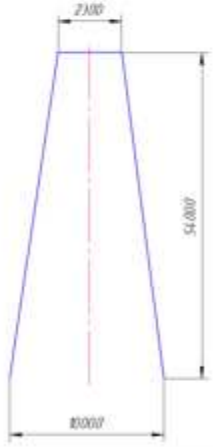
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 2. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3200кН.<br>Высота вышки 40 м, 6 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

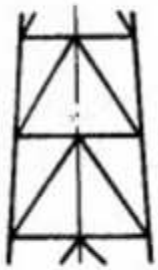
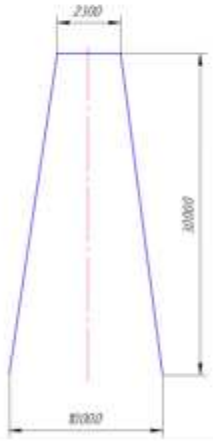
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 3. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2000кН.<br>Высота вышки 45 м, 5 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

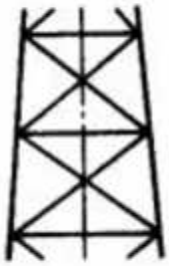
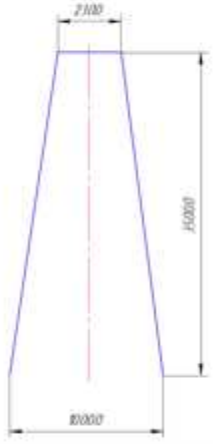
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 4. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2250кН.<br>Высота вышки 60 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

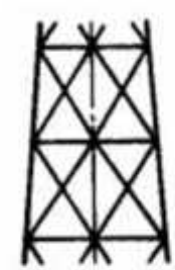
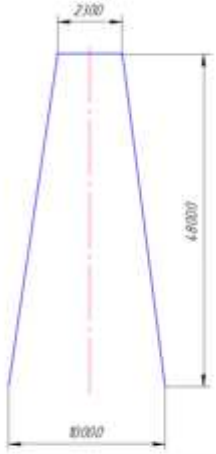
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 5. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2800кН.<br>Высота вышки 38 м, 5 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

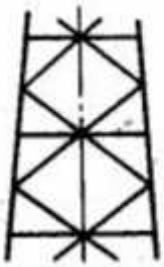
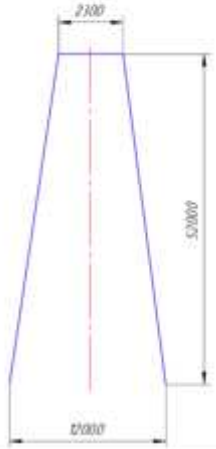
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 6. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 1600кН.<br>Высота вышки 44 м, 6 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

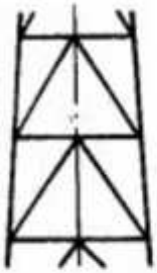
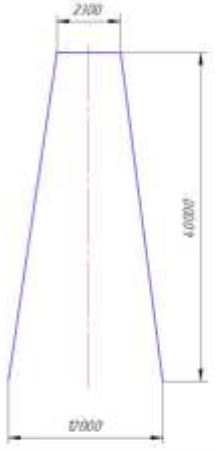
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 7. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 1800кН.<br>Высота вышки 54 м, 7 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

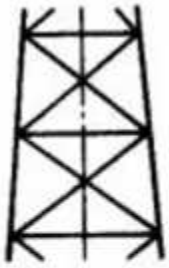
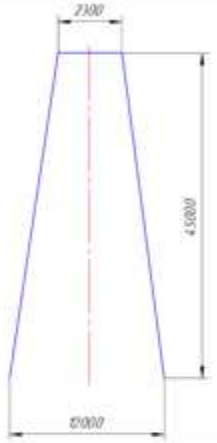
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 8. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2400кН.<br>Высота вышки 30 м, 6 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

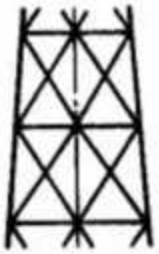
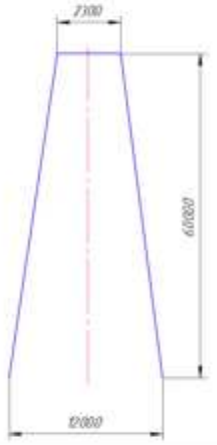
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 9. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3500кН.<br>Высота вышки 35 м, 5 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

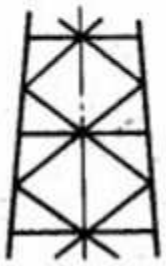
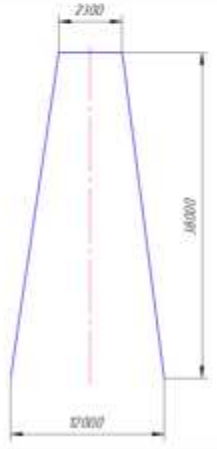
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 10. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2000кН.<br>Высота вышки 48 м, 7 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

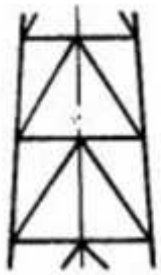
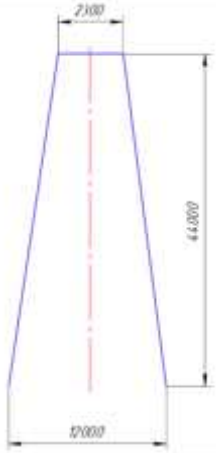
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 11. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3000кН.<br>Высота вышки 52 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

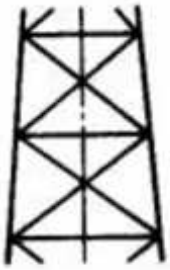
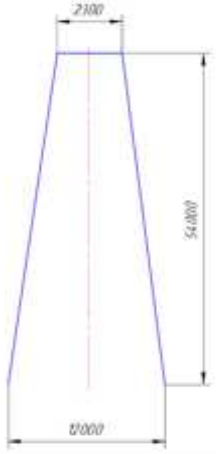
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 12. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2600кН.<br>Высота вышки 40 м, 7 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

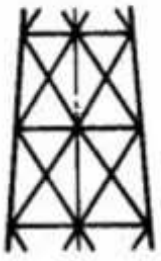
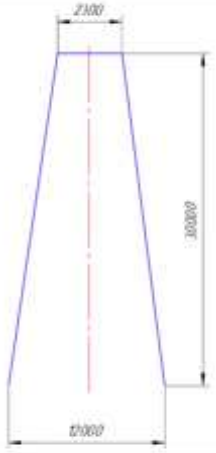
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 13. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3200кН.<br>Высота вышки 45 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

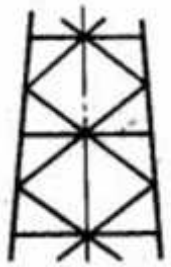
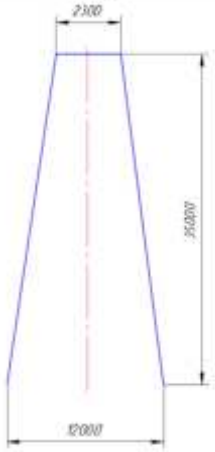
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 14. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2500кН.<br>Высота вышки 60 м, 7 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

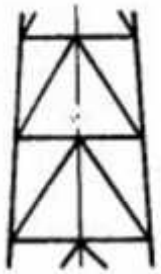
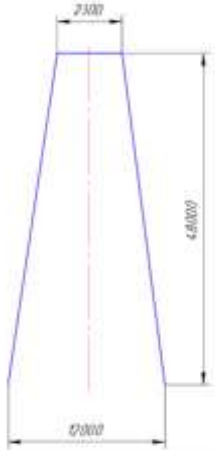
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 15. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 1700кН.<br>Высота вышки 38 м, 6 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

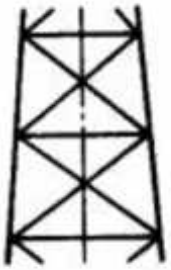
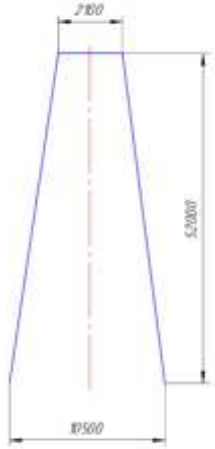
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 16. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2800кН.<br>Высота вышки 44 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

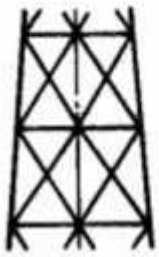
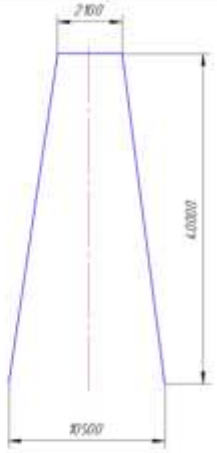
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 17. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3600кН.<br>Высота вышки 54 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

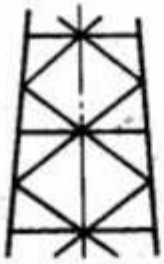
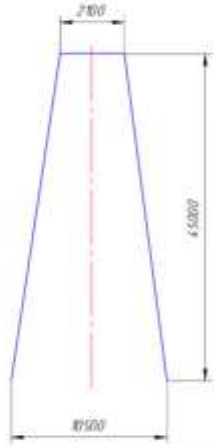
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 18. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 1500кН.<br>Высота вышки 30 м, 5 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

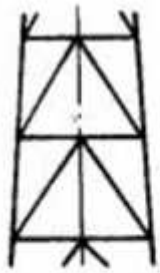
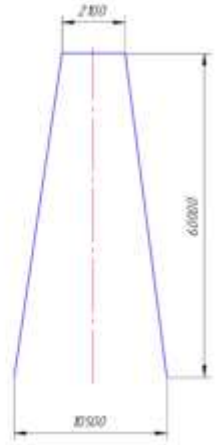
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 19. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2200кН.<br>Высота вышки 35 м, 7 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

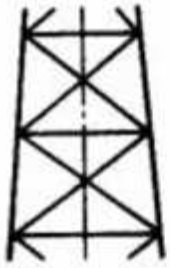
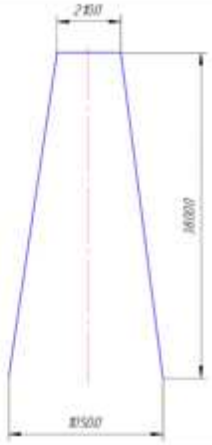
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 20. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3400кН.<br>Высота вышки 48 м, 6 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

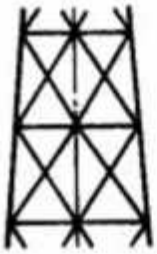
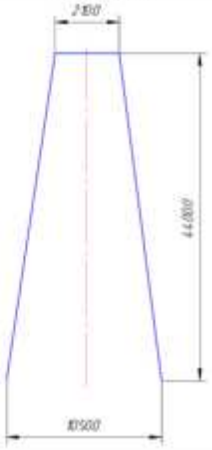
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 21. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 1800кН.<br>Высота вышки 52 м, 6 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

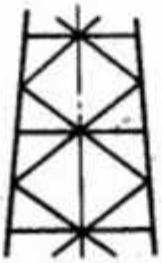
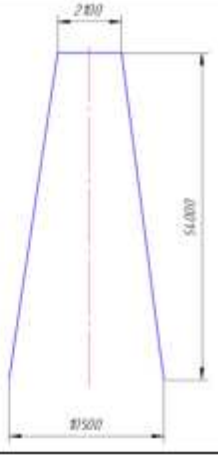
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 22. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3500кН.<br>Высота вышки 40 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

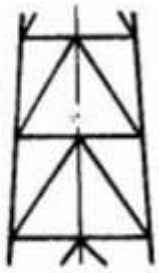
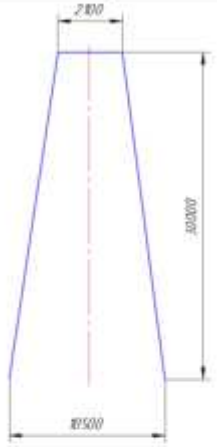
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 23. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 1600кН.<br>Высота вышки 45 м, 5 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

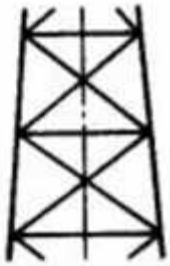
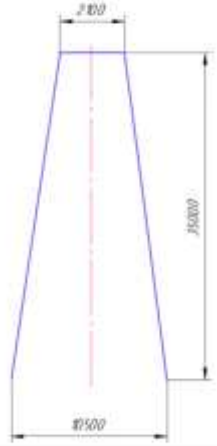
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 24. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2600кН.<br>Высота вышки 60 м, 9 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

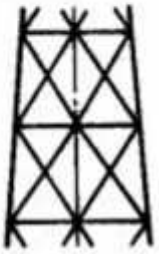
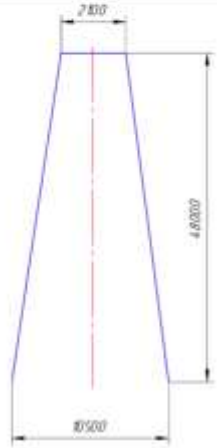
| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 25. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2100кН.<br>Высота вышки 38 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 26. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3300кН.<br>Высота вышки 44 м, 5 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 27. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 1900кН.<br>Высота вышки 54 м, 6 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 28. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2250кН.<br>Высота вышки 30 м, 7 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 29. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 2900кН.<br>Высота вышки 35 м, 5 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

| Вариант | Задание | Решетка | Габариты |
|---|---|---|---|
| 30. | Дать техническое предложение для конструкции башенной буровой вышки. Подобрать сортамент – труба, по расчетному случаю «Максимальная грузоподъемность». Выполнить расчет массы металлоконструкции.<br>*Условия:*<br>Грузоподъемность 3800кН.<br>Высота вышки 48 м, 8 секций по высоте.<br>Схема решетки показана на рисунке.<br>Коэффициент устойчивости не менее 4.<br>Запас по прочности металлоконструкции не менее 2. |  |  |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методической
комиссии
_____ С.Г. Углов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

## Б1.В.06 ПАТЕНТОВЕДЕНИЕ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***
Год набора: ***2022***

Авторы: Комиссаров А.П., д-р техн. наук, профессор

| | |
|---|---|
| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ВВЕДЕНИЕ

Переход России к рыночной экономике, расширение ее торгово-экономических отношений с зарубежными странами все более остро ставят на повестку дня вопросы интеллектуальной собственности, т. е. защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере.

Дисциплина «Патентоведение» подготавливает будущего специалиста к решению задач в области своей профессиональной деятельности на основе знания законодательства об интеллектуальной собственности, основных прав создателей и пользователей объектов интеллектуальной собственности, и способов их защиты.

# 1. ПАТЕНТНОЕ ПРАВО КАК РАЗДЕЛ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ОБ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Среди объектов гражданских прав, т. е. тех материальных и духовных благ, по поводу которых субъекты гражданского права вступают между собой в правовые отношения, ст. 1225 Гражданского кодекса Российской Федерации (далее – Кодекс) называет результаты интеллектуальной деятельности. Одновременно законодатель использует для их обозначения такое собирательное понятие, как интеллектуальная собственность.

Интеллектуальная собственность – результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации юридических лиц, товаров, работ, услуг и предприятий, которым предоставляется правовая охрана.

Понятие «интеллектуальная собственность» является обобщающим по отношению к таким используемым в законодательстве и в юридической литературе понятиям, как «литературная и художественная собственность». Последние обозначают, соответственно, авторское право, действие которого распространяется также на результаты научного творчества («научная собственность»), и патентное право вместе с примыкающим к нему законодательством об охране средств индивидуализации участников гражданского оборота и производимой ими продукции (работ, услуг).

Патентное право регулирует имущественные, а также связанные с ними личные неимущественные отношения, возникающие в связи с созданием и использованием объектов патентных прав (изобретений, полезных моделей и промышленных образцов), охраняемых посредством специальных свидетельств, выдаваемых правительством – патентов.

## 1.1. Патентные права. Двойственный характер патентных прав

На результаты интеллектуальной деятельности признаются интеллектуальные права, которые включают исключительное право, являющееся имущественным правом, а в случаях, предусмотренных ГК РФ, также личные неимущественные права.

Интеллектуальные права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы являются патентными правами.

Автору изобретения, полезной модели или промышленного образца принадлежат следующие права:

– исключительное право;

– право авторства и право автора на имя;

– право на получение патента;

– право на вознаграждение за использование служебного изобретения, полезной модели или промышленного образца.

*Исключительное право* – это право правообладателя (гражданина или юридического лица) использовать результат интеллектуальной деятельности по своему усмотрению любым не противоречащим закону способом. Правообладатель может распоряжаться исключительным правом на результат интеллектуальной деятельности, если Кодексом не предусмотрено иное.

Правообладатель может по своему усмотрению разрешать или запрещать другим лицам использование результата интеллектуальной деятельности. Отсутствие запрета не считается согласием (разрешением).

Исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности действуют в течение определенного срока, за исключением случаев, предусмотренным Кодексом.

*Право авторства* – право признаваться автором результата интеллектуальной деятельности и *право автора на имя* – право использовать результат интеллектуальной деятельности под своим именем.

*Право на получение патента* первоначально принадлежит автору изобретения, полезной модели или промышленного образца. Данное право может перейти к другому лицу (правопреемнику) или быть ему передано, например, по трудовому договору.

*Двойственный характер патентных прав.* В настоящее время практически никто не ставит под сомнение двойственную природу патентных прав. С одной стороны, создателю творческого результата принадлежит право на его использование, которое носит исключительный характер и в принципе может передаваться другим лицам (предоставляется разрешение на использование результата). Данное право относится к числу имущественных прав и по целому ряду признаков действительно сходно с правом собственности. С другой стороны, автор обладает совокупностью личных неимущественных (моральных) прав, таких, как право авторства, право на авторское имя и т. д., которые не могут отчуждаться от их обладателя в силу самой их природы. При этом между имущественными и личными правами не существует непреодолимой грани, напротив, они теснейшим образом взаимосвязаны и переплетены, образуя между собой неразрывное единство.

Обозначение данной совокупности прав термином «интеллектуальная собственность», конечно, является условным и своего рода данью исторической традиции. Сейчас вряд ли кто-либо из тех, кто использует рассматриваемое понятие для обозначения совокупности прав, которыми обладают создатели творческих и иных интеллектуальных достижений и их правопреемники, допускает распространение на них правового режима, применяемого к имуществу. Поэтому те критические стрелы, которые время от времени выпускаются на понятие интеллектуальной собственности, используемое в современном законодательстве и юридической литературе, как правило, летят мимо цели. Как представляется, сама живучесть термина «интеллектуальная собственность», каким бы неточным он ни был при ближайшем рассмотрении, лучше, чем что-либо другое, доказывает удачность данного названия той совокупности исключительных прав на результаты интеллектуальной деятельности, которая возникает у их создателей и правообладателей.

### 1.2. Задачи и принципы патентного права

Основной задачей патентного права является стимулирование творческой деятельности по созданию объектов патентных прав.

В этих целях оно должно способствовать созданию условий для занятия творческим трудом, обеспечивать правовое признание и охрану достигнутых творческих результатов, закрепление за авторами прав на использование созданных ими изобретений, произведений и т. д. С другой стороны, задачей законодательства считается создание условий для широкого использования творческих достижений в интересах общества. Иными словами, повышение уровня охраны прав авторов ни в коем случае не должно препятствовать использованию результатов интеллектуальной деятельности в целях образования и развития экономики страны или служить помехой в стремлении самой широкой аудитории специалистов, читателей, зрителей, слушателей ознакомиться с ними.

В качестве принципов российского патентного права, т. е. отправных идей, которые пронизывают всю систему патентно-правовых норм и служат исходной базой для ее дальнейшего развития и разрешения прямо не урегулированных законом ситуаций, могут быть названы следующие положения. Прежде всего, важнейшим отправным началом патентного права является признание за патентообладателем исключительного права на использование запатентованного объекта. Это положение, являющееся краеугольным камнем патентной системы, означает, что только патентообладатель может изготавливать, применять, ввозить, продавать и иным образом вводить в хозяйственный оборот запатентованную разработку. Напротив, все другие лица должны воздерживаться от ее использования, не санкционированного патентообладателем. Таким образом, патентообладателю принадлежит абсолютное право на разработку, а на всех других лицах лежит пассивная обязанность воздерживаться от нарушения прав патентообладателя. Любое не санкционированное договором или законом вторжение в исключительную

сферу патентообладателя должно пресекаться, а нарушитель подвергаться предусмотренным законом санкциям.

Признание и всемерная охрана патентной монополии не исключают, однако, выполнения патентным правом и функции защиты общественных интересов. Более того, соблюдение разумного баланса интересов патентообладателя, с одной стороны, и интересов общества – с другой, вполне может рассматриваться в качестве второго исходного начала (принципа) патентного права. Одним из конкретных его проявлений служит ограничение действия патента определенным сроком, после истечения которого разработка поступает во всеобщее пользование. Кроме того, условием предоставления патентно-правовой охраны той или иной разработке является внесение разработчиком действительного вклада в уровень техники и тем самым обогащение общественных знаний. В этих целях проводится проверка заявляемых решений, а также создание условий для ознакомления любых заинтересованных лиц с новейшими разработками. Наконец, в общественных интересах закон устанавливает случаи так называемого свободного использования запатентованных разработок. Разовое изготовление лекарств в аптеках по рецептам врача, проведение научного эксперимента и т. д. – эти и некоторые другие изъятия из сферы патентной монополии, продиктованные общественными потребностями, выражают взвешенный баланс интересов патентообладателя и общества.

Следующим принципом патентного права является предоставление охраны лишь тем разработкам, которые в официальном порядке признаны патентоспособными изобретениями, полезными моделями и промышленными образцами. Для получения охраны заинтересованное лицо должно оформит и подать в Патентное ведомство особую заявку, которая рассматривается последним с соблюдением определенной процедуры и в случае соответствия заявленного объекта требованиям закона удовлетворяется. Если заявка на выдачу патента в Патентное ведомство не подавалась, разработка, которая объективно отвечает всем критериям патентоспособности, объектом охраны со стороны патентного права не становится. В этом состоит еще одно существенное различие между патентным и авторским правами. Авторское право охраняет любые творческие произведения, находящиеся в объективной форме. Для предоставления правовой охраны произведению по российскому законодательству не требуется выполнения каких-либо формальностей. Напротив, по патентному праву формальности, связанные с официальным признанием патентоспособности разработки, являются обязательным условием охраны. Это продиктовано целым рядом причин. К ним относятся и объективная повторимость тех решений, которые охраняются патентным правом, и предоставление охраны только тем разработкам, которые обладают новизной, и необходимость раскрытия сущности решения как условие предоставления охраны и т. д. В этой связи большое значение в патентном праве имеет понятие приоритета, которое неизвестно авторскому праву. На государственное признание и охрану своих прав могут претендовать только те заявители, которые первыми подали правильно оформленную заявку на выдачу патента.

Наконец, в качестве принципа патентного права может рассматриваться положение, согласно которому законом признаются и охраняются права и интересы не только патентодателей, но и действительных создателей изобретений, полезных моделей и промышленных образцов. Данный принцип находит отражение во многих нормах патентного права. Прежде всего, именно действительным разработчикам предоставляется возможность получить патент и стать патентообладателями. Если в соответствии с законом право на получение патента имеет иное лицо, например, работодатель, закон гарантирует получение разработчиками вознаграждения, соразмерного выгоде, которая получена или могла бы быть получена работодателем при надлежащем использовании разработки. При подаче заявки на выдачу патента лицом, которое не является разработчиком, это лицо должно представить доказательства, подтверждающие его право на подачу заявки. За разработчиками во всех случаях признаются личные неимущественные права на созданный ими объект, которые являются бессрочными и непередаваемыми.

Названные выше принципы определяют конкретное содержание основных норм патентного права, являются его исходными началами и служат предпосылками его дальнейшего развития. Знание этих принципов помогает лучше понять содержание конкретных патентно-правовых норм, способствует их правильному применению на практике и дает определенные ориентиры для разрешения тех жизненных ситуаций, которые прямо не урегулированы действующим законодательством.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ПАТЕНТНЫХ ПРАВ

Объектами патентных прав являются результаты интеллектуальной деятельности в научно-технической сфере, отвечающие установленным требованиям, и результаты интеллектуальной деятельности в сфере художественного конструирования, отвечающие требованиям к промышленным образцам.

Не могут быть объектами патентных прав:

– способы клонирования человека;

– решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали.

### 2.1. Понятие изобретения и условия патентоспособности заявляемого технического решения

В качестве изобретения охраняется техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств).

Любое решение задачи, заявляемое в качестве изобретения, должно подпадать под один из названных объектов. Это позволяет, во-первых, отграничивать технические решения от нетехнических и, во-вторых, обеспечивает объективную возможность контроля за использованием охраняемых законом изобретений. Чет-

кое разграничение объектов изобретений имеет важное правовое значение, поскольку вид объекта определяет объем прав патентообладателя, влияет на содержание описания изобретения, специфику контрафактных действий и т. п.

К устройствам как объектам изобретения относятся конструкции и изделия. Под устройством понимается система расположенных в пространстве элементов, определенным образом взаимодействующих друг с другом. Для характеристики устройств используются конструктивные средства – наличие конструктивных элементов, наличие связи между элементами, их взаимное расположение, форма выполнения элементов или устройства в целом, параметры и другие характеристики элементов, материал, из которого выполнены элементы или устройство в целом, и т. п. К устройствам как объектам изобретений относятся всевозможные конструкции и изделия – машины, приборы, механизмы, инструменты, транспортные средства, оборудование, сооружения и т. д. По сравнению с другими видами технических решений изобретения-устройства обеспечивают наиболее действенный контроль за их фактическим использованием, что и определяет их относительную распространенность.

Вещество представляет собой искусственно созданное материальное образование, являющееся совокупностью взаимосвязанных элементов.

К способам как объектам изобретения относятся процессы выполнения действий над материальным объектом с помощью материальных объектов. Способ – это совокупность приемов, выполняемых в определенной последовательности или с соблюдением определенных правил. Как объект изобретения способ характеризуется технологическими средствами – наличием определенного действия или совокупности действий, порядком выполнения таких действий (последовательно, одновременно, в различных сочетаниях и т. п.), условиями осуществления действий, режимом использования веществ (исходного сырья, реагентов, катализаторов и т. д.), устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и т. д.), штаммов микроорганизмов и т. д.

Способы как процессы выполнения действий над материальными объектами обычно подразделяются на: способы, направленные на изготовление продуктов (изделий, веществ и т. д.); способы, направленные на изменение состояния предметов материального мира без получения конкретных продуктов (транспортировка, обработка, регулирование и т. д.); способы, в результате которых определяется состояние предметов материального мира (контроль, измерение, диагностика и т. д.). Специфика изобретений-способов, направленных на изготовление продуктов, заключается в том, что действие патента, выданного на такой способ, распространяется и на продукт, изготовленный непосредственно этим способом. Что касается способов третьей группы, то с принятием нового закона патенты стали выдаваться также на способы профилактики, диагностики и лечения заболеваний, которые ранее охранялись только авторскими свидетельствами.

Наряду с объектами изобретений в законе содержится перечень творческих результатов, которые не признаются патентоспособными изобретениями. К ним относятся:

– открытия;

– научные теории и математические методы;

– решения, касающиеся только внешнего вида изделий и направленные на удовлетворение эстетических потребностей;

– правила и методы игр, интеллектуальной или хозяйственной деятельности;

– программы для электронных вычислительных машин;

– решения, заключающиеся только в представлении информации;

– сорта растений, породы животных и биологические способы их получения, за исключением микробиологических способов и продуктов, полученных такими способами;

– топологии интегральных микросхем;

– решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали.

В соответствии со статьей 1350 ГК РФ «изобретению предоставляется правовая охрана, если оно является новым, имеет изобретательский уровень и промышленно применимо». Подобный подход заслуживает поддержки как согласующийся с мировой патентной практикой, которая, как правило, акцентирует внимание не на любых признаках объекта охраны, а лишь на тех, наличие которых необходимо для предоставления охраны.

*Новизна изобретения как первое и непременное условие его патентоспособности* всегда была характерным признаком изобретений как в России, так и за рубежом. Так, в соответствии с п. 21 Положения об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях 1973 г., решение признавалось новым, если до даты приоритета заявки сущность этого или тождественного решения не была раскрыта для неопределенного круга лиц настолько, что стало возможным его осуществление. В советской юридической литературе давно и справедливо обращалось внимание на то, что такое определение новизны являлось недостаточно четким и порождало бесконечные споры в отношении правомерности противопоставления, заявке неопубликованных материалов, носящих служебный характер (отчеты о научно-исследовательских работах, конструкторская и проектная документация и т. д.), а также сведений об открытом применении изобретений.

В новом законе новизна определяется как неизвестность изобретения из сведений об уровне техники. Далее раскрывается само понятие «уровень техники»: сведения об уровне техники включают в себя любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты приоритета изобретения. Данная формулировка позволяет акцентировать внимание на четырех моментах. Во-первых, при исследовании новизны заявленного решения используются лишь общедоступные сведения. Под ними понимаются сведения, содержащиеся в источнике, с которым любое лицо имело возможность ознакомиться само либо о содержании которого могло быть ему законным образом сообщено. Всякого рода служебная, закрытая, секретная и т. п. информация во внимание не принимается. Это, пожалуй, главное изменение в понимании новизны, которое произошло с принятием нового закона. Во-вторых, в уровень техники включаются любые сведения, раскрывающие сущность изобретения, независимо от того, в какой форме (устной, письменной, офи-

циальной, неофициальной и т. д.) они стали доступными публике. В-третьих, речь идет о сведениях, ставших общедоступными не только в России, но и в зарубежных странах. Иными словами, новизна изобретения должна носить абсолютный мировой характер. В-четвертых, при определении новизны могут использоваться только те сведения, которые стали общедоступными до даты приоритета изобретения. Сведения, раскрывающие сущность изобретения, которые появились после этой даты, во внимание не принимаются.

При определении уровня техники используются удовлетворяющие условию общедоступности сведения, представленные, в частности, в следующих источниках информации:

– опубликованные описания к охранным документам, опубликованные заявки на изобретения – с даты публикации;

– российские издания – с даты подписания в печать;

– иные издания – с даты выпуска в свет, а при отсутствии возможности ее установления – с последнего дня месяца или с 31 декабря указанного в издании года, если время выпуска в свет определено соответственно лишь месяцами и (или) годами;

– депонированные рукописи статей, обзоров, монографий и других материалов – с даты депонирования;

– отчеты о научно-исследовательских работах, пояснительные записки к опытно-конструкторским работам и другая конструкторская, технологическая и проектная документация, находящаяся в органах научно-технической информации, – с даты поступления в эти органы;

– нормативно-техническая документация (ГОСТ, ТУ и т. д.) – с даты регистрации ее в уполномоченных на то органах;

– материалы диссертаций и авторефераты диссертаций, изданные на правах рукописи, – с даты поступления в библиотеку;

– принятые на конкурс работы – с даты выкладки их для ознакомления, подтвержденной документами, относящимися к проведению конкурса;

– визуально воспринимаемые источники информации (плакаты, проспекты, чертежи, схемы, фотоснимки, модели, изделия и т. п.) – с даты, когда стало возможным их обозрение при наличии подтверждения официальными документами;

– экспонаты, помещенные на выставке, – с даты начала их показа, подтвержденной официальным документом;

– устные доклады, лекции, выступления – с даты, когда был сделан доклад, прочитана лекция, состоялось выступление, если они зафиксированы аппаратами звукозаписи или стенографически в порядке, установленном действовавшими на указанную дату правилами проведения соответствующих мероприятий;

– сообщения посредством радио, телевидении, кино и т. п. – с даты такого сообщения, если оно зафиксировано на соответствующем носителе информации в установленном порядке, действовавшем на указанную дату;

– сведения о техническом средстве, ставшие известными в результате его использования в производственном процессе, в изготовляемой или эксплуатируемой продукции, в том числе в опытном образце, переданном в эксплуатацию, ли-

бо иного введения в хозяйственный оборот, – с даты, указанной в официальном документе, подтверждающем общедоступный характер таких сведений.

Как видим, при проведении патентной экспертизы заявке могут быть противопоставлены либо такие сведения об изобретении, которые почерпнуты из открыто опубликованных источников, либо сведения об открытом применении изобретения. Из этого правила есть, однако, исключение, прямо указанное в законе. При исследовании новизны изобретения в сведения об уровне техники входят также ранее поданные неопубликованные заявки на изобретения и полезные модели других авторов, а также запатентованные в РФ изобретения и полезные модели (с даты их приоритета). Совершенно очевидно, что эти заявки не могут относиться к общедоступным сведениям. Однако едва ли нужно доказывать необходимость их учета при исследовании новизны изобретения. Патентное право не допускает выдачи двух патентов на тождественные изобретения, патент выдается лишь по заявке, обладающей приоритетом. Поэтому закон подчеркивает, что сведения о ранее поданных заявках и запатентованных объектах учитываются, но исключительно при определении новизны изобретения. При оценке изобретательского уровня они во внимание не принимаются.

Новизна изобретения устанавливается по отношению к уровню техники, который определяется на дату приоритета изобретения. По общему правилу приоритет изобретения устанавливается по дате поступления в Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ) заявки, содержащей заявление о выдаче патента, описание, формулу и чертежи, если в описании на них имеется ссылка.

Определение новизны изобретения производится путем сравнения совокупности его существенных признаков с признаками, известными из уровня техники объектов того же назначения. Иными словами, при анализе уровня техники во время проверки новизны заявленного изобретения выявляются аналоги изобретения. Сравнение производится с каждым из аналогов в отдельности. При определении новизны изобретения не допускается приведение нескольких источников информации для доказательства известности совокупности признаков изобретения.

Раскрытие информации, относящейся к изобретению, автором изобретения, заявителей или любым лицом, получившим от них прямо или косвенно эту информацию, в результате чего сведения о сущности изобретения стали общедоступными, не является обстоятельством, препятствующим признанию патентоспособности изобретения, при условии, что заявка на выдачу патента на изобретение подана в Федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности в течение шести месяцев со дня раскрытия информации. Бремя доказывания того, что обстоятельства, в силу которых раскрытие информации не препятствует признанию патентоспособности изобретения, имели место, лежит на заявителе.

*Вторым критерием патентоспособности изобретения* является изобретательский уровень. Он заменил собой признак «существенные отличия», которым оперировало ранее действовавшее в СССР законодательство. Как пред-

ставляется, указанные понятия, в сущности, выражают, хотя и в разных формах, одно и то же требование к изобретению, а именно служат показателем его качественного уровня сложности решаемой им задачи. Не случайно именно по признаку наличия или отсутствия существенных отличий в техническом решений многие годы в советском праве проводилось основное разграничение между изобретениями и рационализаторскими предложениями. Заметим попутно, что эту роль при разграничении изобретений и полезных моделей выполняет ныне признак «изобретательский уровень».

Необходимость особого критерия, позволяющего признавать патентоспособными изобретениями лишь такие разработки, которые вносят вклад в научный и технический прогресс, почти никем из специалистов не ставится под сомнение. На первый взгляд, эту функцию может выполнять признак новизны, который обычно выражает творческое начало. Однако совершенно очевидно, что далеко не всякое решение, которое с полным основанием должно быть признано новым, можно считать и вносящим вклад в уровень техники. Например, обладая некими доступными знаниями в той или иной области техники, любой средний специалист легко может составить большое количество комбинаций известных средств, каждая из которых будет новой, но едва ли в большинстве случаев это будет означать выход за уже известное науке и технике. Поэтому в патентных законах подавляющего большинства стран присутствует, хотя и под разными названиями (изобретательский уровень, неочевидность, изобретательская деятельность, изобретательский шаг (существенные отличия) критерий, с помощью которого охраноспособное изобретение отграничивается от обычных инженерных разработок или объектов, к которым не предъявляются подобные требования.

Проверка изобретательского уровня проводится в отношении изобретения, охарактеризованного в независимом пункте формулы, и включает:

– определение наиболее близкого аналога;

– выявление признаков, которыми отличается заявленное изобретение от наиболее близкого аналога;

– выявление из уровня техники решений, имеющих признаки, совпадающие с отличительными признаками рассматриваемого изобретения.

Изобретение признается соответствующим условию изобретательского уровня, если не выявлены решения, имеющие признаки, совпадающие с его отличительными признаками, или такие решения выявлены, но не подтверждена известность влияния отличительных признаков на указанный заявителем технический результат. Важно подчеркнуть, что известность влияния отличительных признаков заявленного изобретения на технический результат может быть подтверждена как одним, так и несколькими источниками информации.

При этом принимаются во внимание только общедоступные сведения. Поданные неотозванные заявки на изобретения и полезные модели, а также запатентованные в России изобретения и полезные модели, если сведения о них не опубликованы, в уровень техники при исследовании изобретательского уровня не включаются.

Завершая рассмотрение критерия «изобретательский уровень», следует отметить, что в российском законодательстве, как и в законодательстве ряда других стран, использующих аналогичный критерий патентоспособности, закреплен примерный перечень (свод) негативных и позитивных правил определения изобретательского уровня. Так, согласно Правил составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на изобретение, не соответствуют условию изобретательского уровня решения, предписывающие, в частности, следующие преобразования:

– дополнение известного средства какой-либо известной частью (частями), присоединяемой к нему по известным правилам, для достижения технического результата, в отношении которого установлено влияние именно таких дополнений;

– исключение какой-либо части средства (элемента, действия) с одновременным исключением обусловленной ее наличием функции и достижением при этом обычного для такого исключения результата (упрощение, уменьшение массы, габаритов, материалоемкости и т. п.);

– увеличение количества однотипных элементов, действий для усиления технического результата, обусловленного наличием в средстве именно таких элементов, действий и т. д.

Напротив, требованию изобретательского уровня соответствуют, в частности:

– способ получения нового индивидуального соединения с установленной структурой, основанный на новой для данного класса или группы соединений реакции;

– композиция, состоящая, по крайней мере, из двух известных ингредиентов, обеспечивающая синергетический эффект, и т. д.

Изобретение не рассматривается как не соответствующее изобретательскому уровню из-за его кажущейся простоты и раскрытия в материалах заявки механизма достижения творческого результата, если такое раскрытие стало известно не из уровня техники, а только из материалов заявки.

*Третьим критерием патентоспособности изобретения* является промышленная применимость.

Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности. В ранее действовавшем законодательстве признак под таким названием отсутствовал, однако подобное требование к изобретениям выводилось из понятия «техническое решение задачи». Основная роль требования промышленной применимости заключается в проверке возможности реализации заявленного решения в виде конкретного материального средства, а также в выяснении того, действительно ли с помощью данного изобретения достигается декларированный заявителем результат. При этом следует подчеркнуть, что в понятие промышленной применимости не включается требование положительного эффекта в том его смысле, какой в него вкладывался прежним советским изобретательским правом. Промышленная применимость означает лишь принципиаль-

ную возможность использования изобретения в одной из отраслей деятельности, однако отнюдь не свидетельствует о преимуществах и достоинствах заявляемого изобретения перед известными решениями. С позиции современного российского патентного законодательства полезность и нужность изобретения должны оцениваться не на стадии проведения экспертизы, а в практической деятельности и в условиях рыночной конъюнктуры. Не входит в понятие «промышленная применимость» и требование технической прогрессивности заявленного решения, которое российским законодательством к изобретениям не предъявляется.

Оценка соответствия заявленного изобретения требованию промышленной применимости включает проверку выполнения следующей совокупности условий:

– средство, воплощающее заявленное изобретение при его осуществлении, предназначено для использования в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении, других отраслях деятельности;

– для заявленного изобретения в том виде, как оно охарактеризовано в независимом пункте принятой к рассмотрению формулы изобретения, подтверждена возможность его осуществления с помощью описанных в заявке или известных до даты приоритета средств и методов;

– средство, воплощающее заявленное изобретение при его осуществлении, способно обеспечить достижение усматриваемого заявителем технического результата.

Не является основанием для вывода о несоответствии заявленного изобретения требованию промышленной применимости несоблюдение какого-либо из этих условий для частных форм выполнения изобретения, охарактеризованных в зависимых пунктах формулы изобретения.

## 2.2. Понятие полезной модели и условие патентоспособности заявляемого технического решения

В качестве полезной модели охраняются новые и промышленно применимые решения, относящиеся к устройству, т. е. конструктивному выполнению средств производства и предметов потребления, а также их составных частей. Полезная модель – новый для российского патентного права объект, практика охраны которого пока лишь начинает складываться. В этой связи для уяснения основных его признаков может оказаться полезным сравнительный анализ соответствующих положений российского патентного закона с законодательством о полезных моделях тех стран, которые имеют богатый опыт охраны данного объекта интеллектуальной собственности (ФРГ, Испания, Италия, Япония и др.).

Как известно, понятием «полезная модель» обычно охватываются такие технические новшества, которые по своим внешним признакам очень напоминают патентоспособные изобретения, однако являются менее значительными с точки зрения их вклада в уровень техники. Законодательство тех стран, которые предусматривают особую охрану подобных объектов, устанавливает, как правило, более упрощенный порядок выдачи на них охранных документов (иногда име-

нуемых малыми патентами), сокращенный срок их действия, менее значительные пошлины и т. п. Что касается круга охраняемых в качестве полезных моделей объектов, то в мировой практике наметились два подхода. В одних странах, в частности в Японии, понятие полезной модели толкуется расширительно и охватывает собой практически тот же перечень объектов, которые могут быть признаны изобретениями, то есть устройства, способы, вещества и т. п. В других странах, в частности в ФРГ, понятием «полезная модель» охватываются лишь объекты, имеющие пространственную структуру.

Закон РФ, как видно из содержащегося в нем определения, исходит из узкого понятия полезной модели. Это обусловлено рядом причин. Во-первых, такая практика существует в большинстве государств, охраняющих полезные модели. Во-вторых, подобный подход позволяет обеспечить охрану абсолютного большинства создаваемых решений, поскольку на долю конструктивных средств, если судить по статистике изобретений, приходится максимум заявок. В-третьих, распространение понятия «полезная модель» на такие объекты, как способ и вещество, делало бы сомнительным применение термина «модель» в семантическом смысле, а его изменение на другой, например «малое изобретение», порождало бы проблему появления объекта патентной охраны, отсутствующего в международном патентном праве. В-четвертых, одним из соображений сокращения круга объектов, охраняемых в качестве полезных моделей, было, безусловно, и стремление хотя бы на первых порах позаботиться об ограничении объема экспертной работы.

Таким образом, обязательным признаком полезной модели по российскому законодательству является то, что решение задачи заключается в пространственном расположении материальных объектов. В качестве полезных моделей не охраняются решения, относящиеся к способам, веществам, штаммам микроорганизмов, культур клеток растений и животных, а также к их применению по новому назначению. Кроме того, полезными моделями не признаются проекты и схемы планировки сооружений, зданий, территорий; предложения, касающиеся лишь внешнего вида изделий, направленные на удовлетворение эстетических потребностей; предложения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали, а также некоторые другие объекты, которые вообще не подпадают под понятие технических решений.

Полезная модель, как и изобретение, является техническим решением задачи. Их основные различия заключаются в двух моментах. Во-первых, в качестве полезных моделей охраняются не любые технические решения, а лишь те, которые относятся к типу устройств, то есть конструкторскому выполнению средств производства и предметов потребления. Во-вторых, к полезным моделям не предъявляется требований изобретательского уровня. Это, однако, не означает, что полезной моделью может быть признано очевидное для любого специалиста решение задачи. Полезная модель, так же, как изобретение и другие объекты интеллектуальной собственности, должна быть результатом самостоятельного изобретательского творчества. Но степень этого творчества может быть меньшей, чем это требуется для признания решения изобретением. Кроме того, наличие

изобретательского творчества не проверяется при выдаче охранного документа на полезную модель.

Для признания решения полезной моделью оно должно обладать новизной и промышленной применимостью (условия патентоспособности).

Полезная модель является новой, если совокупность ее существенных признаков неизвестна из уровня техники. К существенным относятся все те признаки полезной модели, которые влияют на достигаемый результат, то есть находятся в причинно-следственной связи с указанным результатом. Если совокупность существенных признаков, достаточных для достижения обеспечиваемого полезной моделью технического результата, не является общеизвестной, полезная модель признается новой.

Как и в отношении изобретений, новизна полезной модели устанавливается через уровень техники, то есть совокупность общедоступных в мире сведений. Однако сам этот уровень техники определяется не совсем одинаково. Если применительно к изобретениям в него включаются любые сведения, ставшие общедоступными до даты приоритета, то в отношении полезных моделей в уровень техники не входят сведения об открытом применении за пределами России средств, тождественных заявляемой полезной модели. Иными словами, к полезным моделям предъявляется требование не абсолютной, а относительной мировой новизны. Сведения об открытом применении тождественного технического средства за рубежом новизну полезной модели не порочат. Что касается опубликованных в мире сведений о средствах того же назначения, что и заявляемая полезная модель, то они должны быть общедоступными. Секретные, закрытые, служебные и т. п. сведения, с которыми не могло ознакомиться любое заинтересованное лицо, публикацией, порочащей новизну, не признаются.

Помимо общедоступных сведений в уровень техники по прямому указанию закона включаются при условии их более раннего приоритета все поданные в Российской Федерации другими лицами заявки на изобретения и полезные модели (кроме отозванных), а также запатентованные в Российской Федерации изобретения и полезные модели. Хотя указанные заявки до их публикации не относятся к общедоступным сведениям, они в обязательном порядке принимаются во внимание с целью недопущения выдачи двух или более охранных документов на тождественные объекты.

Новизна полезной модели устанавливается на дату приоритета, который определяется по тем же правилам, что и приоритет изобретения. В равной степени к полезным моделям применяются правила о конвенционном приоритете, об определении приоритета по выделенной заявке, по дате подачи дополнительных материалов и по более ранней отозванной заявке. Кроме того, в случае если заявитель воспользовался своим правом на преобразование заявки на полезную модель в заявку на изобретение, сохраняет силу приоритет первой заявки.

Наконец, не признается обстоятельством, влияющим на новизну полезной модели, публичное раскрытие информации, относящейся к полезной модели, ее заявителем, автором или любым лицом, получившим от них прямо или косвенно

эту информацию, если заявка на полезную модель подана не позднее шести месяцев с даты раскрытия (льгота по новизне).

Полезная модель является промышленно применимой, если она может быть практически использована в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности. Указанный критерий по отношению к полезным моделям имеет точно такое же значение, как и по отношению к изобретениям. Он свидетельствует о том, что заявленное решение является осуществимым и заявителем разработаны и отражены в заявке конкретные средства, достаточные для его воплощения в жизнь. Ни сфера использования полезной модели, ни положительный эффект, который дает внедрение полезной модели, ни масштабы использования юридического значения для предоставления охраны заявленному решению не имеют. Однако промышленная применимость подразумевает возможность неоднократного использования полезной модели. Если предложенное решение, несмотря на его принадлежность к типу устройств и новизну, рассчитано на какие-либо уникальные условия и объективно не может быть воспроизведено, оно не считается промышленно применимым.

Не предоставляется правовая охрана в качестве полезной модели:

– решениям, касающимся только внешнего вида изделий и направленным на удовлетворение эстетических потребностей;

– топологиям интегральных микросхем.

## 2.3. Понятие промышленного образца и условия патентоспособности заявляемого художественно-конструкторского решения

Промышленным образцом является художественно-конструкторское решение изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства, определяющее его внешний вид. Как и изобретение, промышленный образец представляет собой нематериальное благо, результат творческой умственной деятельности, который может быть воплощен в конкретных материальных объектах. Однако если изобретение является техническим решением задачи, то промышленным образцом признается решение внешнего вида изделия. Хотя в законе и дополняющих его актах это понятие более детально не раскрывается, его анализ позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, промышленным образцом является решение задачи, содержащее указание конкретных средств и путей реализации творческого замысла дизайнера. Если задача лишь поставлена, но фактически не решена, промышленный образец как самостоятельный объект еще не создан. Во-вторых, задача, решаемая с помощью промышленного образца, состоит в определении внешнего вида изделия. Под изделиями в данном случае понимаются самые разнообразные предметы, предназначенные для удовлетворения человеческих потребностей, которые могут восприниматься визуально и способны сохранять свой внешний вид. Внешний вид изделия может включать разные признаки, но, в конечном счете, он определяется выразительностью и взаимным расположением основных композиционных элементов, формой и цветовым исполнением. В-третьих, решение внешнего вида изделия должно носить художественно-

конструктивный характер. Иными словами, во внешнем виде изделия должны сочетаться художественные и конструкторские элементы. Использование одних лишь художественных средств, например, изменение цвета изделия, равно как и одних конструкторских средств, например, изменение размера изделия, для промышленного образца недостаточно. Художественные и конструкторские элементы должны гармонично сочетаться и взаимно дополнять друг друга.

Итак, промышленным образцом в широком смысле является любое художественно-конструкторское решение изделия, определяющее его внешний вид. В этом смысле промышленными образцами могут считаться решения внешнего вида любых новых изделий, выпускаемых промышленно, которые в своей подавляющей массе нигде не регистрируются и никак не охраняются.

Промышленному образцу предоставляется правовая охрана, если по своим существенным признакам он является новым и оригинальным.

К существенным признакам промышленного образца относятся признаки, определяющие эстетические и (или) эргономические особенности внешнего вида изделия, в частности форма, конфигурация, орнамент и сочетание цветов.

Промышленный образец является новым, если совокупность его существенных признаков, нашедших отражение на изображениях изделия и приведенных в перечне существенных признаков промышленного образца (пункт 2 статьи 1377), не известна из сведений, ставших общедоступными в мире до даты приоритета промышленного образца.

При установлении новизны промышленного образца также учитываются при условии их более раннего приоритета все поданные в Российской Федерации другими лицами заявки на промышленные образцы, с документами которых вправе ознакомиться любое лицо в соответствии с пунктом 2 статьи 1394 настоящего Кодекса, и запатентованные в Российской Федерации промышленные образцы.

Промышленный образец является оригинальным, если его существенные признаки обусловлены творческим характером особенностей изделия.

Как видим, правовая охрана предоставляется лишь тем промышленным образцам, которые обладают абсолютной мировой новизной. По сравнению с ранее действовавшим законодательством, содержавшим указание на неизвестность промышленного образца для определенного круга лиц, ныне в законе подчеркивается, что при исследовании новизны во внимание могут приниматься лишь общедоступные в мире сведения. Круг сведений, которые могут быть противопоставлены заявке на промышленный образец, аналогичен сведениям, учитываемым при исследовании новизны изобретения. В частности, во внимание принимаются опубликованные описания к охранным документам, опубликованные заявки на промышленные образцы – с даты приоритета, российские издания – с даты выпуска в свет и т. д.

Раскрытие информации, относящейся к промышленному образцу, автором промышленного образца, заявителем или любым лицом, получившим от них прямо или косвенно эту информацию, в результате чего сведения о сущности промышленного образца стали общедоступными, не является обстоятельством, пре-

пятствующим признанию патентоспособности промышленного образца, при условии, что заявка на выдачу патента на промышленный образец подана в федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности в течение шести месяцев со дня раскрытия информации. Бремя доказывания того, что обстоятельства, в силу которых раскрытие информации не препятствует признанию патентоспособности промышленного образца, имели место, лежит на заявителе.

Признак оригинальности выполняет применительно к промышленным образцам примерно ту же роль, которую играет относительно изобретений критерий изобретательского уровня. С его помощью охраноспособные промышленные образцы как творческие художественно-конструкторские решения отграничиваются от результатов обычной дизайнерской работы. Правовой охране подлежат лишь те решения, которые, выходя за рамки обычного проектирования, воспринимаются как неожиданные, несхожие с известными художественно- конструкторскими разработками.

Проверка оригинальности промышленного образца включает, во-первых, определение наиболее близкого аналога; во-вторых, выявление существенных признаков, которые отличают заявленный промышленный образец от наиболее близкого аналога, и, в-третьих, выявление из сведений, ставших общедоступными в мире до даты приоритета, художественно-конструкторских решений, имеющих признаки, совпадающие с отличительными признаками рассматриваемого промышленного образца.

Промышленный образец признается промышленно применимым, если он может быть многократно воспроизведен путем изготовления соответствующего изделия. Именно возможность воспроизведения, т. е. возможность изготовления копий изделия такого же внешнего вида, делает актуальной патентно-правовую форму охраны оригинального художественно-конструкторского решения. Если решение внешнего вида изделия практически не воспроизводимо, например, когда речь идет о ручной высокохудожественной работе, то необходимость в его патентной охране, как правило, отсутствует. В этом случае права создателя творческого результата в достаточной мере охраняются нормами авторского права.

Не предоставляется правовая охрана в качестве промышленного образца:

– решениям, обусловленным исключительно технической функцией изделия;

– объектам архитектуры (кроме малых архитектурных форм), промышленным, гидротехническим и другим стационарным сооружениям;

– объектам неустойчивой формы из жидких, газообразных, сыпучих или им подобных веществ.

## 3. СУБЪЕКТЫ ПАТЕНТНОГО ПРАВА

В отношениях, связанных с созданием, регистрацией и использованием изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, участвует большое число субъектов, представленных как гражданами, так и юридическими лицами.

К их числу относятся создатели творческих решений, патентообладатели, их правопреемники, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ), патентные поверенные и некоторые другие лица, наделенные соответствующими правами и обязанностями в рассматриваемой сфере.

Одной из центральных фигур является автор технического и художественно-конструкторского решения. В соответствии с законодательством, автором изобретения, полезной модели или промышленного образца признается гражданин, творческим трудом которого создан соответствующий результат интеллектуальной деятельности. Для признания лица автором соответствующего решения не имеет значения ни его возраст, ни состояние его дееспособности. Несовершеннолетние в возрасте от 14 до 18 лет не только приобретают, но и самостоятельно осуществляют принадлежащие им права, вытекающие из факта создания разработки (ст. 26 ГК РФ). За лиц, не достигших 14 лет, а также граждан, признанных в установленном законом порядке недееспособными, все необходимые действия по осуществлению принадлежащих им прав совершают их законные представители, т. е. родители или опекуны (ст. 28-29 ГК РФ).

Патентообладателем является лицо, владеющее патентом на изобретение, полезную модель или промышленный образец и вытекающими из патента исключительными правами на использование указанных объектов. Им может быть автор разработки, его наследник или иной правопреемник. Изначально правом на получение патента на свое имя обладает автор разработки, если только законом не установлено иное. Данное право основывается на самом факте создания патентоспособного решения и является одним из основополагающих прав автора. Однако фигуры автора и патентообладателя совпадают далеко не всегда. Напротив, как показывают статистические данные, в роли патентообладателей значительно чаще выступают не создатели разработок, а иные лица.

Важный участник патентных отношений – РОСПАТЕНТ, которое является центральным органом федеральной исполнительной власти, обеспечивающим формирование и проведение единой государственной политики в области правовой охраны промышленной собственности. Роспатент является правопреемником упраздненного Государственного патентного ведомства СССР, которое после принятия Закона СССР «Об изобретениях в СССР» 1991 г. именовалось Госпатентом СССР, а ранее – Государственным комитетом СССР по делам изобретений и открытий (сокр. Госкомизобретений СССР). Главными задачами РОСПАТЕНТА являются:

1) разработка предложений по формированию единой государственной политики в области охраны промышленной собственности;

2) правовая охрана промышленной собственности на территории РФ;

3) обеспечение эффективного функционирования единой государственной патентной службы;

4) организация информационной и издательской деятельности в области охраны промышленной собственности;

5) организация подготовки специалистов в области охраны промышленной собственности;

6) содействие созданию правовых условий для развития научно-технического и художественно-конструкторского творчества в РФ;

7) осуществление международного сотрудничества в области охраны промышленной собственности.

Ведение дел о выдаче патентов на объекты промышленной собственности и решение иных патентно-правовых вопросов требуют специальных знаний как в соответствующей области науки и техники, так и в сфере патентного права.

Поэтому законодательство РФ предоставляет изобретателям и их правопреемникам право не только выступать в патентных отношениях лично, но и пользоваться услугами других лиц. Собственно говоря, такая возможность существовала всегда в связи с наличием в гражданском праве института представительства. Во многих случаях и в прежние годы заявки на изобретения и другие объекты промышленной собственности подавались не самими изобретателями, а соответствующими патентными службами предприятий и организаций, оформлялись с помощью специалистов Всесоюзной организации изобретателей и рационализаторов и т. п. Новшеством является то, что в соответствии с законодательством РФ создан особый институт патентных поверенных, призванных оказывать заявителям квалифицированную помощь по патентным делам. Ранее столь привычный для западных патентных систем элемент, как патентный поверенный, в России отсутствовал.

## 4. ОФОРМЛЕНИЕ ПАТЕНТНЫХ ПРАВ

Один из важнейших принципов, на которых основана патентная система, состоит в том, что непременным условием предоставления правовой охраны той или иной разработке является официальное признание ее объектом патентного права. Данное признание может осуществляться разными путями, быть относительно сложным или, напротив, сведенным к предельно упрощенной формальной процедуре, которая, однако, обязательна. Если изобретение, полезная модель или промышленный образец отвечают всем критериям охраноспособности, но официально данный факт не подтвержден, они патентным правом не охраняются. В этом состоит одно из важных различий, существующих между патентным и авторским правами. В отличие от авторского права, которое охраняет произведения науки, литературы и искусства с момента придания им объективной формы, допускающей возможность их восприятия другими лицами, патентное право охраняет соответствующие технические и художественно-конструкторские разработки только после официального признания их изобретениями, полезными моделями или промышленными образцами, что предполагает выполнение ряда формальностей. Указанные формальности обычно сводятся к составлению особой заявки на выдачу патента или иного охранного документа на разработку, рассмотрению данной заявки РОСПАТЕНТОМ и вынесению решения о выдаче патента. Подобный порядок действует и в России.

### 4.1. Составление и подача заявки на выдачу патента

Заявка на выдачу патента подается автором, работодателем или их правопреемниками в РОСПАТЕНТ РФ (конкретно – в Федеральный институт промышленной собственности – ФИПС). Заявка может быть подана как непосредственно указанными лицами, так и через патентного поверенного, зарегистрированного в РОСПАТЕНТЕ. Физические лица, проживающие за пределами РФ, или иностранные юридические лица, либо их патентные поверенные ведут дела по получению патентов и поддержанию их в силе через патентных поверенных, если иное не предусмотрено международными договорами, участником которых является РФ. Полномочия патентного поверенного удостоверяются доверенностью заявителя, которая имеет простую письменную форму и не требует нотариального удостоверения. Физическими лицами, проживающими за пределами РФ, и иностранными юридическими лицами доверенность должна быть оформлена в порядке, предусмотренном законодательством страны, где она составляется, и легализирована в консульском учреждении РФ, кроме случаев, когда легализация не требуется на условиях взаимности.

Патентная заявка составляется по строго определенным правилам, отступление от которых недопустимо. Само понятие «заявка» является собирательным и охватывает собой ряд отдельных документов. При этом, естественно, заявки на изобретения, полезные модели и промышленные образцы несколько отличаются друг от друга по составу входящих в них документов, хотя в целом принципиальных различий между ними нет. Так, согласно закону, заявки на выдачу патента на изобретение и на полезную модель должны содержать:

1) заявление о выдаче патента;

2) описание изобретения (полезной модели), раскрывающее его (ее) с полнотой, достаточной для осуществления;

3) формулу изобретения (полезной модели), выражающую его сущность и полностью основанную на описании;

4) чертежи и иные материалы, если они необходимы для понимания сущности изобретения (полезной модели);

5) реферат.

Заявка на выдачу патента на промышленный образец, помимо заявления и описания промышленного образца, должна включать:

1) комплект изображений изделия, дающих полное детальное представление о внешнем виде изделия;

2) чертеж общего вида изделия, эргономическую схему, конфекционную карту, если они необходимы для раскрытия сущности промышленного образца;

3) перечень существенных признаков промышленного образца.

Как видим, в состав заявки на промышленный образец не входит реферат; формулу разработки заменяет перечень существенных признаков промышленного образца, который является составной частью описания.

Конкретные требования к содержанию и оформлению документов заявки установлены ФИПС в утвержденных им Правилах составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патентов на соответствующие объекты промышленной собственности. Заявление о выдаче патента представляется на русском языке. Прочие документы заявки представляются на русском или другом языке. Если документы заявки представлены на другом языке, к заявке прилагается их перевод на русский язык, который может быть представлен не позднее двух месяцев после поступления заявки. Документы, входящие в состав заявок на изобретение и полезную модель, представляются в трех экземплярах, а прилагаемые к заявкам документы – в одном. Заявление о выдаче патента на промышленный образец подается в трех экземплярах; описание, чертежи общего вида – в двух экземплярах; фотографии изделия, макета или рисунка общего вида – в шести экземплярах, прочие фотографии – в двух экземплярах; остальные документы представляются в одном экземпляре.

Все документы заявки должны быть оформлены таким образом, чтобы их можно было хранить длительное время и непосредственно репродуцировать в неограниченном количестве копий. Каждый лист используется только с одной стороны с расположением строк параллельно меньшей стороне листа. Каждый документ заявки начинается на отдельном листе. Документы заявки выполняются на листах прочной, гладкой, неблестящей белой бумаги стандартного формата 210×297 мм. Размеры полей на листах, содержащих заявление, описание, формулу, реферат, следующие: верхнее – 20-40 мм, правое и нижнее – 20-30 мм, левое – 25-40 мм. В каждом документе заявки второй и последующие листы нумеруются арабскими цифрами.

Документы печатаются шрифтом черного цвета. Тексты описания, реферата и формулы печатаются через два интервала с высотой заглавных букв не менее 2,1 мм. Графические символы, латинские наименования, латинские и греческие буквы, математические и химические формулы могут быть вписаны чернилами, пастой или тушью черного цвета. Не допускается смешанное написание формул в печатном и рукописном виде. Графические материалы выполняются на прочной, белой, гладкой бумаге черными нестираемыми линиями и штрихами. Масштаб и четкость изображений выбираются такими, чтобы при репродуцировании с линейным уменьшением до 2/3 можно было различить все детали. Размеры на чертеже не указываются, при необходимости они приводятся в описании.

Переходя к характеристике отдельных документов заявки, прежде всего, отметим, что законодательством установлены конкретные требования не только к их оформлению, но и к содержанию. Заявление о выдаче патента по своему существу есть просьба заявителя, обращенная к ФИПС, о предоставлении правовой охраны разработке, сущность которой раскрыта в описании. В заявление включаются сведения о названии разработки, о предполагаемом патентообладателе, а также о заявителе и об авторе. В частности, указываются их полное имя (наиме-

нование), местожительство (местонахождение), адрес для переписки. Следует подчеркнуть, что данные об авторе (авторах) разработки приводятся в заявлении в обязательном порядке, хотя бы впоследствии автор (авторы) отказался быть упомянутым в качестве такового в публикуемых сведениях о заявке. Применяемая в российском патентном законодательстве типовая форма заявления о выдаче патента не предусматривает места для особого утверждения автора (авторов) о том, что именно он (они) является или, по крайней мере, искренне верит в то, что является первым и действительным создателем разработки, хотя это и предполагается. Кроме того, в заявлении содержатся:

а) просьба об установлении даты приоритета по конкретной дате (дате поступления заявки, дате подачи первой заявки в стране-участнице Парижской конвенции по охране промышленной собственности и т. д.);

б) сведения о патентном поверенном;

в) мнение заявителя о возможности открытой публикации сведений о разработке. Заявление подписывается заявителем или патентным поверенным, если заявка подается через последнего. Если заявитель – юридическое лицо, заявление подписывается руководителем организации или лицом, уполномоченным на это; указывается должность подписывающего лица, и подпись скрепляется печатью организации.

Центральным документом заявки является описание изобретения, полезной модели или промышленного образца. Описание должно раскрывать сущность разработки с полнотой, достаточной для ее осуществления и подтверждать формулу изобретения (полезной модели) или содержать перечень существенных признаков промышленного образца. Описание разработки составляется по определенной схеме, отступление от которой недопустимо. Описания изобретения и полезной модели имеют практически совпадающую структуру; описание промышленного образца составляется по несколько отличным правилам.

Описание изобретения (полезной модели) начинается с указания названия изобретения и индекса рубрики действующей редакции Международной патентной классификации (МПК), к которой относится заявляемое изобретение (полезная модель), и содержит следующие разделы:

– область техники, к которой относится изобретение (полезная модель);

– уровень техники;

– сущность изобретения (полезной модели);

– перечень фигур чертежей и иных материалов (если они прилагаются);

– сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения (полезной модели).

Не допускается замена какого-либо раздела описания или его части отсылкой к источнику, в котором содержатся необходимые сведения, например, к литературному источнику, описанию к ранее поданной заявке, описанию к охранному документу и т. п.

Название изобретения (полезной модели) должно быть кратким и точным, связанным с его назначением, соответствующим сущности изобретения (полезной модели) и, как правило, определенной рубрике МПК. Название излагается в един-

ственном числе, кроме случаев, когда употребляемый термин не имеет единственного числа, либо относится к химическим соединениям, охватываемым общей структурной формулой.

В разделе описания «Область техники, к которой относится изобретение (полезная модель)», указывается область применения разработки. Если таких областей несколько, указываются те области, в которых разработка может преимущественно применяться.

Уровень техники раскрывается в описании путем характеристики аналогов изобретения (полезной модели) с выделением среди них аналога, наиболее близкого к изобретению (полезной модели) по совокупности признаков (прототип). Аналог изобретения (полезной модели) – это средство такого же назначения, известное из сведений, ставших общедоступными до даты приоритета изобретения (полезной модели), и характеризующееся совокупностью признаков, сходных с совокупностью существенных признаков изобретения (полезной модели). При описании каждого из аналогов приводятся библиографические данные источника информации, в котором он раскрыт, признаки аналога с указанием тех из них, которые совпадают с существенными признаками заявляемого изобретения (полезной модели), а также указываются известные заявителю причины, препятствующие получению требуемого технического результата. Если аналогов несколько, то последним описывается прототип.

В разделе «Сущность изобретения (полезной модели)» подробно раскрывается задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение (полезная модель), а также описывается тот технический результат, который может быть получен при ее осуществлении. В этом разделе указываются все существенные признаки, характеризующие разработку, с выделением признаков, отличающих ее от прототипа. В описании должно быть показано наличие причинно-следственной связи между совокупностью существенных признаков заявляемой разработки и ее достигаемым техническим результатом. При раскрытии сущности изобретения (полезной модели) рекомендуется указывать и другие известные заявителю виды технических результатов, в том числе в частных случаях, в конкретных формах его выполнения или при особых условиях использования.

Технический результат может выражаться, в частности, в уменьшении крутящего момента, в снижении коэффициента трения, в предотвращении заклинивания, снижении вибрации, повышении противоопухолевой активности, локализации действия лекарственного препарата и т. п.

Перечень фигур чертежей и иных материалов как особый раздел описания, кроме перечня всех фигур графических изображений, должен содержать краткое указание на то, что изображено на каждой из них. Если представлены иные материалы, поясняющие сущность изобретения, приводится краткое пояснение их содержания.

В разделе «Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения (полезной модели)» обосновывается возможность получения указанного в разделе «Сущность изобретения (полезной модели)» технического результата. Возможность осуществления разработки, сущность которой характеризуется с

использованием признака, выраженного общим понятием, подтверждается либо описанием непосредственно в материалах заявки средства для реализации такого признака и методов его получения, либо указанием на известность такого средства или метода его получения. При использовании для характеристики разработки количественных признаков, выраженных в виде интервала значений, показывается возможность получения технического результата в этом интервале. Для обеспечения максимального объема прав интервал значений целесообразно выбирать исходя из условия отсутствия за его пределами возможности получения указанного технического результата. Возможность осуществления изобретения, относящегося к штамму микроорганизма, культуре клеток или к способу, в которых он используется, подтверждается указаниями на то, как или где может быть получен соответствующий штамм. Возможность получения штамма может быть подтверждена, в частности, представлением документа о депонировании, оформленного в установленном порядке, при этом дата депонирования должна предшествовать дате приоритета изобретения.

Структура описания промышленного образца в принципе совпадает со структурой описания изобретения (полезной модели), хотя названия отдельных разделов и не совпадают. Например, раздел, в котором приводятся общедоступные сведения о средствах того же назначения, называется не «Уровень техники», а «Аналоги промышленного образца, в том числе ближайший из них», а раздел, посвященный реализации разработки, именуется не «Сведения, подтверждающие возможность осуществления», а «Возможность многократного воспроизведения». Кроме того, описание промышленного образца завершается приведением совокупности его существенных признаков в части, определяющей объем его правовой охраны. Некоторые особые требования предъявляются и к содержанию отдельных разделов. Например, в разделе описания «Аналоги промышленного образца» могут дополнительно отражаться тенденции развития той области художественного конструирования, к которой они относятся.

Важной частью заявки на выдачу патента на изобретение (полезную модель) является формула изобретения (полезной модели), которая определяет объем правовой охраны, предоставляемой патентом на изобретение или на полезную модель. В формуле приводится характеристика разработки, выражающая ее сущность, т. е. содержащая совокупность ее существенных признаков, достаточную для достижения указанного заявителем технического результата. Формула излагается в виде логического определения изобретения (полезной модели) совокупностью всех его существенных признаков. Признаки в формуле выражаются таким образом, чтобы обеспечить возможность их идентификации.

По структуре формула может быть однозвенной, т. е. состоящей из одного пункта, или многозвенной, т. е. состоящей из нескольких пунктов, которые находятся друг с другом в определенной зависимости. Однозвенная формула применяется для характеристики одного изобретения совокупностью существенных признаков, не имеющей развития или уточнения применительно к частным случаям его выполнения или использования. Многозвенная формула применяется для характеристики одного изобретения (полезной модели) с развитием и (или) уточ-

нением совокупности его существенных признаков применительно к частным случаям выполнения или использования изобретения (полезной модели) или для характеристики группы изобретений (полезных моделей).

Многозвенная формула, характеризующая одно изобретение (полезную модель), имеет один независимый пункт и следующий (следующие) за ним зависимый (зависимые) пункт (пункты). Многозвенная формула, характеризующая группу изобретений (полезных моделей), имеет несколько независимых пунктов, каждый из которых характеризует одну из разработок группы. При этом каждое изобретение (полезная модель) группы может быть охарактеризовано с привлечением зависимых пунктов, подчиненных соответствующему независимому.

В независимый пункт формулы включается совокупность существенных признаков, достаточных для получения технического результата, проявляющегося во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны. Он состоит, как правило, из ограничительной части, включающей существенные признаки, совпадающие с признаками прототипа, в том числе родовое понятие, отражающее назначение изобретения (полезной модели), и отличительной части, включающей существенные признаки, которые отличают разработку от наиболее близкого аналога.

При составлении независимого пункта формулы после изложения ограничительной части вводится словосочетание «отличающийся (еся) тем, что», непосредственно после которого излагается отличительная часть. Примером может служить следующая простейшая формула: «Способ изготовления печатных схем, заключающийся в том, что на заранее заготовленную матрицу, имеющую рельефные токопроводящие дорожки, гальваническим путем наносят слой меди, который затем переносят на подложку, отличающийся тем, что перед покрытием матрицу смачивают раствором хромсодержащего соединения».

В отдельных случаях, в частности при составлении формул индивидуальных соединений, штаммов микроорганизмов, культур клеток растений и животных, применении ранее известных устройств, способов, веществ и штаммов по новому назначению, а также изобретений, не имеющих аналогов, они не подразделяются на ограничительную и отличительную части.

В зависимый пункт формулы включаются существенные признаки, характеризующие изобретение (полезную модель) в частных случаях его выполнения или использования. Зависимый пункт формулы включает в себя родовое понятие, отражающее назначение разработки, изложенное, как правило, сокращенно по сравнению с приведенным в независимом пункте, и ссылку на независимый и (или) зависимый пункт (пункты), к которому оно относится. При подчиненности зависимого пункта нескольким пунктам формулы ссылки на них указываются с использованием альтернативы. Иными словами, в качестве прототипа решений, раскрываемых в зависимых пунктах формулы, выступает то решение, которое охарактеризовано в независимом или другом предшествующем пункте формулы. Это позволяет не воспроизводить все признаки, уже отраженные в независимом или ином пункте формулы, а ограничиться общим указанием типа: «Устройство

по п. 1, отличающееся тем, что матрицу смачивают раствором двухромокислого калия с концентрацией 1 г/л».

Помимо рассмотренных документов, в состав заявки на выдачу патента могут входить чертежи и иные материалы, если они необходимы для понимания сущности изложенного в описании. Они должны быть согласованы с текстом описания, а представляются в виде графических материалов (собственно чертежей, схем, графиков, рисунков и т. п.), фотографий, таблиц, диаграмм и т. д. Рисунки представляются в том случае, если невозможно проиллюстрировать описание разработки чертежами или схемами. Фотографии представляются как дополнение к другим видам графических материалов. В правом верхнем углу каждого листа графических материалов указывается название изобретения (полезной модели).

Наконец, в состав заявки на изобретение (полезную модель) входит реферат, представляющий собой сокращенное изложение содержания описания изобретения (полезной модели), включающее название, характеристику области техники, к которой относится изобретение (полезная модель), и (или) область его применения, если это не ясно из названия разработки, характеристику сущности с указанием достигаемого технического результата. Сущность изобретения (полезной модели) в реферате характеризуется путем такого свободного изложения формулы, при котором сохраняются все существенные признаки независимого пункта формулы. При необходимости в реферат включают чертеж или химическую формулу. Кроме того, реферат может содержать дополнительные сведения, в частности указание на наличие и количество зависимых пунктов формулы, графических изображений, таблиц. Средний объем текста реферата – до 1000 печатных зраков.

В состав заявки на выдачу патента на промышленный образец включается комплект фотографий изделия, макета иди рисунка, который является основным документом, содержащим изобразительную информацию о заявляемом промышленном образце и позволяющим определить объем его правовой охраны. Изделие должно быть сфотографировано полностью при равномерном освещении на нейтральном фоне, без посторонних предметов. Художественно-конструкторские решения изделий одежды и обуви должны быть сфотографированы на манекенщице (манекенщике), возрастная группа и антропометрические данные которой (размер, рост, полнота) соответствуют положенным в основу разработки данным.

Художественно-конструкторское решение, относящееся к комплекту (набору) изделий, должно быть представлено фотографией общего вида комплекта (набора), а также фотографиями отдельных изделий, входящих в комплект. Каждый вариант промышленного образца должен быть представлен отдельным комплектом фотографий. Заявка должна содержать черно-белые фотографии общего вида промышленного образца в ракурсе 3×4 см спереди, виды слева, справа, сзади, а при необходимости – снизу, сверху. Для изделий закрывающихся, складывающихся, трансформирующихся и т. д., например, холодильники, телефонные будки, пылесосы и т. п., прилагаются фотографии изделий в открытом и собранном виде. В тех случаях, когда цветовое решение изделия является одним из сущест-

венных признаков промышленного образца, должна быть приложена одна цветная фотография общего вида изделия, слайд или схема цветового решения. Фотографии представляются размером 18×24 см. Для небольших по габаритам изделий или макетов, например, наручных (карманных) часов, микрокалькуляторов и т. п., могут быть представлены фотографии размером 13×18 или 9×12 см. Фотографии изделия, макета или рисунка общего вида представляют в шести экземплярах, а остальные фотографии – в двух экземплярах.

Кроме комплекта фотографий, в состав заявки на промышленный образец при необходимости могут входить чертеж общего вида изделия или принципиальная компоновочная схема, конфекционная карта, т. е. образцы текстильных, трикотажных материалов, кожи, фурнитуры, отделки и т. д., рекомендуемых для изготовления изделия, эргономическая схема и т. д. Указанные документы должны содержать дополнительную информацию о заявляемом художественно-конструкторском решении, не содержащуюся в фотографиях, но относящуюся к существу художественно-конструкторского решения.

К заявке на выдачу патента на изобретение, полезную модель или промышленный образец прилагается документ, подтверждающий уплату пошлины.

### 4.2. Экспертизы заявок

*Формальная экспертиза заявки*. Поступившие в ФИПС заявки регистрируются и передаются на экспертизу. Правила проведения экспертизы заявок на изобретение, полезную модель и промышленный образец существенно отличаются друг от друга. Если заявки на изобретения и промышленные образцы проверяются как с точки зрения правильности их составления, так и с точки зрения их существа, то при экспертизе заявок на полезные модели проверка соответствия заявленного решения установленным законом критериям патентоспособности не осуществляется. В свою очередь, правила экспертизы заявок на изобретения и промышленные образцы также не совпадают. Если в отношении заявок на промышленные образцы, успешно прошедших формальную экспертизу, экспертиза по существу проводится без каких-либо изъятий и дополнительных условий, то заявки на изобретения подвергаются подобной экспертизе лишь по специальному ходатайству заявителя или третьих лиц. Таким образом, закон РФ устанавливает:

а) проверочную систему экспертизы заявок на выдачу патента на промышленный образец;

б) отсроченную систему экспертизы заявок на выдачу патента на изобретение;

в) явочную (регистрационную) систему экспертизы заявок на выдачу патента на полезную модель.

Каждая из этих процедур патентования имеет свои особенности, которые будут отражены в ходе дальнейшего изложения.

Все патентные заявки, какого бы объекта промышленной собственности они ни касались, проверяются в отношении их соответствия установленным формальным требованиям. Данная экспертиза, которая носит название формальной,

или предварительной, проводится по единым правилам. В ходе проведения формальной экспертизы заявки проверяется:

а) наличие необходимых документов;

б) правильность их составления;

в) относимость заявленного предложения к объектам, которые могут быть признаны соответственно изобретениями, полезными моделями или промышленными образцами;

г) соблюдение требования единства изобретения, полезной модели или промышленного образца;

д) не изменяют ли дополнительные материалы, если они представлены, сущность заявленного объекта промышленной собственности и соблюден ли установленный порядок их представления; е) правильность классифицирования изобретения или полезной модели по МПК и промышленного образца по МКПО; ж) соблюдение порядка подачи заявки через патентного поверенного, включая наличие и правильность оформления доверенности, удостоверяющей полномочия патентного поверенного.

Кроме того, в результате формальной экспертизы обычно устанавливается дата приоритета заявки, если только заявителем не испрашивается более ранний приоритет по сравнению с датой поступления основных материалов.

По общему правилу формальная экспертиза заявки проводится по истечении двух месяцев с даты ее поступления в Патентное ведомство (п. 1 ст. 21 Патентного закона). Такая отсрочка в проведении экспертизы установлена в интересах заявителей, которые в течение двух месяцев пользуются правом внесения в материалы заявки исправлений и уточнений без изменения существа заявленного изобретения, полезной модели, промышленного образца и при условии, если эти исправления или уточнения не направлены на устранение нарушения установленных требований к документам заявки. Вместе с тем по желанию заявителя, выраженному в его письменном ходатайстве ФИПС, формальная экспертиза может быть начата до истечения указанного двухмесячного срока. Однако в этом случае заявитель с момента подачи такого ходатайства по общему правилу лишается права на исправление и уточнение документов заявки по своей инициативе. Правда, в отношении заявок на изобретения у заявителей, подавших данное ходатайство, а также пропустивших двухмесячный срок на исправление и уточнение заявки, эта возможность сохраняется вплоть до вынесения решения по результатам экспертизы по существу и при условии уплаты специальной пошлины.

Если в процессе формальной экспертизы заявителем представлены дополнительные материалы по заявке, в процессе экспертизы проверяется, не изменяют ли они сущность заявленной разработки. Дополнительные материалы в части, изменяющей сущность заявленной разработки, например новые признаки, включаемые в формулу изобретения (полезной модели), или совокупность существенных признаков промышленного образца, при рассмотрении заявки во внимание не принимаются и могут быть оформлены заявителем в качестве самостоятельной заявки.

Конкретный срок, в течение которого должна быть завершена формальная экспертиза, законом не установлен, что следует признать упущением законодателя. На основании результатов формальной экспертизы может быть принято одно из следующих решений. Если заявка подана на разработку, относящуюся к патентоспособным объектам, в состав заявки входят все необходимые документы, и эти документы правильно оформлены, выносится положительное решение. Это означает, что заявка на изобретение и промышленный образец принимается к дальнейшему рассмотрению, а заявка на полезную модель считается удовлетворенной. Заявитель уведомляется о положительном решении формальной экспертизы и установлении приоритета в соответствии с закрепленными законом правилами. При нарушении заявителем требования единства разработки ему предлагается в течение двух месяцев с даты получения им соответствующего уведомления сообщить, какое из содержащихся в заявке решений должно рассматриваться, и при необходимости внести уточнения в документы заявки. Другие решения, вошедшие в материалы первоначальной заявки, могут быть оформлены выделенными заявками. В случае если заявитель в течение двух месяцев после получения уведомления о нарушении требования единства не сообщит, какое из предложений необходимо рассматривать, и не представит уточненных документов, проводится рассмотрение объекта, указанного в формуле первым.

Если в результате формальной экспертизы будет установлено, что заявка оформлена на предложение, которое не относится к патентоспособным объектам, принимается решение об отказе в выдаче патента. Это новое положение в российском патентном законодательстве. Ранее данное обстоятельство служило основанием для отказа в принятии заявки к рассмотрению. На указанное решение может быть подано возражение в Апелляционную палату ФИПС в течение двух месяцев с даты его получения заявителем. За подачу возражения взимается пошлина. Возражение должно быть рассмотрено в течение двух месяцев с даты его поступления.

В процессе формальной экспертизы заявленный объект промышленной собственности может быть признан секретным. В этом случае заявитель уведомляется о невозможности предоставления ему правовой охраны в соответствии с законодательством.

По заявке, оформленной с нарушением требований к ее документам, заявителю направляется запрос с предложением в течение двух месяцев с даты его получения представить исправленные или отсутствующие документы. Основаниями для запроса могут быть:

а) отсутствие в материалах заявки каких-либо документов;

б) выявление органом, осуществляющим экспертизу, необходимости внесения в заявку уточнений. Необходимость уточнения заявки может быть, в частности, обусловлена: наличием таких недостатков в оформлении и содержании документов, которые делают невозможным использовать эти документы в соответствии с их назначением; отсутствием в документах реквизитов и подписей, предусмотренных действующими правилами; установлением, что заявка подана через патентного поверенного, не зарегистрированного в РОСПАТЕНТЕ, и т. д.

Исправление и дополнение заявки должны быть сделаны заявителем в двухмесячный срок с даты получения запроса. По ходатайству заявителя указанный срок может быть продлен при условии уплаты специальной пошлины.

Документ, подтверждающий уплату пошлины, представляется вместе с ходатайством о продлении установленного срока.

В случае если заявитель в установленный срок не представит запрашиваемые материалы или ходатайство о продлении этого срока, заявка признается отозванной. Заявитель пользуется правом отозвать свою заявку на изобретение, полезную модель или промышленный образец и по собственной инициативе. Для этого ему достаточно подать в ФИПС письменное заявление. Заявитель уведомляется об удовлетворении просьбы, а делопроизводство по заявке прекращается.

Окончание формальной экспертизы с положительным результатом по заявкам на выдачу патентов на изобретение, полезную модель и промышленный образец имеет разные правовые последствия. Применительно к заявкам на полезную модель это служит основанием для выяснения решения о выдаче свидетельства. Заявки на промышленные образцы передаются для проведения экспертизы по существу. Что касается заявок на изобретения, то их дальнейшее прохождение осуществляется по правилам отсроченной экспертизы. Сущность этих правил сводится к следующему. По истечении 18 месяцев с даты поступления заявки, прошедшей формальную экспертизу с положительным результатом, ФИПС публикует сведения о заявке, кроме случаев, когда она отозвана. Состав публикуемых сведений определяет ФИПС. Любое лицо после опубликования сведений о заявке вправе ознакомиться с ее материалами. По ходатайству заявителя ФИПС может опубликовать сведения о заявке ранее указанного срока.

С даты публикации сведений о заявке до даты публикации сведений о выдаче патента заявленному изобретению предоставляется временная правовая охрана в объеме опубликованной формулы. Характер и содержание прав заявителя в период временной правовой охраны изобретения будут подробно рассмотрены ниже – в разделе, посвященном патентной форме охраны. Здесь лишь отметим, что предельный срок действия данной охраны составляет три года. В течение этого срока заявитель, а также любое третье лицо могут подать в ФИПС ходатайство о проведении экспертизы заявки по существу. Если ходатайство о проведении экспертизы по существу не будет подано в указанный срок, заявка считается отозванной, а временная правовая охрана заявленного изобретения – прекратившейся.

Закон РФ предоставляет как заявителю, так и любым третьим лицам право ходатайствовать о проведении по заявке на изобретение, прошедшей формальную экспертизу с положительным результатом, информационного поиска для определения уровня техники, в сравнении с которым будет осуществляться оценка новизны и изобретательского уровня заявленного предложения. Введение в закон указанного права имеет двоякий смысл. С одной стороны, результаты информационного поиска облегчают заявителю решение вопроса о дальнейшей судьбе заявки, так как дают более ясное представление о перспективах ее рассмотрения. С другой стороны, третьим лицам предоставляется возможность лучше оценить па-

тентоспособность заявленного решения и на основе этого определить свои дальнейшие действия, например, по приобретению прав на патент, заключению с заявителем соглашения об использовании разработки в период ее временной правовой охраны, ее использованию без разрешения заявителя и т. п.

Порядок проведения информационного поиска и представления отчета о нем определяются п. 22 Правил составления, подачи и рассмотрения заявки на изобретение. Информационный поиск проводится на основании формулы изобретения с учетом описания и чертежей, а также с учетом возможных изменений формулы изобретения в установленном порядке. Для целей информационного поиска уровень техники включает документы, которыми располагает ФИПС на дату окончания поиска и которые будут приняты во внимание при оценке новизны и изобретательского уровня заявленного изобретения. ФИПС гарантирует проведение информационного поиска в объеме, включающем:

– официальные бюллетени ФИПС, а также бывшего Патентного ведомства СССР;

– описание к охранным документам СССР и РФ;

– заявки на изобретение и полезные модели, доступные для ознакомления третьих лиц с их материалами; запатентованные в РФ изобретения и полезные модели;

– патентную документацию США, Великобритании, Германии, Франции, Японии (в объеме рефератов на русском и английском языках), Швейцарии (на французском и немецком языках), а также патентную документацию Европейского патентного ведомства и ВОИС;

– непатентную литературу по списку, опубликованному Международным бюро ВОИС, с ретроспективой не менее пяти лет.

Информационный поиск не прекращается и проводится до конца в полном объеме, даже если в процессе Поиска в уровне техники обнаружено средство того же назначения, характеризующееся признаками, идентичными всем признакам изобретения, по которому проводится поиск.

Информационный поиск проводится, и отчет о поиске направляется лицу, подавшему ходатайство о его проведении, в течение четырех месяцев с даты поступления ходатайства, если заявка не отозвана на дату поступления ходатайства, или до направления отчета о поиске.

За проведение информационного поиска по заявке взимается плата по тарифу. За особую плату предоставляются копии документов, указанных в отчете о поиске, за исключением копий заявок, сведения о которых не доступны для ознакомления третьих лиц. Копию отчета о поиске при условии оплаты соответствующей услуги по тарифу может получить помимо лица, подавшего ходатайство, и любое другое заинтересованное лицо.

Следует отметить, что по ходатайству заявителя и третьих лиц информационный поиск может быть проведен и по заявке на полезную модель. Для выдачи патента на полезную модель результаты данного поиска формально не имеют никакого значения, поскольку охранный документ в данном случае выдается без проверки заявки по существу. Целью данного поиска является уяснение того, от-

вечает ли реально полезная модель установленным законом критериям патентоспособности, т. е. насколько надежен выданный на нее охранный документ. Указанный информационный поиск проводится при условии уплаты соответствующей пошлины, осуществляется на основе п. 18 Правил составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на полезную модель и практически совпадает с информационным поиском, проводимым по заявке на выдачу патента на изобретение.

Новым положением российского патентного законодательства является право заявителя на преобразование заявки на изобретение в заявку на полезную модель, и наоборот. В соответствии с законодательством поданная заявка на изобретение может быть преобразована в заявку на полезную модель путем подачи соответствующего заявления до момента публикации сведений о заявке. Преобразование заявки на полезную модель в заявку на изобретение возможно до принятия по ней решения о выдаче свидетельства. При указанных преобразованиях сохраняется приоритет первой заявки.

*Экспертиза заявки по существу*. Патенты на изобретения и промышленные образцы выдаются лишь после проведения экспертизы заявок по существу (патентной экспертизы). Указанная экспертиза проводится по единым правилам, закрепленным законодательством и детализированным в Правилах по составлению, подаче и рассмотрению заявок на объекты промышленной собственности. Различие состоит лишь в том, что патентная экспертиза заявок на промышленные образцы проводится в обязательном порядке, а заявки на изобретения подвергаются такой экспертизе лишь при наличии особого ходатайства заявителя или третьих лиц.

При проведении экспертизы заявки по существу устанавливается приоритет изобретения (промышленного образца), если он не был установлен при проведении формальной экспертизы, и проверяется патентоспособность заявленного изобретения или промышленного образца. Установление приоритета заявленной разработки на данной стадии проведения экспертизы проводится тогда, когда заявитель испрашивает приоритет по дате подачи первой заявки в государстве-участнике Парижской конвенции по охране промышленной собственности (конвенционный приоритет), по дате поступления дополнительных материалов, если они оформлены заявителем в качестве самостоятельной заявки, по дате поступления в ФИПС более ранней заявки того же заявителя, раскрывающей сущность этого изобретения или промышленного образца, и т. д. О том, как устанавливается приоритет разработки во всех этих случаях, подробно говорилось выше.

Проверка патентоспособности заявленной разработки состоит в исследовании экспертами ФИПС вопроса о том, отвечает ли разработка всем требуемым по закону признакам объекта патентной охраны. Иными словами, в ходе патентной экспертизы проверяются новизна, изобретательский уровень (применительно к промышленному образцу – оригинальность), промышленная применимость заявленной разработки, а также соответствие предложенного решения общественным интересам, принципам гуманности и морали. Срок, в течение которого ФИПС должно провести экспертизу по существу, новым законом не уста-

навливается. Такое решение вопроса трудно признать оптимальным, так как оно ставит заявителей в зависимость от ФИПС. Конечно, и раньше, когда законодательством срок проведения патентной экспертизы был ограничен шестью месяцами (по закону СССР «Об изобретениях в СССР» 1991 г. срок был увеличен до 12 месяцев), заявители, в сущности, были лишены возможности как-либо воздействовать на Патентное ведомство в случае нарушения им сроков проведения экспертизы. Но все же законодательством были определены временные рамки рассмотрения заявки по существу, что накладывало на экспертов хоть какие-то обязанности в этом плане.

В период проведения экспертизы заявки по существу ФИПС вправе запросить у заявителя дополнительные материалы, без которых проведение экспертизы невозможно, в том числе измененную формулу изобретения или уточненную совокупность признаков промышленного образца. Основанием для запроса может быть необходимость решения вопросов, связанных с проверкой патентоспособности заявленной разработки; необходимость уточнения формулы изобретения; необходимость решения вопросов, связанных с рассмотрением заявок на идентичные объекты промышленной собственности, имеющие одну и ту же дату приоритета, и т. д. Дополнительные материалы по запросу экспертизы должны быть представлены без изменения сущности изобретения (промышленного образца) в течение двух месяцев с даты получения заявителем запроса или копий материалов, противопоставляемых заявке. Указанные копии могут быть запрошены заявителем в течение месяца с даты получения им запроса экспертизы. В случае если заявитель в указанный срок не представит запрашиваемые материалы или просьбу о продлении установленного срока, заявка признается отозванной.

## 5. ПАТЕНТ КАК ФОРМА ОХРАНЫ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

С принятием патентного законодательства в России восстановлена патентная форма охраны изобретений и промышленных образцов, что является самым существенным моментом в происходящей реформе патентной системы. Патент вновь, как и 70 лет назад, стал единственным документом, с помощью которого удостоверяются права на изобретения, промышленные образцы, а также новый для российского патентного права объект – полезные модели. Хотя патент на охраноспособную разработку изобретатель мог в принципе получить и по ранее действовавшему в СССР законодательству, предусматривавшему две формы охраны – патент и авторское свидетельство (свидетельство), действительность была такова, что 99,99 % советских изобретателей подавали заявки на выдачу им именно авторских свидетельств (свидетельств), а не патентов.

Главной причиной этого было отсутствие у изобретателей фактических возможностей для извлечения реальной пользы из своего монопольного владения изобретением или промышленным образцом. Кроме того, законодательство не допускало получения патентов на служебные разработки, что сразу отсекало от патентной охраны свыше 80 % заявляемых разработок; патентообладателями не

могли быть социалистические организации (а других практически не было); патент нельзя было получить на целый ряд изобретений, в частности, на вещества, полученные химическим путем, штаммы микроорганизмов и т. д. Наконец, лицам, избравшим патентную форму охраны созданных им разработок, не предоставлялись многие из тех прав и льгот, которыми пользовались владельцы авторских свидетельств (свидетельств). Все эти и некоторые другие факторы превращали патентную форму, которая допускалась советским изобретательским законодательством, в формальность, которая была нужна, с одной стороны, для создания видимости свободы выбора, а с другой – для предоставления патентной охраны иностранным заявителям как условие участия СССР в международной системе охраны промышленной собственности.

Начавшийся в стране переход к рыночной экономике, в частности превращение научно-технических разработок в товар, объективно потребовал гарантировать разработчикам новой техники, а также приобретателям их продукции возможность реально распоряжаться достигнутыми результатами.

Восстановленная в России патентная форма охраны прав на объекты промышленной собственности имеет ту же сущность, которой она обладает во всем мире. Лицу, своим творческим трудом создавшему для общества новое техническое средство, гарантируется возможность извлечения выгоды из монопольного владения этим средством в течение установленного законом срока, после истечения которого оно поступает во всеобщее пользование. Предоставление такой возможности осуществляется в рамках специальной процедуры, которая включает доведение до сведения общества данных о созданном техническом новшестве (составление и подача заявки, публикация материалов заявки и т. п.), проверку компетентным государственным органом того, действительно ли заявленное новшество обогащает мировой уровень техники (экспертиза заявки) и, наконец, выдачу от имени государства особого охранного документа, гарантирующего права заявителя. Таким документом является патент на изобретение или иной объект промышленной собственности, который официально подтверждает права его обладателя и устанавливает их объем.

Права патентообладателя носят абсолютный, исключительный и срочный характер, а также ограничены территорией того государства, патентное ведомство которого его выдало. Абсолютная природа прав патентообладателя определяется тем, что в качестве лиц, обязанных воздерживаться от использования принадлежащей патентообладателю разработки, выступают все остальные члены общества, на которых распространяются законы данного государства. В этом смысле положение патентовладельца весьма схоже с положением собственника, что, как отмечалось, и служило основанием для теоретических конструкций промышленной и интеллектуальной собственности. Никто не вправе посягать на возможность патентообладателя единолично владеть и распоряжаться принадлежащей ему разработкой, если только в самом законе не установлены на этот счет определенные изъятия.

Исключительный характер субъективных патентных прав выражается в том, что в пределах одной страны права на разработку могут принадлежать лишь од-

ному патентообладателю. Выдача двух патентов на один и тот же объект не допускается. Сфера действия этого правила, однако, ограничена национальными рамками соответствующей страны. На один и тот же объект в разных странах патент может быть выдан разным лицам. Как предусматривает ст. 4$^{м}$* Парижской конвенции по охране промышленной собственности, «патенты, заявки на которые поданы в разных странах Союза гражданами стран Союза, независимы от патентов, полученных на то же изобретение в других странах, входящих или не входящих в Союз». Разумеется, владеть патентом может не только одно лицо, но и несколько лиц, выступающих в качестве его совладельца.

Признак срочности выражается в том, что права, вытекающие из патента, действуют в течение определенного периода времени.

*Содержание патентных прав.* Патентообладателю принадлежит исключительное право на использование охраняемых патентом изобретения, полезной модели или промышленного образца по своему усмотрению, если такое использование не нарушает прав других патентообладателей. Указанное право включает также возможность запретить использование указанных объектов другим лицам, за исключением случаев, когда такое использование в соответствии с законодательством не является нарушением права патентообладателя. Под использованием понимается введение в хозяйственный оборот продукта, созданного с применением изобретения, полезной модели или промышленного образца, а также применение способа, охраняемого патентом на изобретение. Введение в хозяйственный оборот, в свою очередь, охватывает собой такие действия, как изготовление, применение, ввоз, хранение, предложение к продаже, продажа и т. д. продукта, созданного с использованием охраняемого решения, а также применение способа, охраняемого патентом на изобретение.

*Права по распоряжению патентом*. Патентообладатель может самостоятельно использовать принадлежащие ему изобретение, полезную модель или промышленный образец путем организации промышленного производства и реализации изделий, охраняемых патентом, либо может предоставить право на их использование другим лицам или вовсе уступить свои права, вытекающие из патента. Необходимость распоряжения патентными правами может быть обусловлена ограниченностью экономических и производственных ресурсов патентообладателя, его нежеланием или неспособностью заниматься решением производственных и коммерческих вопросов, стремлением быстрее внедрить разработку и множеством других причин. Передача патентных прав может осуществляться в различных юридических формах, однако наибольшее практическое значение имеют их уступка и выдача лицензий на использование изобретений, полезных моделей и промышленных образцов.

Уступка патентного права означает передачу патентовладельцем принадлежащего ему права другому лицу (лицам). В соответствии с законодательством патентообладатель может уступить полученный патент любому физическому или юридическому лицу.

Патентное законодательство России, как и законодательство других стран, устанавливает ряд случаев, когда действия третьих лиц по использованию разра-

ботки не являются нарушениями исключительных прав владельца патента. Эти случаи, нередко именуемые свободным использованием запатентованных объектов, являются в основном достаточно традиционными и соответствуют мировой патентной практике. Они исчерпывающим образом определены законодательством и сводятся к следующему.

Во-первых, не признается нарушением исключительного права патентообладателя применение средств, содержащих изобретения, полезные модели и промышленные образцы, защищенные патентами, в конструкции или при эксплуатации транспортных средств (морских, речных, воздушных, наземных и космических) других стран при условии, что указанные средства временно или случайно находятся на территории РФ и используются для нужд транспортного средства. Данное правило, известное законодательству подавляющего большинства государств, вытекает из ст. 51 Парижской конвенции по охране промышленной собственности. Согласно законодательству, оно применяется не только к физическим и юридическим лицам государств-участников Парижской конвенции, но и к гражданам и юридическим лицам любых стран, предоставляющих такие же права владельцам транспортных средств России.

Рассматриваемое исключение из сферы патентного права касается лишь использования запатентованных объектов непосредственно в конструкции или при эксплуатации транспортных средств, т. е. в их корпусе, в машинах, в оснастке, в механизмах, в оборудовании и т. д., при условии, что эти объекты применяются исключительно для нужд транспортного средства. Использование объекта промышленной собственности, выходящее за эти пределы, например его производство на борту судна, предложение к продаже, продажа и т. п., является нарушением патентных прав. Кроме того, данная льгота распространяется лишь на транспортные средства других стран. Она, например, не касается российских судов, даже если они приписаны к порту какой-либо другой страны и лишь временно или случайно заходят в страну своего флага.

Во-вторых, не является нарушением патентных прав проведение научного исследования или эксперимента над средством, содержащим изобретение, полезную модель или промышленный образец, защищенные патентами. Под «средством» в данном случае понимается любой объект, который в соответствии с действующим законодательством признается патентоспособным изобретением, полезной моделью или промышленным образцом, т. е. устройство, способ, вещество, художественно-конструкторское решение и т. д. Разрешенным видом использования является лишь научное исследование самой разработки или эксперимент с нею. Она может проводиться с целью проверки работоспособности и эффективности созданной разработки, в научных целях и т. п. Если разработка используется не как объект исследования или эксперимента, а как их средство, такие действия будут нарушением патентных прав.

В-третьих, разрешенным случаем использования является применение запатентованных средств при чрезвычайных обстоятельствах, т. е. при стихийных бедствиях, катастрофах, крупных авариях и т. п. В указанных ситуациях допускается лишь применение охраняемых законом изобретений, полезных моделей и

промышленных образцов, т. е. их производственное использование для ликвидации или предотвращения последствий названных событий. Применение разработки хотя и при наличии чрезвычайных обстоятельств, но в целях, не связанных непосредственно с их действием, является нарушением патентных прав. Иные виды использования, в частности, изготовление запатентованного объекта, его хранение, предложение к продаже и т. п., не разрешаются. Кроме того, в случае применения охраняемой разработки в данных условиях патентообладателю гарантируется последующая выплата соразмерной компенсации.

В-четвертых, запатентованные средства могут применяться в личных целях без получения дохода. Разрешенное использование разработки охватывает собой в данном случае лишь ее применение. Другие способы использования, в частности изготовление или ввоз, даже если при этом не преследуются коммерческие цели, являются нарушением патентных прав.

## 6. ПРАВА АВТОРОВ ИЗОБРЕТЕНИЙ, ПОЛЕЗНЫХ МДЕЛЕЙ, ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ И ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЕЙ. ЗАЩИТА ПРАВ АВТОРОВ И ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЕЙ

Патентное законодательство России, нормы которого регулируют в основном отношения, связанные с приобретением, осуществлением и защитой патентных прав на объекты промышленной собственности, признает и гарантирует также охрану прав действительных создателей технических новшеств. При сравнении нового законодательства с ранее действовавшими в СССР нормативными актами по изобретательству может на первый взгляд показаться, что законодатель вообще забыл о правах самих авторов новых разработок, сосредоточив все внимание на правах и обязанностях патентообладателей. Но, во-первых, выдвижение на первый план в законе фигуры патентообладателя является вполне естественным шагом и закономерно, вытекает из перехода к патентной форме охраны изобретений и других объектов промышленной собственности. Во-вторых, создателям патентоспособных технических новшеств впервые предоставлена реальная возможность самим стать патентообладателями. В-третьих, закон «помнит» об авторах, гарантируя им все основные права, которые обычно предоставляются разработчикам патентным законодательством развитых стран.

Правда, в отличие от ранее действовавших нормативных актов, в частности Положения об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях 1973 г., Закона СССР «Об изобретениях в СССР» и др., в законе отсутствует специальный раздел, посвященный правам авторов. Права реальных разработчиков рассредоточены по разным статьям закона, и, чтобы получить реальную картину защищенности интересов действительных создателей технических новшеств, необходимо проанализировать весь закон. Конечно, некоторых прав и льгот, предусмотренных прежним законодательством, изобретателям в новом законе не предоставлено. Так, законодательство не предусматривает права автора на присвоение изобретению имени автора или специального названия, не упоминает об особых правах и льготах изобретателей в трудовых, жилищных и иных отношениях.

Следует лишь учесть, что названные и аналогичные им права и льготы ранее предоставлялись изобретателям в ответ на уступку ими государству самого главного – исключительного права на использование разработки. Сейчас, когда автор разработки сам распоряжается результатами своего творческого труда, его потребности и интересы должны удовлетворяться за счет умелого использования и реализации принадлежащих ему базовых прав.

Традиционно в советской юридической литературе права изобретателей подразделялись на личные неимущественные и имущественные и рассматривались применительно к трем основным юридическим фактам, а именно: созданию разработки; признанию разработки объектом промышленной собственности; внедрению (использованию) разработки заинтересованными лицами. Такая схема, рассчитанная в основном на получение изобретателями авторских свидетельств на созданные ими разработки, малопригодна для восстановленной в России патентной формы охраны объектов промышленной собственности. Конечно, деление авторских прав на личные неимущественные и имущественные по-прежнему сохраняется и имеет большое практическое значение. Однако деление прав изобретателей на отдельные группы применительно к различным стадиям развития изобретательских отношений едва ли уместно в связи с быстрым превращением изобретателя в патентообладателя или уступкой им своих прав правопреемнику (патентообладателю). Поэтому целесообразно просто остановиться на тех правах авторов, которые закрепляются за ними патентным законодательством.

*Право на подачу заявки*. Прежде всего, закон предоставляет автору изобретения, полезной модели или промышленного образца право подать заявку на выдачу патента и стать патентообладателем. Вопросы о том, что представляет собой заявка, куда она подается и т. п., были рассмотрены в предыдущей главе. Здесь же дадим характеристику самому праву на подачу заявки. Законодательство России исходит из того, что подать заявку на выдачу патента может лишь лицо, творческим трудом которого сделана соответствующая разработка, за исключением случаев, указанных в законе. При этом, в отличие, например, от патентного права США, не требуется, чтобы заявитель был «действительным и первым изобретателем». Вполне достаточно, чтобы заявитель был изобретателем, что и предполагается при подаче заявки. Иными словами, от заявителя, который называет себя изобретателем, не требуется представления каких-либо доказательств того, что именно он создал ту или иную разработку. Напротив, если в качестве заявителей выступают другие лица, являющиеся правопреемниками изобретателя, они должны доказать свое правомочие на подачу заявки.

Важнейшим личным неимущественным правом изобретателя является право авторства, которое в общем виде можно определить как возможность, предоставленную законом действительному создателю изобретения, полезной модели или промышленного образца, быть признанным единственным их творцом.

*Право на вознаграждение.* К числу имущественных прав создателей разработок, которые по тем или иным основаниям не становятся патентообладателями, относится право на получение вознаграждения от патентообладателя или иных лиц, использующих разработку. Такое право возникает у двух категорий ав-

торов. Во-первых, им обладают авторы, создавшие разработку в связи с выполнением своих служебных обязанностей или полученного от работодателя конкретного задания. Как уже отмечалось, в том случае, если только соглашением между автором и работодателем не предусмотрено иное, право на получение патента принадлежит работодателю. Но автор при этом имеет право на вознаграждение, соразмерное выгоде, которая получена работодателем или могла бы быть им получена при надлежащем использовании объекта промышленной собственности.

*Защита прав авторов и патентообладателей.* Под защитой прав и законных интересов изобретателей и патентообладателей понимаются предусмотренные законом меры по их признанию и восстановлению, пресечению их нарушений, применению к нарушителям мер ответственности, а также механизм практической реализации этих мер. В качестве субъектов права на защиту выступают авторы разработок, патентообладатели, владельцы лицензий и их правопреемники. В новом законодательстве, в отличие от ранее действовавшего законодательства, центральное место совершенно заслуженно отводится защите прав патентообладателей. Это и понятно, так как именно они становятся главной фигурой патентных отношений в новых условиях использования запатентованных разработок. Наряду с этим законом обеспечивается защита личных прав непосредственных создателей изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, а также их имущественных интересов во взаимоотношениях с патентообладателями и другими пользователями созданных ими разработок. Что касается лицензиатов, то защита приобретаемых ими прав либо обеспечивается патентообладателями-лицензиарами, либо в соответствии с лицензионными договорами осуществляется ими самостоятельно. В случае смерти авторов или патентообладателей принадлежавшие им права и соответственно права на их защиту переходят к их наследникам.

Защита прав, которые принадлежат нескольким лицам (соавторам, совладельцам патента, наследникам), осуществляется либо всеми ими сообща, либо каждым из них в отдельности. При этом потерпевшие могут действовать как самостоятельно, так и прибегнуть к услугам патентных поверенных.

Защита прав и законных интересов авторов, патентовладельцев и иных обладателей исключительных прав на объекты промышленной собственности осуществляется путем использования предусмотренных законом форм, средств и способов защиты. В рассматриваемой сфере защита соответствующих прав производится в основном в юрисдикционной форме, т. е. путем обращения к специальным юрисдикционным органам. Неюрисдикционная форма защиты, т. е. принятие потерпевшим мер по самозащите нарушенных прав, встречается редко и в основном сводится к отказу от совершения действий, идущих вразрез с заключенным лицензионным договором, задержке соответствующих платежей в связи с несовершением необходимых действий другой стороной, отказу от выполнения недействительного договора и т. п.

Юрисдикционная форма защиты, в свою очередь, охватывает судебный и административный порядки реализации предусмотренных законом мер защиты. При этом общим является судебный порядок, так как защита прав в администра-

тивном порядке осуществляется лишь в случаях, прямо указанных в законе. Административный порядок защиты означает подачу возражений на экспертное заключение в Апелляционную палату РОСПАТЕНТА.

Гражданско-правовые способы защиты представляют собой предусмотренные законодательством меры принудительного характера, с помощью которых осуществляется восстановление (признание) нарушенных прав и интересов создателей изобретений, полезных моделей и промышленных образцов, пресечение нарушений, а также имущественное воздействие на нарушителей. В законодательстве РФ эти меры не названы, однако перечень возможных способов защиты субъективных гражданских прав додержится в ст. 12 ГК РФ. К ним, в частности, относятся требования о признании права, о восстановлении положения, существовавшего до нарушения права, о пресечении действий, нарушающих право или создающих угрозу его нарушения, о присуждении к исполнению обязанности в натуре, о взыскании убытков или неустойки и др.

Наряду с гражданско-правовыми санкциями российское законодательство предусматривает уголовно-правовую ответственность за некоторые нарушения прав изобретателей и патентообладателей. Так, в соответствии со ст. 147 УК РФ к числу уголовно-правовых нарушений отнесены незаконное использование изобретения, полезной модели или промышленного образца, разглашение без согласия автора или заявителя сущности изобретения, полезной модели или промышленного образца до официальной публикации сведений о них, присвоение авторства или принуждение к соавторству, если эти действия причинили крупный ущерб. Никакие другие действия, затрагивающие права на объекты промышленной собственности, состава преступления не образуют ввиду того, что в уголовном праве нормы не подлежат никакому распространительному толкованию или применению по аналогии.

## 7. МЕЖДУНАРОДНОЕ ПАТЕНТОВАНИЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПАТЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

Заинтересованность в охране промышленной собственности возникла еще в XV веке. Что касается зарубежного патентования, то в числе стран, первыми на практике осуществивших правовое регулирование вопросов, связанных с предоставлением охраны промышленной собственности иностранцам, можно выделить Англию, которая в качестве одного из путей экономического подъема использовала привлечение ремесленников из-за границы, создавая благоприятные условия для развития разных отраслей промышленности, процветавших в других странах. Для иностранцев в Англии было узаконено «открытое письмо» (Litterae patentes), обеспечивающее королевскую защиту и дающее право на привилегии, представлявшие собой ограниченное по сроку разрешение на занятие определенным ремеслом и изготовление товаров в той или иной отрасли промышленности. В это же время в Англии появился термин «патент».

На особую актуальность проблема охраны промышленной собственности за рубежом приобрела в начале 70-х гг. XIX века, когда бурное научно-техническое

и экономическое развитие активизировало международную торговлю. Организация первых промышленных выставок обусловила необходимость охраны экспонируемых там образцов, и, поскольку охрана изобретений, знаков и промышленных образцов представляется в виде исключительных прав на использование, а также учитывая, что законы государства в области охраны промышленной собственности регулируют только те действия, которые были совершены или осуществлены в данном государстве, в качестве первоочередной стала задача создания правовой базы, которая смогла бы определить правовой режим охраны нематериальных объектов и обеспечить их охрану за пределами отдельно взятого государства. Одним из путей решения возникшей проблемы было создание общих межгосударственных норм, определяющих перечень объектов, которым может быть предоставлена охрана, и объем исключительных прав, предоставляемых владельцу промышленной собственности за рубежом, а также разработка норм, обеспечивающих механизм защиты этих прав. Данная задача могла быть решена только путем создания международного договора, регулирующего вопросы в области охраны промышленной собственности за пределами отдельно взятого государства. Таким договором явилась Парижская конвенция по охране промышленной собственности, которая вступила в силу 7 июля 1884 г. и действует по сегодняшний день. Государства, подписавшие Парижскую конвенцию, образовали Международный союз по охране промышленной собственности, возможность вступления в который открыта для всех государств.

Основной целью Парижской конвенции по охране промышленной собственности, которая по праву считается главным международным соглашением в рассматриваемой области, является создание благоприятных условий для патентования изобретений, промышленных образцов и других объектов промышленной собственности гражданами и организациями одних государств в других государствах. Парижская конвенция не предусматривает выдачи какого-либо международного патента, который действовал бы на территории разных государств. Для того чтобы обеспечить охрану разработки в том или ином государстве, необходимо запатентовать ее там. Участники Парижской конвенции договорились о том, что ими не будут устанавливаться никакие дискриминационные меры в отношении иностранных заявителей. Статья 2 конвенции предусматривает предоставление им такой же охраны, какая предоставляется или будет предоставляться в будущем в соответствующей стране ее собственным гражданам и фирмам (принцип национального режима).

Этот ведущий принцип конвенции дополняется рядом материально- правовых правил. Наиболее важным из них является уже рассматривавшееся выше правило о конвенционном приоритете, в силу которого заявка, поданная в одной стране-участнице, обладает во всех других странах-участницах приоритетом в течение 12 месяцев с момента подачи заявки в первой стране. Иными словами, заявителю предоставляется возможность в течение одного года (по промышленным образцам – в течение шести месяцев) испрашивать охрану во всех других странах-участницах; при этом приоритет будет определяться датой подачи первой правильно оформленной заявки в одной из стран-участниц.

Кроме норм о конвенционном приоритете, важное практическое значение имеют такие правила конвенции, как обеспечение временной охраны разработок, помещенных на официальных международных выставках, свободное использование запатентованных объектов в транспортных средствах, временно или случайно находящихся на территории, где они пользуются правовой охраной, обязательное осуществление изобретений и выдача принудительных лицензий, независимость друг от друга патентов, выданных в разных странах, и др.

Однако Парижская конвенция не устранила территориальной ограниченности действия патента и не решила многих вопросов, возникающих при патентовании за рубежом. Наиболее важные вопросы патентного права, такие как перечень объектов, которым может быть предоставлена охрана, критерии охраноспособности, льготы по новизне, срок действия патента и т. д., остались в компетенции национальных патентных законодательств стран-участниц Парижской конвенции. Кроме того, Парижской конвенцией не были решены вопросы, касающиеся технической сферы рассмотрения заявок, такие, например, как унификация требований к оформлению заявки, а также не были решены вопросы организации патентного поиска и экспертизы, которые являются наиболее трудоемкими процедурами в любом патентном ведомстве.

Необходимость кооперации и сотрудничества в данных вопросах обусловила разработку новых договоров и соглашений в рамках Парижской конвенции.

В конце 60-х – начале 70-х гг. XX века в связи с быстрым ростом числа заявок на выдачу патентов проблема патентования встала особенно остро, идея кооперации и сотрудничества в технических вопросах рассмотрения заявок на изобретения при сохранении полного суверенитета национальных патентных ведомств над правовыми вопросами была реализована сразу в двух межгосударственных договорах. Были разработаны и практически одновременно вступили в действие региональное соглашение – Европейская патентная конвенция (ЕПК) и международный договор – Договор о патентной кооперации (PCT).

Договор о патентной кооперации (PCT) имеет своей основной задачей облегчение подачи заявок на охрану одной и той же разработки в разных странах и сокращение дублирования в работе патентных ведомств. Договор предусматривает возможность составления и подачи в национальное патентное ведомство так называемой международной заявки в тех случаях, когда заявитель хочет обеспечить охрану разработки в нескольких странах. Подача международной заявки избавляет заявителя от необходимости оформлять и подавать заявки в каждую из стран, в которых он желает получить охрану. В страны, избранные заявителем, направляются результаты рассмотрения международной заявки, на основе которых патентные ведомства соответствующих стран, как правило, без проведения повторной проверки, решают вопрос о выдаче охранных документов.

Помимо кооперации в сфере проведения патентной экспертизы договор PCT преследует цели быстрейшего распространения технической информации, а также оказания помощи тем странам, которые не в состоянии собственными силами обеспечить качественное и своевременное рассмотрение заявок.

*Региональные патентные системы.* Работа патентных ведомств различных стран принципиально имеет один и тот же характер, поэтому вполне логичной является идея кооперации нескольких стран с целью организации единого патентного ведомства, обеспечивающего прием и регистрацию охранных документов, которые действуют на территориях кооперирующихся стран. Впервые эта идея была реализована после второй мировой войны в Европе.

Основной особенностью региональных патентных систем является то, что патенты, выдаваемые патентным ведомством региональной системы, действительны во всех государствах, образовавших эту систему. В пределах конкретной региональной системы национальные законы и подзаконные акты по вопросам патентования объектов промышленной собственности унифицируются.

Патентная кооперация является составной частью процесса регионального экономического сближения, и в ней участвуют те государства, которые являются участниками той или иной региональной интеграционной группировки. Процедура предоставления охраны изобретениям и поддержания прав на патенты предусматривает выполнение административных функций, в сущности, одинаковых для многих стран. Получение регионального патента значительно сокращает издержки, связанные с патентованием в нескольких государствах: заявитель готовит заявку на одном языке, она подается через одного патентного поверенного, в то же время полученный патент обеспечивает охрану изобретения в нескольких государствах. За счет сокращения материальных и временных затрат облегчается процесс патентования и достигается более глубокое взаимодействие национально-правовых систем охраны. Тем самым смягчается территориальный характер прав на изобретения, способный создавать препятствия на пути достижения основных свобод общего рынка: свободы движения товаров и услуг и свободы конкуренции. Поэтому учреждение институционных механизмов для оформления прав на патенты является закономерным результатом региональной экономической интеграции.

*Европейская патентная система*. В 1973 г. на конференции в Мюнхене европейские государства приняли конвенцию о выдаче европейских патентов. Ее подписали 16 государств, что положило начало созданию Европейской региональной патентной системы. Главная цель этой системы – содействие интеграционным процессам в экономике Европы.

Системой управляет административный совет, работу по экспертизе заявок и выдаче патентов выполняет Европейское патентное ведомство (ЕПВ). Европейские патенты может получить любой заявитель независимо от того, проживает он на территории подписавших эти конвенции государств или нет. Патенты, выдаваемые ЕПВ, могут быть по желанию заявителя действительны на территории всех или только некоторых государств, входящих в европейскую региональную систему.

Европейская патентная конвенция, вступившая в силу в 1977 г., в настоящее время насчитывает 32 европейских государства, т. е. охрана объектов промышленной собственности в рамках Европейской патентной конвенции становится возможной практически на всей территории Европы. Однако следует заметить,

что конвенция предоставляет охрану только изобретениям. В соответствии с процедурой, регламентированной Европейской патентной конвенцией, заявитель имеет возможность вместо нескольких патентных заявок на разных языках, подаваемых в различные патентные ведомства, подать только одну заявку на одном языке и проводить ее экспертизу в одном Европейском патентном ведомстве. В случае положительного решения экспертизы заявителем приобретаются патентные права, действующие независимо в тех европейских государствах, которые были указаны заявителем в заявке на выдачу европейского патента при ее подаче. Но при этом следует учитывать, что на сегодняшний день в рамках Европейской конвенции не существует единого охранного документа – европейского патента, и, в случае принятия Европейским патентным ведомством решения о выдаче патента, заявитель получает своеобразный «букет» из национальных патентов, каждый из которых действует независимо от другого. Таким образом реализуется основополагающий принцип конвенции, согласно которому осуществление прав, возникающих вследствие выдачи европейского патента, регулируется нормами национального законодательства каждой из стран-участниц Европейской патентной конвенции. Это касается и сроков действия патента в каждой отдельной стране, и применяемых мер пресечения недобросовестной конкуренции.

*Евро-Азиатская патентная организация.* В 1994 г. в Москве была подписана Евро-Азиатская патентная конвенция и создана Евро-Азиатская патентная организация (ЕАПО). В нее входят 10 государств. Участие в ЕАПО обеспечивает упрощение и удешевление процедуры получения патента на Изобретение, который действует во всех государствах организации: одна заявка на одном (русском) языке – одна экспертиза – один патент. Рассматривает заявки и выдает патенты Евро-Азиатское патентное ведомство (ЕАПВ). К ЕАПО могут присоединяться любые другие государства-члены Организации объединенных наций (ООН) и Парижской конвенции по охране промышленной собственности.

*Африканские региональные патентные системы*. Вслед за Европой в Африке были созданы две региональные системы охраны промышленной собственности. В 1962 г. двенадцать франкоговорящих стран Африки учредили Африканское и Малагасийское ведомства по промышленной собственности. Данное соглашение было пересмотрено позднее (в 1977 г.) в соответствии с Бангийским соглашением, в котором было провозглашено создание Африканской организации интеллектуальной собственности (OAPI). Эта организация создана для регистрации таких объектов промышленной собственности, как патенты, товарные знаки и промышленные образцы. В настоящее время членами OAPI являются следующие государства: Бенин, Буркина-Фасо, Камерун, Центральноафриканская Республика, Чад, Конго, Габон, Кот-де'Ивуар, Мали, Мавритания, Нигер, Сенегал и Того. Все охранные документы, выданные OAPI, являются действительными на территории всех перечисленных стран.

С целью помощи англоговорящим странам Африки с 1973 г. ВОИС и Экономическая комиссия ООН по Африке выполнили комплекс работ, направленных на создание патентной системы англоговорящих стран. Решение о создании этой системы было принято в г. Лусака (Замбия) в декабре 1976 г. Соглашение о соз-

дании Африканской региональной организации промышленной собственности англоговорящих стран (ESARIPO) вступило в силу 15 февраля 1978 г. С декабря 1985 года ESARIPO было переименовано в Африканскую региональную организацию промышленной собственности (ARIPO). Государствами-членами этой организации являются: Ботсвана, Гамбия, Гана, Кения, Лесото, Малави, Сьерра-Леоне, Сомали, Судан, Танзания, Уганда, Замбия и Зимбабве. Эта организация ставит своей целью гармонизацию законодательств в области интеллектуальной собственности стран-участниц ARIPO, получает и регистрирует заявки на патенты и промышленные образцы.

## 8. КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Разработка и внедрение высоких технологий – ключевой фактор рыночного производства, научно-технического прогресса. Патентно-лицензионная политика государства во многом определяет развитие страны. От ее направленности, правильного выбора и реализации зависит решение ключевых социально-экономических задач.

В экономическом обороте патенты охраняют весь комплекс мероприятий, связанных со сбытом патентованных товаров и технической помощью, а также в виде лицензий выступают как непосредственные объекты коммерческих сделок. Кроме того, они являются ценнейшим источником технической информации. При приобретении лицензии открывается доступ к новой прогрессивной технологии производства, лицензиат экономит время и средства, которые в иных условиях пришлось бы затратить на исследовательские работы. Это особенно важно в современной конкурентной борьбе в связи с сокращением сроков морального старения товаров. Поэтому многие фирмы предпочитают не тратить средств и времени на самостоятельные исследования, а покупают лицензии на чужие, хорошо зарекомендовавшие себя изобретения. «Без зарубежных лицензий, – заявлял, например, директор японской фирмы «Явата эйрон энд стил» Т. Хираи, – наша программа развития сталелитейной промышленности растянулась бы дополнительно на десять лет». Приобретение лицензий позволяет также экономить иностранную валюту, которую в иных условиях пришлось бы расходовать на импорт товара.

Лицензии используются как средство освоения тех внешних рынков, на которые экспорт товаров или капиталов невозможен или выгоден. Кроме того, торговля лицензиями стимулируется еще и ростом международного научно-технического обмена, расширяющего по мере прогресса техники, увеличения роли науки в производстве и усиление неравномерности ее развития в отдельных странах. Коммерческий характер такого обмена требует правового обоснования в виде патентования изобретений в иностранных государствах, лицензии же служат непосредственной формой сделок по продаже таких специфических товаров, как изобретения. Именно в форму лицензионных соглашений, например, облекаются многочисленные соглашения об оказании технической помощи.

## 8.1. Предлицензионные договоры

При подготовке и заключении договоров о передаче технологии весьма важен начальный период. Он связан с доведением разработки до промышленного использования, ее маркетингом, загранпатентованием. В большинстве случаев изобретатель не имеет для этого собственных ресурсов и старается привлечь средства инвестора, желая при этом сохранить определенный контроль над изобретением. В свою очередь инвесторы хотят иметь гарантии возврата вложенных средств и получения прибыли, если коммерческая реализация разработки будет успешной.

### *8.1.1. Договор об оценке технологии*

Это, по сути, опционный договор, передающая сторона которого в силу своих ограниченных возможностей (финансовых или иных) не способна довести технологию до пригодного к коммерческому использованию состояния. Все необходимые для этого действия (изготовление образцов, испытания, экспертная оценка, изучение рынка и т. п.) берет на себя принимающая сторона. При этом весьма высока вероятность получить отрицательную оценку коммерческой применимости технологии. Поэтому и оплата за нее при положительном результате будет ниже, чем при нормальном опционном договоре. Как правило, ни передача имеющейся документации (зачастую это только материалы заявки на изобретение или полезную модель), ни ее оценка не сопровождаются какими-либо выплатами. Вознаграждение передающей стороне предусмотрено лишь при последующем заключении лицензионного договора, поскольку все расходы по оценке, а в ряде случаев и по доработке изобретения ложатся на принимающую сторону.

Принимающая сторона в таких договорах не идет на оговорку о возможности заключения основного договора с третьим лицом при предложении последним более выгодных условий. Кроме того, она обычно настаивает на отказе разработчика от самостоятельного распространения информации об оцениваемой технологии в период действия договора. Тем не менее, для авторов, желающих коммерциализовать свои разработки, да и для многих отечественных организаций заключение договора об оценке является единственной реальной возможностью начала маркетинга.

Услуги по оценке коммерческой применимости технологии часто предлагают посреднические фирмы, осуществляющие предварительный отбор технологий для передачи их заинтересованным компаниям. В этом случае принимающая сторона договора об оценке оговаривает себе определенный процент от платежа по будущему лицензионному договору. Срок действия договоров об оценке технологии с посредническими фирмами обычно составляет от полугода до года. Некоторые фирмы предпочитают принимать на оценку только относительно простые изобретения, требующие минимальной технологической доработки, исходя из принципа «меньший доход при меньшем риске». Встречаются ограничения по новизне изобретения. Например, на оценку принимаются изобретения, заявки на которые были поданы от трех месяцев до полугода тому назад. Минимальный

срок говорит об уважении к российскому законодательству, а максимальный позволяет еще провести зарубежное патентование изобретения с использованием конвенционного приоритета.

### *8.1.2. Договор о сотрудничестве*

Другим часто встречающимся вариантом опционного договора является договор о сотрудничестве, заключаемый между разработчиком и инвестором для совместного доведения изобретения до коммерческого использования. В отличие от договора об оценке технологии он предполагает наличие определенных средств и возможностей у разработчика и представляет, таким образом, договор о совместной деятельности. При этом чаще всего одна сторона отвечает за технологическую, а другая – коммерческую часть продвижения изобретения на рынок.

Разработчик осуществляет подготовку технической документации, создание опытных образцов, проведение опытной проверки (с соответствующим оформлением результатов) и т. п. Инвестор отвечает за продвижение технологии на рынок, нередко оплачивает патентование в согласованных странах. Как правило, договор предусматривает предоставление инвестору права на ведение переговоров и подписание договоров и иных необходимых документов от имени разработчика. Иногда право на подписание документов ставится в зависимость от предварительного согласования и получения в каждом случае письменного подтверждения.

### *8.1.3. Договор о патентной чистоте*

Во всех случаях, когда предлицензионные договоры предусматривают передачу внутри России материальных объектов (опытных образцов и т. п.), должны быть рассмотрены вопросы патентной чистоты. Следует определить, может ли в принципе такая передача нарушить охраняемые законом исключительные права третьих лиц, или она входит в перечень действий, не признаваемых нарушением исключительного права патентообладателя (например, это только проведение научного исследования или эксперимента). Напомним, что в России передача технической документации не считается использованием изобретения, и в таком случае вопрос о патентной чистоте не стоит. Если предусматривается передача за рубеж, то этот вопрос в отношении соответствующей страны может возникнуть и при передаче только технической документации.

Если будет выяснено, что предусмотренная предлицензионным договором передача технологии может в принципе привести к нарушению прав третьих лиц, необходимо провести поиск на патентную чистоту, руководствуясь соответствующим государственным стандартом, и принять меры к исключению возможного нарушения или достижению договоренности с владельцами таких прав. В силу разброса информации, возможных пробелов в фондах и базах данных даже самый тщательный поиск не может дать стопроцентной уверенности. Поэтому в договоре желательно определить, на ком лежит ответственность за возможное наруше-

ние исключительных прав третьих лиц, и как в таком случае будут действовать стороны. Если это не оговорено, а впоследствии возникнет конфликт с третьими лицами, то, скорее всего, ответственной будет признана передающая сторона (разработчик технологии), поскольку в прежних типовых договорах обязанность проверки патентной чистоты возлагалась на лицензиара.

### 8.2. Лицензионные соглашения

Законодательство определяет три вида лицензионных договоров, подлежащих регистрации:

– договор об уступке патента, на основании которого право на патент переходит от одного патентообладателя – юридического и/или физического лица – другому;

– договор исключительной лицензии, заключив который, патентообладатель передает лицензиату исключительное право на использование изобретения, охраняемого патентом, и лишается права заключать на аналогичных условиях договоры по нему с третьими лицами;

– договор неисключительной лицензии, позволяющий патентообладателю предоставлять право на использование охраняемого патентом изобретения на аналогичных условиях неограниченному числу пользователей.

Перечисленные договоры подлежат регистрации в том случае, если они являются составной частью смешанных договоров, в частности договоров о совместной деятельности.

Незарегистрированные договоры не действительны, т. е. не производят юридического действия, как в отношении сторон договора, так и в отношении третьих лиц.

Регистрацию договоров осуществляет отдел лицензий и договорных отношений РОСПАТЕНТА. Регистрация позволяет установить правомочность лица, передающего права по патенту, выявить и устранить условия, противоречащие действующему законодательству, взаимоисключающие условия, а также иные упущения, в результате которых могут возникнуть серьезные последствия для сторон договора. Иными словами, она обеспечивает режим законности при заключении лицензионных договоров и договоров уступки патентов.

Такая опека государственной структуры способствует становлению отечественного рынка лицензий, что особенно важно при отсутствии прямого законодательного регулирования таких договоров и практики рассмотрения в судах споров, касающихся нарушения обязательств сторонами, их заключившими.

При заключении лицензионного договора возникают вопросы, связанные с предоставлением гарантий. Так, лицензиат желает иметь гарантии действительности патента, являющегося предметом соглашения, и возможности беспрепятственно использовать техническое решение, им охраняемое, а также гарантии осуществимости и качества того, что предлагает лицензиар.

В свою очередь лицензиар хочет иметь гарантию того, что передаваемая по лицензии технология не будет дискредитирована недобросовестным использова-

нием, что лицензия принесет ему реальную выгоду, а деятельность лицензиата не нанесет ущерба его собственной коммерческой деятельности.

Наиболее важны патентно-правовые гарантии. Уже в преамбуле большей части лицензионных соглашений, поступающих на регистрацию в отдел лицензий и договорных отношений РОСПАТЕНТА, указывается, что лицензиар обладает всеми необходимыми правами на соответствующие патенты.

В лицензионные соглашения, как правило, включаются гарантии лицензиара о действительности патента и поддержании его в силе. Невыполнение патентообладателем-лицензиаром обязательств по поддержанию патента в силе может привести к досрочному прекращению действия лицензионного договора. Такие гарантии не устраняют риск досрочного прекращения действия патента.

Необходимо помнить, что юридические последствия признания патента недействительным прямо зависят от причины аннулирования.

Если аннулирование патента произведено в виду несоответствия объекта промышленной собственности критериям патентоспособности, т. е. патентообладатель-лицензиар не мог знать об этом заранее, то лицензионный договор должен быть прекращен только с момента вынесения соответствующего решения.

Если патент аннулирован на основании неправильного указания в нем автора или патентообладателя, т. е. патентообладатель на момент заключения соглашения знал или должен был знать о незаконности предмета договора, то на основании ст. 168 ГК РФ договор должен быть признан недействительным с момента заключения со всеми вытекающими юридическими последствиями. Прецеденты принятия судами таких решений в отечественной практике уже имеются.

Лицензиат желает также получить от лицензиара гарантию об ответственности по искам третьих лиц на случай, если промышленное использование патента по лицензии нарушает патент, принадлежащий третьему лицу.

Вполне понятно, что эти гарантии, даже если они и представлены лицензиаром, не обеспечивают на практике полную безопасность лицензиата от претензий третьих лиц.

Поэтому лицензиар, действуя добросовестно, может заявить лицензиату, что на день договора права по лицензионному патенту не являлись предметом иска со стороны третьих лиц и не затрагивают их права. Однако лицензиар не может гарантировать лицензиату, что впоследствии к нему не будут предъявлены притязания третьих лиц.

Во избежание споров в лицензионных договорах предусматривается распределение обязанностей лицензиара и лицензиата по урегулированию претензий или требований, предъявляемых лицензиару со стороны третьих лиц. В случае, когда лицензиар – юридическое лицо, договоры, как правило, содержат положение о том, что лицензиат должен известить о претензиях третьих лиц лицензиара, который на свой риск и за свой счет обязан их урегулировать и принять необходимые меры для беспрепятственного использования предмета соглашения.

В лицензионных договорах предусматривается также распределение обязанностей между лицензиаром и лицензиатом по защите прав последнего в случае

их нарушения третьими лицами. Здесь возможны различные варианты распределения обязанностей и расходов, связанных с защитой прав лицензиата.

При распределении между лицензиаром и лицензиатом обязанностей по ведению судебного процесса следует учитывать, что требования к нарушителю патента, а, следовательно, и иски в суд могут быть заявлены только патентообладателем, а также обладателем лицензии исключительного права, если иное не предусмотрено лицензионным договором. На практике имеет место возложение на лицензиата неисключительной лицензии обязанности предъявлять иски к нарушителю патента, что препятствует регистрации договоров, содержащих такие положения.

Практика регистрации договоров свидетельствует, что не менее чем в 90 % из них передача прав на использование запатентованных технических решений сопровождается предоставлением ноу-хау, обеспечивающего возможность их эффективного промышленного использования. В связи с этим очевидна важность технических гарантий, позволяющих лицензиату быть уверенным, что он будет в состоянии изготавливать изделия того качества, что и лицензиар.

В лицензионном договоре возможно предусмотреть, чтобы лицензиар гарантировал результат, который получит лицензиат, используя предоставленные ему права по патенту и ноу-хау. Однако при этом договор потребует и условий, которые позволят его обеспечить. Такой договор должен определять все технические параметры, которые обусловливают получение результатов, перечислять детально все условия, необходимые для действенности гарантии.

Практически наиболее полная гарантия представляется возможной при условии, что производство лицензиата в течение определенного времени будет находиться под полным контролем лицензиара, что не всегда желательно для лицензиата. Следует отметить, что на практике лишь незначительная часть зарегистрированных лицензионных договоров содержит такие положения. Однако в силу особенностей правового регулирования они в полной мере присущи договорам коммерческой концессии.

Как правило, в лицензионных договорах, в которых предоставление права на использование запатентованных изобретений, полезных моделей, промышленных образцов сопровождается передачей ноу-хау, лицензиар гарантирует, что передает лицензиату без утайки все элементы, позволяющие добиться результатов, сопоставляемых с его собственными. Такие гарантии обеспечивают договорные положения о возможности осуществления контроля и/или технических испытаний на местах, когда производство продукции по лицензии уже освоено. При этом договор может содержать положения, уточняющие условия такого технического контроля.

Названные подходы к платно-правовым и техническим гарантиям соответствуют отечественной и международной практике в этой сфере и представляются оптимальными.

### *8.2.1. Договор исключительной лицензии*

При предоставлении простой лицензии лицензиар, разрешая лицензиату в установленных границах использовать объект соглашения, оставляет за собой право как самому эксплуатировать его, так и выдавать на тех же условиях лицензии третьим лицам. Обычно в рамках одной страны число лицензиатов редко превышает 4-5.

Выдавая исключительную лицензию, лицензиар предоставляет лицензиату уже исключительное право использования объекта соглашения в тех пределах, в которых это оговорено, отказываясь как от выдачи аналогичных лицензий третьим лицам, так и в принципе от самостоятельной эксплуатации объекта соглашения в установленных для лицензиата границах.

Однако лицензиар имеет право использовать объект соглашения самостоятельно или выдавать на его базе лицензии третьим лицам, если это не нарушает условий соглашения. Так, одной фирме исключительная лицензия предоставляется на производство продукции, другой – на ее сбыт. Несколько исключительных лицензий может быть продано фирмам из различных отраслей промышленности с запретом использовать объект соглашения где-либо вне этих отраслей.

Выбор типа лицензии – простой или исключительной – зависит, прежде всего, от объема рынка той страны или территории, на которую предоставляется лицензия, и характера изобретения.

В случае если рынок невелик, есть смысл выдать исключительную лицензию: наличие нескольких лицензиатов, получивших простые лицензии, создаст на этом небольшом рынке конкуренцию, которая в итоге собьет цены, что отразится и на объеме лицензионного вознаграждения.

Исключительная лицензия предпочтительна и при продаже изобретения с ограниченной сферой применения, так как объем сбыта товаров, произведенных на базе такой лицензии, будет невелик даже на самом обширном рынке (например, некоторых видов медикаментов).

Простые лицензии выдаются обычно на товары массового производства и спроса, а также в страны с емким внутренним рынком – США, Англию, ФРГ и др. В этих случаях несколько лицензиатов быстрее освоят рынок, чем один, и лицензиар будет гарантирован от применения лицензии в недобросовестных целях (например, для торможения производства). Кроме того, лицензиар сохраняет и за собой право выхода на данный рынок с запатентованной продукцией.

### *8.2.2. Договор коммерческой концессии*

Основное обязательство, определяющее особенности договора, – предоставление правообладателем пользователю комплекса исключительных прав на использование объектов интеллектуальной собственности в предпринимательской деятельности.

Комплекс исключительных прав, предоставленных правообладателем пользователю, состоит из известной триады прав, присущих также и договору франшизы:

– права действовать под фирменным наименованием и/или коммерческим обозначением правообладателя;

– права на товарные знаки, знаки обслуживания;

– права использовать принадлежащие ему охраняемые объекты промышленной собственности – изобретения, промышленные образцы, а также охраняемую коммерческую информацию (ноу-хау).

Коммерческая информация и коммерческий опыт, предоставляемые пользователю по договору, включают обычно профессиональное обучение персонала, специальный инструктаж в течение всего периода действия договора по различным аспектам организации хозяйственной деятельности, таким, как управление, создание сбытовой сети, эксплуатация оборудования, ведение учета и отчетности, обслуживание клиентов, приготовление фирменных блюд.

При этом правообладатель обязан предоставить пользователю всю необходимую техническую, коммерческую и иную информацию, выдать предусмотренные договором лицензии, проинструктировать пользователя и его работников по вопросам, связанными с реализацией предоставленных исключительных прав, а также оказывать постоянное техническое и консультативное содействие в обучении и повышении квалификации работников и не вправе отступить от этих обязанностей.

Следует отметить, что предметом договора коммерческой концессии служат отчуждаемые имущественные права.

Фирменное наименование и/или коммерческое обозначение являются необходимыми составляющими комплекса исключительных прав, передаваемых по договору коммерческой концессии, его стержневым элементом.

Прекращение же иных исключительных прав, переданных по договору коммерческой концессии, например окончание срока действия патента на изобретение или промышленный образец, свидетельства на товарный знак, прекращение их действия из-за неуплаты пошлины, аннулирования, не влекут за собой прекращение самого договора.

Сторонами по договору коммерческой концессии могут быть коммерческие организации и граждане, зарегистрированные в качестве индивидуальных предпринимателей.

Правообладателем способна выступать фирма, пользующаяся добротной рыночной репутацией, высоким деловым авторитетом, мощным производственным или коммерческим потенциалом.

Пользователем может быть независимый субъект рынка, который отвечает по своим обязательствам собственным имуществом, обладатель собственного, хотя и небольшого капитала, осуществляющий коммерческую деятельность по своему усмотрению и на свой риск, несущий ответственность в пределах принятых на себя обязательств.

Главное требование правообладателя к пользователю – обеспечить качество товаров не ниже фирменного. Однако в этом заинтересован и пользователь. Контроль правообладателя над деятельностью позволяет пользователю полностью интегрироваться в распределительно-сбытовую сеть правообладателя. Другие требования касаются неразглашения секретов производства правообладателя и полученной от него конфиденциальной информации. Нарушение этой обязанно-

сти может нанести ущерб правообладателю, так как сохранение конфиденциальности служит необходимой предпосылкой коммерческой ценности информации.

Пользователь обязан информировать потребителя о том, что он использует средства индивидуализации в соответствии с договором коммерческой концессии, и не вводить его в заблуждение.

Предусматривается возможность заключения пользователем договора коммерческой субконцессии с другими лицами и передачи им на его основе всего или части комплекса исключительных прав. При этом в договоре коммерческой концессии должно быть предусмотрено право (или обязанность) предоставлять третьим лицам субконцессии и условия их предоставления.

Предоставленные на основе субконцессии исключительные права производим от прав, полученных пользователем по основному договору. Их объем не может выходить за пределы прав пользователя. Превышение этих пределов может рассматриваться как нарушение прав пользователем (именуемым вторичным правообладателем) его обязанностей по договору концессии.

Предусмотренные обязательства пользователя не конкурировать с правообладателем и обязательство правообладателя не выдавать концессию другим пользователям на той же территории обусловлены необходимостью четкого определения объема предоставляемых по договору исключительных прав, включая разграничения территориальной и иной сферы между правообладателем и пользователем. Аналогичные условия характерны для лицензионных договоров на объекты промышленной собственности.

Правообладатель также вправе возложить на пользователя обязательства по согласованию с ним места расположение своих «коммерческих точек».

*Требования к оформлению договорных отношений в рамках коммерческой концессии.* Договор заключается в письменной форме. Кроме того, он подлежит государственной регистрации в соответствующем органе, ведущем государственный реестр юридических лиц и граждан-предпринимателей. Необходимость этой процедуры обусловлена особенностями системы возникновения и закрепления исключительных прав на фирменное наименование и спецификой правового статуса граждан, занимающихся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица.

Юридическое лицо, фирменное наименование которого зарегистрировано в установленном порядке, имеет исключительное право его использования.

Лицо, неправомерно использующее чужое зарегистрированное фирменное наименование, по требованию обладателя права на фирменное наименование обязано прекратить его использование и возместить причиненные убытки.

Таким образом, исключительное право на фирменное наименование возникает с момента включения юридического лица в реестр юридических лиц. Лицо, зарегистрированное в качестве индивидуального предпринимателя, в отличие от юридического лица, использует коммерческое обозначение. Охрана коммерческого обозначения не регламентирована российским законодательством, исключительное право на использование коммерческого обозначения возникает с фактического начала его использования. Права на коммерческое обозначение могут

быть защищены в России в соответствии со ст. 8 Парижской конвенции по охране промышленной собственности.

Вместе с тем гражданин вправе заниматься предпринимательской деятельностью без образования юридического лица с момента государственной регистрации в качестве индивидуального предпринимателя.

При наличии в договоре коммерческой концессии положений о передаче прав на использование охраняемых объектов промышленной собственности (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, товарных знаков) он подлежит обязательной регистрации в РОСПАТЕНТЕ. При несоблюдении этого требования договор считается ничтожным, т. е. не производит юридического действия, как в отношении сторон договора, так и в отношении третьих лиц.

Регистрация осуществляется в соответствии с Правилами рассмотрения и регистрации договоров о предоставлении права на использование изобретения, полезной модели, промышленного образца и Правилами регистрации договоров об уступке товарного знака и лицензионных договоров о предоставлении права на использование товарного знака.

Договор коммерческой концессии регламентирован как самостоятельный вид договора.

Хотя договорная деятельность пользователя близка к функциям традиционных дистрибьюторов – лицензионных агентов, дилеров, коммивояжеров, маклеров и других наемных лиц, действующих на основе договора комиссии или агентского, коммерческая концессия по своей правовой работе отличается от них.

Во-первых, по договору коммерческой концессии пользователь действует от своего имени и по собственному усмотрению. Во-вторых, за действия он несет ответственность собственным имуществом.

Кроме того, при договоре коммерческой концессии пользователь вознаграждает правообладателя, а не наоборот, как это имеет место при договоре комиссии или агентском.

Существует мнение, что договор коммерческой концессии является разновидностью лицензионных договоров. Данное мнение основано на том, что основным обязательством по нему является предоставление правообладателем пользователю исключительных прав на использование объектов интеллектуальной собственности.

У этих договоров действительно много общего. В соответствии со ст. 1234 ГК РФ по лицензионному договору патентообладатель (лицензиар) обязуется предоставить право на использование охраняемого объекта промышленной собственности в объеме, предусмотренным договором, другому лицу (лицензиату), а последний принимает на себя обязанность вносить лицензиару обусловленные договором платежи и осуществлять другие действия, предусмотренные договором».

Таким образом, речь идет о предоставлении права на использование охраняемых объектов промышленной собственности в том или ином объеме. Лицензиат, как и пользователь, по договору о коммерческой концессии выплачивает

лицензиару обусловленные договором платежи за предоставленное право. Прибыль лицензиара также может зависеть от успеха деятельности лицензиата.

Стороны лицензионного договора могут находиться в тесных рабочих отношениях. Однако это не является обязательным условием, как должен предусматривать договор о коммерческой концессии.

Вместе с тем в отличие от лицензиата успех пользователя договора коммерческой концессии зависит от умения правообладателя создать прибыльную систему, обучать пользователя правилам надлежащей ее работы, совершенствования и развития, постоянного контроля пользователя и содействия ему в течение срока договора коммерческой концессии. Отступить от этих обязанностей правообладатель не вправе.

Если предметом лицензионного договора являются исключительные права на охраняемые объекты промышленной собственности и их прекращение (окончание срока действия патента, досрочное прекращение его действия из-за неуплаты пошлины, аннулирования, утраты конфиденциальности информации, соответствующей ноу-хау) ведет к прекращению лицензионного договора, то прекращение исключительного права, пользование которым предоставлено по договору коммерческой концессии, не ведет к прекращению этого договора. Свое действие прекращают лишь положения, относящиеся к прекратившемуся праву, т. е. «лицензионная часть» договора коммерческой концессии.

### *8.2.3. Франшиза*

В последнее время в странах с развитой экономикой значительно увеличилась продажа товаров и услуг на условиях франшизы. Эта разновидность договорно-обязательственных отношений, именуемая также «франчайзинг», рассматривается как новая, наиболее прогрессивная система организации бизнеса и этики деловых отношений.

По определению экспертов ВОИС, франшиза – это договор, по которому одно лицо (правообладатель), имеющее разработанную систему ведения определенной деятельности, разрешает другому лицу использовать эту систему согласно требованиям владельца франшизы в обмен на вознаграждение.

По договору франшизы правообладатель (франшизер) предоставляет пользователю (франшизанту) весь комплекс принадлежащих ему прав на интеллектуальную собственность (один или несколько товарных знаков, фирменное наименование, изобретения и промышленные образцы, ноу-хау, произведения, охраняемые авторским правом). При этом исключительные права одной стороной предоставляются другой стороне на льготной, привилегированной основе. Наряду с передачей права на интеллектуальную собственность, франшизер оказывает постоянную организационную техническую и коммерческую помощь, опекает франшизанта в полной риска сфере предпринимательства и рыночных отношений.

Зависимость франшизанта от исключительных прав франшизера и принятые им на себя обязательства придерживаться в своей деятельности стандартов и качества не ниже франшизера, позволяют последнему контролировать франши-

зинговую сеть так, как если бы она была его собственной фирменной дистрибьюторской сетью. Франшизант заинтересован в совместной деятельности не меньше. Ему не надо отвоевывать «место под солнцем» в ожесточенной борьбе с конкурентами. На отведенной «заповедной» территории он надежно защищен фирменным наименованием франшизера, его товарным знаком, пользуется его технологическими разработками, коммерческими приемами и опытом.

Главная особенность франшизы – включение пользователя в систему деловой активности правообладателя, право и обязанность пользователя действовать под фирменным наименованием или коммерческим обозначением правообладателя, на его оборудовании и в соответствии с его инструкциями.

Основная сфера распространения франшизы – распределение товаров и услуг системы бензозаправочных станций, автомастерских, автошкол, пунктов проката, ремонтно-строительных предприятий, салонов моды и косметических услуг, аптек, центров профориентации и переподготовки рабочей силы, химчисток и прачечных, пунктов по оказанию компьютерных услуг, ремонту бытовой и электронной аппаратуры, гостиничного хозяйства и многое др.

## 8.3. Международная торговля лицензиями на объекты интеллектуальной собственности

Операции по продаже патентов и лицензий являются весьма специфичной формой коммерческих сделок. Они географически ограничены территориальным характером действия патента и поэтому, строго говоря, являются сделками только во внутреннем экономическом обороте страны патентования. Правда, с развитием зарубежного патентования сторонами такой сделки, касающейся сугубо локальных прав, могут выступать фирмы различных стран, и потому платежи за покупку-продажу патентов и лицензий на их базе попадают в международный платежный оборот, составляя одну из статей «невидимых операций» в платежном балансе. Но в этом случае речь идет не об «экспорте патентов», как у нас иногда говорят (патент как строго территориальное право не может «передвигаться» из страны в страну), а лишь о продаже зарубежных активов фирмы. Вместе с тем с достаточной степенью условности можно говорить об «экспорте лицензий», когда фирма выдает их на базе патентов, полученных за рубежом, ибо продажа лицензий обычно не ограничивается допуском к использованию прав патентовладельца и предполагает передачу «ноу-хау», то есть реальную пересылку документации, образцов, моделей, узлов, оборудования, командировки специалистов и т. д., а иногда и основывается исключительно на такой передаче. Вообще же в обоих случаях правильнее говорить об экспорте технологии или экспорте научно-технической мысли.

Необходимость торговли лицензиями диктуется особенностями самого прогресса техники, заключенного в рамки патентной системы. Как уже указывалось, подавляющее большинство изобретений возникают не на пустом месте, а имеют какой-то прототип. Даже отличаясь от него существенной новизной, изобретения все же содержат в себе наряду с новыми уже известные элементы техники, кото-

рые, в свою очередь, могут оказаться предметами ранее выданных и еще сохраняющих силу патентов. Поэтому вновь выданный патент оказывается связанным и не может быть использован без нарушения ранее выданного кому-то патента, а, следовательно, без приобретения лицензии на этот последний. В свою очередь, владелец старого патента бывает заинтересован в приобретении более передовой технологии, так что дело кончается обычно обменом лицензиями («перекрестной лицензией») между владельцами связанных патентов.

Далее, при современном уровне развития техники создание нового производства редко базируется на одном патенте, а гораздо чаще на совокупности, «блоке» патентов, которые могут принадлежать многим владельцам. Поэтому организовать выпуск нового товара бывает обычно невозможно до тех пор, пока какой-нибудь предприниматель не скупит весь «блок» патентов или лицензии на них. При этом в сфере международной торговли эта задача многократно усложняется, ибо в силу строго территориального характера патентного права он должен собрать такой «блок» в каждой стране, где намечаются коммерческие операции с данной новинкой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт развития человечества показывает, что даже страны с развитой рыночной моделью экономики и свободного предпринимательства идут не только по пути поддержки частных инвесторов, но и прямого государственного финансирования инновационных проектов, реализуемых как мелкими фирмами, так и университетами. При этом инновационная деятельность декларируется «как объективно возникающий процесс, в котором главная роль принадлежит не деньгам, а трансформации знаний в пригодную для продажи технологию или продукцию». Целенаправленное финансирование было бы не столь эффективно без совершенствования системы поддержки и охраны интеллектуальной собственности, без надежного механизма реализации законов, особенно в части, позволяющей правообладателям отстаивать свои права против нарушителей, тем самым реализуя легальную возможность монополизировать свое дело в течение срока действия объекта интеллектуальной собственности. Есть две основные взаимосвязанные причины, по которым страны принимают законы, направленные на охрану интеллектуальной собственности. Одна из них – необходимость оформить законным образом моральные и экономические права авторов произведений интеллектуального творчества, а другая – стремление стимулировать в рамках спланированной правительственной политики творческую активность людей и распространение и применение ее результатов, а также поощрять честную торговлю. Все это способствует экономическому и социальному развитию.

В современных экономических и политических условиях развития России все большую роль играют процессы, происходящие в ключевой сфере – интеллектуальной. Как известно, эта сфера относится к главнейшему ресурсу государства – его научно-техническому потенциалу.

От того, насколько значителен интеллектуальный потенциал общества и уровень его культурного развития, зависит, в конечном счете, и успех решения стоящих перед ним экономических проблем. В свою очередь наука, культура и техника могут динамично развиваться только при наличии соответствующих условий, включая необходимую правовую защиту и оценку интеллектуальной собственности.

Принято считать, что «знание – сила». Следует добавить, что в современном мире знание это еще и богатство.

Интеллектуальная собственность занимает все более прочные позиции и становится фундаментом экономики, основанной на знаниях.

Фундаментальные изменения в экономике и социальной структуре общества, крупнейшие прорывы на ключевых направлениях научно-технического прогресса ведут к переосмыслению места и роли интеллектуальной собственности в развитии общества.

Глобальная информационно-коммуникационная система кардинально изменила условия для экономического обмена и взаимодействия, образования, науки, бизнеса, межличностного общения, устраняя пространственные, временные, социальные, языковые и иные барьеры, формируя единое информационное пространство. Именно эти тенденции по всей вероятности и будут определять развитие института интеллектуальной собственности в будущем, открывая новые возможности и предъявляя новые требования к творческому потенциалу, как отдельной личности, так и общества в целом.

## ТЕРМИНЫ

*Гражданское право* – отрасль права, регулирующая имущественные и личные неимущественные отношения участников гражданского оборота: граждан между собой, граждан и организаций между собой.

*Интеллект* (лат. Intellectus – познание, понимание, рассудок) – способность мышления, рационального познания.

*Концессия* (коммерческая) – договор о передаче в эксплуатацию (пользование) на определенный срок объекта.

*Лицензия* – разрешение на использование изобретения или объекта.

*Патент* (лат. Patens (patentis) – открытый, явный) – свидетельство, выдаваемое правительством изобретателю на право исключительного пользования сделанным изобретением.

*Право* совокупность общеобязательных правил поведения (норм), установленных или санкционированных государством.

*Приоритет* (лат. Prior – первый, старший) – первенство по времени в осуществлении какой-либо деятельности; необходимое условие выдачи патента на изобретение.

*Экспертиза* – исследование специалистом вопросов, решение которых требует специальных знаний.

*Юриспруденция* (лат. jurus-prudentia – правоведение) – юридическая наука, правовая система.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Белов В. В., Виталиев Г. В., Денисов Г. М.* Интеллектуальная собственность. Законодательство и практика его применения: учеб. пособие. М.: Юристъ, 1999. 288 с.

2. *Гражданский кодекс Российской Федерации*. М.: Издательство «ЭКСМО», 2011. 654 с.

3. *Григорьев А. Н.* Евразийское патентное законодательство в действии. Патенты и лицензии. 12-99, С. 28-29.

4. *Еременко В. И.* Европейское патентное законодательство. М., 1989.

5. *Земляков Д. Я., Макашев М. О.* Франчайзинг. Интегрированные формы организации бизнеса: учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2003. 142 с.

6. *Как защитить ИС в России.* Правовое и экономическое регулирование: справ, пособие. М.: Высшая школа, 1989. 237 с.

7. *Калятин В. О.* Интеллектуальная собственность (исключительные права). М.: Юрист, 2005.

8. *Макагонова Н. В.* Патентное право. М.: Юрист, 2004.

9. *Макагонова Н. В.* Авторское право: учеб. пособие / под ред. Э. П. Гаврилова. М.: Юридическая литература, 1999. 86 с.

10. *Сергеев А. П.* Право интеллектуальной собственности в Российской Федерации: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ТК Велби, 2004. 752 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

**Примеры изобретений (механизм поворота платформы экскаватора, устройство для транспортирования грузов)**

МКИ[9] E02F9/12

## МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА ПЛАТФОРМЫ ЭКСКАВАТОРА
**Авторское свидетельство № 905394, опубл. 15.02.82. Бюл. № 6**

*Описание изобретения*

Изобретение относится к элементам горных и строительно-дорожных машин, в частности к механизмам поворота экскаваторов, отвалообразователей и других машин.

Известно поворотное устройство, включающее опорную раму, поворотную платформу, горизонтальные верхний и нижний диски, между которыми расположены силовые гидроцилиндры, взаимодействующие с зубчатым венцом [1].

Однако в известном устройстве силовые цилиндры из-за жесткого крепления штоков подвержены действию изгибающих усилий, что вызывает увеличение размеров цилиндров.

Наиболее близким по техническому решению к предлагаемому изобретению является механизм поворота платформы экскаватора, включающий опорную раму с поворотной платформой, зубчатый венец, прикрепленный к платформе, и силовые цилиндры, штоки которых соединены шарнирно с кривошипами и имеют ролики, установленные с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом [2].

Недостатками данного механизма являются сложность монтажа и низкая его ремонтопригодность, поскольку силовые цилиндры расположены внутри зубчатого венца и доступ к механизму ограничен, и большие габариты при расположении силовых цилиндров снаружи венца.

Цель изобретения – уменьшение габаритов и повышение ремонтопригодности механизма поворота платформы экскаватора.

Поставленная цель достигается тем, что зубья венца выполнены на его торцовой поверхности с расположением их продольных осей в горизонтальной плоскости, а силовые цилиндры расположены вертикально.

На рис. 1 изображен механизм поворота платформы экскаватора.

Гидравлический механизм поворота экскаватора включает опорную раму *1*, поворотную платформу *2*, установленные вертикально силовые цилиндры *3*, шарнирно закрепленные на опорной раме *7*, штоки *4* которых снабжены роликами *5* и соединены с кривошипами *6*, установленными на поворотной платформе *2*. Поворотная платформа *2* имеет зубчатый венец *7*, зубья *8* которого выполнены на его торцовой поверхности и их продольные оси *9* расположены в горизонтальной

плоскости, причем ролики *5* установлены с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом *7*.

Гидравлический механизм поворота экскаватора работает следующим образом.

При подаче рабочей жидкости в силовые цилиндры *3*, закрепленные на опорной раме *1*, происходит перемещение штоков *4*. Ролики *5* при этом упираются в поверхность зубьев *8* венца *7*. В результате возникает крутящий момент, обеспечивающий заданный закон движения поворотной платформы *2*. При этом кривошипы *6* разгружают силовые цилиндры *3* от действия изгибающих нагрузок.

Данная конструкция гидравлического механизма поворота экскаватора обеспечивает повышение ремонтопригодности, уменьшает длительность и стоимость ремонтных работ на 10-15 % и снижает габариты механизма.

*Источники информации, принятые во внимание при экспертизе*

1. *Кузнецов В. Н.* Гидравлический механизм поворота платформы экскаватора! Авторское свидетельство СССР № 218065, кл. Е 02 F 3/12, 1968.

2. *Закаменных Ю. Г., Комиссаров А. П., Кубачек В. Р., Филатов В. И.* Гидравлический механизм поворота платформы экскаватора: Авторское свидетельство СССР № 619603, кл. Е 02 F 9/12, 1978 (прототип).

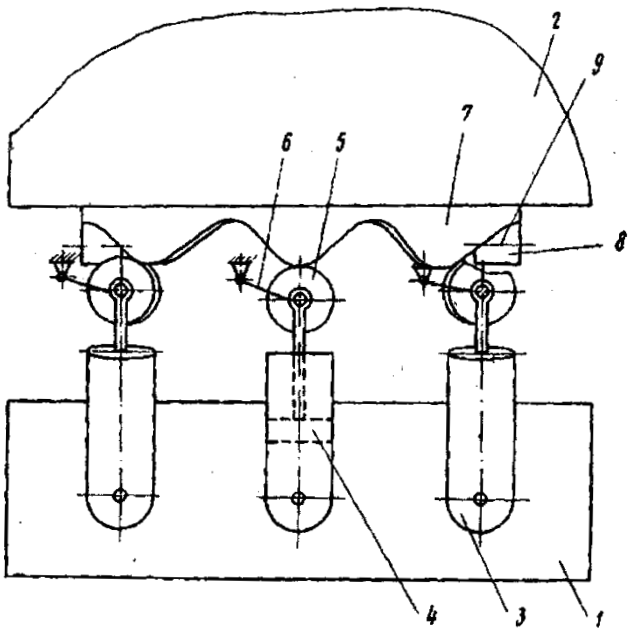



Рис. 1. Механизм поворота платформы экскаватора:
*1* – опорная рама; *2* – поворотная платформа; *3* – силовой цилиндр; *4* – шток; *5* – ролик; *6* – кривошип; *7* – зубчатый венец; *8* – зубья; *9* – продольная ось

*Формула изобретения*

Механизм поворота платформы экскаватора, включающий опорную раму с поворотной платформой, зубчатый венец, прикрепленный к платформе, и силовые цилиндры, штоки которых шарнирно соединены с кривошипами и имеют ро-

лики, установленные с возможностью взаимодействия с зубчатым венцом, отличающийся тем, что, с целью уменьшения габаритов и повышения ремонтопригодности, зубья венца выполнены на его торцовой поверхности с расположением их продольных осей в горизонтальной плоскости, а силовые цилиндры расположены вертикально.

МКИ$^{9}$ B66B9/06

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОВ
**Патент на изобретение № 2069637, опубл. 27.11.96. Бюл. № 33**

*Описание изобретения*

Изобретение относится к горнотранспортному оборудованию, в частности, к транспортированию грузов в карьерах.

Известно устройство для транспортирования грузов, включающее две пары направляющих с установленными на них грузовыми платформами, содержащими эстакаду и ходовую тележку и связанными между собой эластичным элементом, тяговый элемент, выполненный с возможностью взаимодействия с приводными барабанами, смонтированными на грузовых платформах, и закрепленный в верхней и нижней точках пути транспортирования, систему передачи энергии от транспортируемых на грузовых платформах автосамосвалов к приводным барабанам /1/.

Недостатком указанного технического решения являются большие затраты на подготовку трассы в борту карьера и использование в качестве энергетической установки двигателей автосамосвалов с дорогостоящим топливом.

Наиболее близким техническим решением является устройство для транспортирования грузов, включающее расположенные в двух параллельных плоскостях наклонные верхний и нижний пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, огибающим блок, установленный в конце верхнего пути, и привод, при этом каждая из тележек снабжена продольными направляющими и верхняя ее поверхность выполнена с наклоном относительно горизонта под углом 2-4°, а нижняя часть верхнего пути расположена ниже верхней части нижнего пути на высоту, равную разности высот передней и задней стенок тележки /2/.

Недостатком указанного технического решения также являются большие затраты на подготовку трассы для путей, связанные с выполаживанием борта карьера.

Целью изобретения является снижение затрат на подготовку трассы для путей в борту карьера.

Это достигается тем, что в устройстве для транспортирования грузов, включающем пути с перемещающимися по ним тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, трасса соответствует профилю борта карьера, пути содержат на каждой площадке уступа две вертикальные стенки с рельсами, расположенными по обе стороны от тележки, а тележка имеет дополнительные колеса, установленные с возможностью взаимодействия с рельсами вертикальных стенок.

Кроме того, для обеспечения натяжения тягового органа рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше значения коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам.

На рис. 1 показано устройство для транспортирования грузов; вид А на рис. 1.

Устройство для транспортирования грузов включает пути, выполненные в виде рельсов *1*, закрепленных на откосах и на площадках уступов, и содержащие на каждой площадке уступа две вертикальные стенки *2* с рельсами *3*, тележки *4*, связанные между собой гибким тяговым органом *5*, и приводной барабан *6*, при-

чем рельс *3* состоит из двух участков – пологого (параллельного площадке) и наклонного (параллельного откосу уступа), а тележка *4* содержит нижние *7*, верхние *8* колеса и дополнительные колеса *9*, установленные соосно с верхними колесами *8* с возможностью взаимодействия с рельсами *3*.

Кроме того, пологие участки рельсов *1* и *3* имеют уклон *i* в сторону выработанного пространства, определяемый по формуле

$$i > K = \frac{P}{G},$$

где *K* – коэффициент сопротивления движению тележки по рельсам; *P* – сопротивление движению тележки по горизонтальному пути; *G* – сила тяжести тележки.

Этому уклону соответствует угол α, показанный на рис. 2. Соблюдение условия $i > K$ обеспечивает необходимое натяжение каната.

Устройство для транспортирования грузов работает следующим образом. Установка автосамосвалов на тележки *4* осуществляется одновременно: на нижнюю тележку *4*, например, – порожний автосамосвал, на верхнюю – груженый. Затем при вращении приводного барабана *6* нижняя тележка *4* за счет тягового органа *5* перемещается по площадке уступа, верхняя тележка *4* двигается в сторону выработанного пространства под действием собственного веса. При этом нижние колеса *7* тележки *4* катятся по рельсам *1*, а дополнительные колеса *9* – по рельсам *3*, что обеспечивает горизонтальное положение платформы тележки *4*. Далее тележки *4* двигаются по откосам уступа: нижняя – вверх, а верхняя – вниз.

При перемещении тележки *4* по откосу на расстояние, равное расстоянию между осями нижних *7* и верхних *8* колес, дополнительные колеса *9* выходят из контакта с рельсом *3* и тележка *4* двигается по рельсу *1* колесами *7* и *8*.

Предлагаемое техническое решение позволяет до минимума сократить затраты на подготовку трассы, исключить горные работы, связанные с выпо- лаживанием борта карьера под трассу путей, обеспечивает спуск автосамосвалов в карьер по наикратчайшему пути, позволяет уменьшить эксплуатационные расходы на автосамосвалы, уменьшить объем вскрышных работ за счет уменьшения ширины проезжей части автодорог, увеличить производительность автосамосвалов и, в конечном счете, уменьшить себестоимость транспортирования на 10-15 %.

*Источники информации:*

1. Авторское свидетельство СССР № 603411, кл. B66B9/06, 1979.
2. Авторское свидетельство СССР № 1423486, кл. B66B9/06, 1988.

*Формула изобретения*

1. Устройство для транспортирования грузов, содержащее пути с установленными на них с возможностью перемещения тележками, связанными между собой гибким тяговым органом, *отличающееся* тем, что пути по трассе соответст-

вуют профилю уступа карьера, при этом пути включают в себя размещенные на каждой площадке уступа две вертикальные стенки с рельсами, расположенными параллельно путям по обе стороны от тележки, которая снабжена дополнительными колесами, установленными с возможностью взаимодействия с рельсами вертикальных стенок.

2. Устройство по п. 1, *отличающееся* тем, что рельсы, установленные на площадке уступа, и параллельные им рельсы на вертикальной стенке, имеют уклон в сторону выработанного пространства, величина которого больше коэффициента сопротивления движению тележки по рельсам.

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Документация | | |
| | | | | | | |
| А4 | | | | Пояснительная записка | 1 | |
| А1 | | | | Сборочный чертеж | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Сборочные единицы | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | | Двигатель механизма | | |
| | | | | подъема | 1 | |
| | | 2 | | Редуктор Ц2-500 | 1 | |
| | | 3 | | Тормоз ТКП-300 | 1 | |
| | | 4 | | Муфта зубчатая №2 | | |
| | | | | ГОСТ 5006-55 | 1 | |
| | | 5 | | Муфта зубчатая №2 | | |
| | | | | ГОСТ 5006-55 | 1 | |
| | | 6 | | Тормозной шкив | | |
| | | | | ГОСТ 249006-75 | 1 | |
| | | 7 | | Барабан в сборе | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Детали | | |
| | | | | | | |
| | | 4 | | Вал быстроходный | 1 | |
| | | 9 | | Вал тихоходный | 1 | |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Апурошкина | | |
| Пров. | | Комиссаров | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | | | |

Механизм подъема

| Лит. | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |

УРФУ, гр. М58032КУку

Копировал

Формат А4

Приложение 2

**Примеры полезных моделей (буровое долото, мельница)**

МКИ[9] E 21B 10/36

# БУРОВОЕ ДОЛОТО

**Патент на полезную модель № 88053, опубл. 27.10.09. Бюл. № 30**

*Описание полезной модели*

Предложение относится к буровой технике, в частности к буровому породоразрушающему инструменту, и может быть использовано при проектировании буровой техники.

Известно буровое долото, содержащее головку с армировкой в виде цилиндрических твердосплавных вставок (штырей), и корпус с хвостовиком.

Наиболее близким аналогом к заявляемой полезной модели по совокупности признаков является буровое долото, содержащее головку с армировкой в виде призматических твердосплавных пластинок (лезвий), включающей опережающее центральное лезвие и основные элементы армировки из периферийных лезвий, и корпус с хвостовиком.

Недостатком известных буровых долот является ограниченная область применения, обусловленная их использованием для ударного бурения крепких и особо крепких пород.

Заявляемая полезная модель решает задачу расширения области применения бурового долота.

Для решения поставленной задачи заявляемая полезная модель содержит следующие существенные признаки, отличительные от наиболее близкого аналога: опережающее лезвие выполнено с размером по длине, равным диаметру долота, причем величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия.

В отличие от прототипа заявляемая полезная модель позволяет за счет выполнения опережающего лезвия с размером по длине, равным диаметру долота, причем величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия, обеспечить возможность разрушения как крепких и особо крепких пород при ударно-вращательном бурении ввиду образования передового вруба опережающим лезвием под действием ударной нагрузки и снижения сопротивляемости породы внедрению основных элементов армировки; так и пород средней крепости при вращательно-ударном бурении под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии, а также пород низкой крепости при вращательном бурении посредством срезания слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия, и в результате расширить область применения бурового долота.

Сущность заявляемой полезной модели поясняется чертежом. На рис. 1 приведена схема бурового долота.

Буровое долото содержит головку *1*, армированную опережающим лезвием *2*, длина которого равна диаметру долота, и штырями *3*, причем величина опере-

жения лезвия *2* по отношению к штырям *3* равна глубине внедрения лезвия *2*, и корпус *4* с хвостовиком *5*.

Буровое долото действует следующим образом. При бурении в крепких и особо крепких породах опережающее лезвие *2* под действием ударной нагрузки внедряется в породу и создается передовой вруб, что снижает сопротивляемость породы внедрению штырей *3*. В результате обеспечивается возможность эффективного разрушения крепких и особо крепких пород. При бурении в породах средней крепости разрушение породы осуществляется в основном под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии.

При бурении пород низкой крепости внедрение лезвия долота на глубину *h* осуществляется за счет осевой нагрузки, разрушение породы происходит под действием вращательного момента при срезании слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия *2*.

*Источники информации:*

1. *Подэрни Р. Ю.* Механическое оборудование карьеров. 6-е изд. перераб. и доп. М.: Изд. МГГУ, 2007. 680 е.: ил.

2. *Крапивин М. Г., Раков И. Я., Сысоев Н. И.* Горные инструменты. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 256 е.: ил.

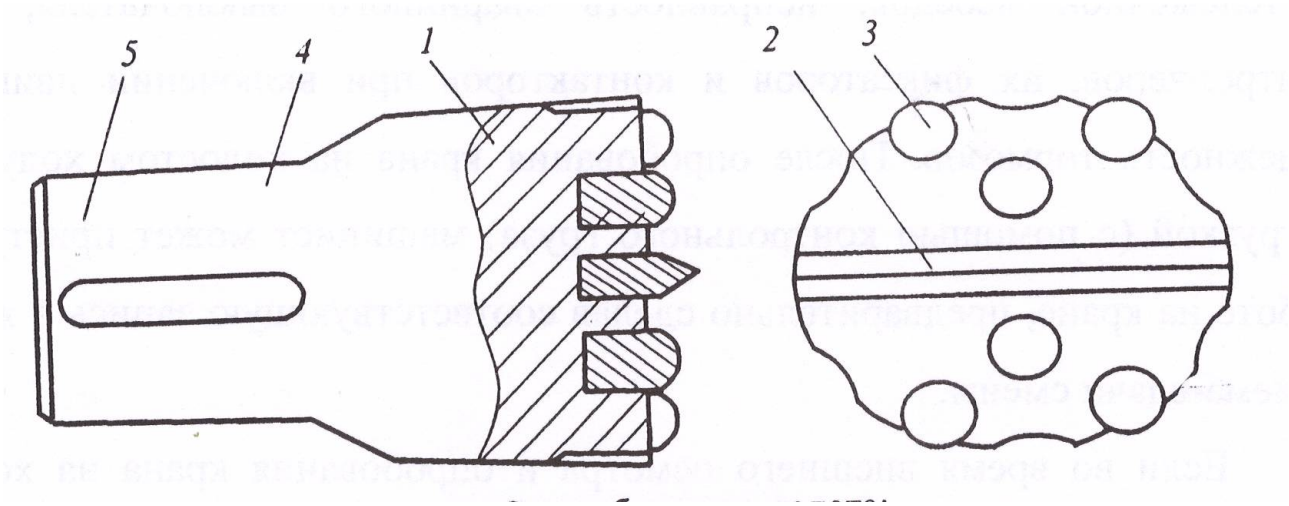



Рис. 1. Схема бурового долота:
*1*– головка; *2* – лезвие; *3* – штыри; *4* – корпус; *5* – хвостовик

*Формула полезной модели*

Буровое долото, включающее головку с армировкой, содержащей опережающее лезвие и основные элементы армировки, корпус с хвостовиком, отличающееся тем, что опережающее лезвие выполнено с размером по длине, равным диаметру долота.

Буровое долото по п. 1, *отличающееся* тем, что величина опережения лезвия по отношению к основным элементам армировки равна глубине внедрения лезвия.

## Реферат

Буровое долото относится к буровой технике, в частности к буровому породоразрушающему инструменту, и может быть использовано при проектировании буровой техники.

Заявляемая полезная модель решает задачу расширения области применения бурового долота.

Буровое долото действует следующим образом. При бурении в крепких и особо крепких породах опережающее лезвие под действием ударной нагрузки внедряется в породу и создается передовой вруб, что снижает сопротивляемость породы внедрению штырей и обеспечивает возможность эффективного разрушения крепких и особо крепких пород. При бурении в породах средней крепости разрушение породы осуществляется в основном под действием вращательного момента с наложением ударной нагрузки малой энергии. При бурении пород низкой крепости внедрение долота осуществляется за счет осевой нагрузки, разрушение породы происходит под действием вращательного момента-при срезании слоя породы толщиной, равной глубине внедрения лезвия.

МКИ[9] B02C 17/10

## МЕЛЬНИЦА

**Свидетельство на полезную модель № 57638, опубл. 27.10.06**

*Описание полезной модели*

Полезная модель относится к горному и строительно-дорожному машиностроению, а именно к мельницам я измельчительному оборудованию

Известна мельница, содержащая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела /1/.

Недостатком известной мельницы является низкая производительность, обусловленная малой энергией мелющих тел (шаров), определяемой габаритами мельницы, и низким КПД ввиду потерь энергии при соударении мелющих тел между собой.

Наиболее близким аналогом заявляемой полезной модели по совокупности признаков является мельница, содержащая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами /2/.

Недостатками данной мельницы являются большая металлоемкость и малая надежность ввиду передачи на барабан и цапфы значительных рабочих нагрузок, возникающих в результате воздействия механизмов на штанги, мелющие тела и измельчаемую среду.

Цель полезной модели – снижение металлоемкости и повышение надежности мельницы.

Поставленная цель достигается тем, что в мельнице, содержащей барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы и мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, мелющее тело состоит из двух оппозитно расположенных частей, каждая из которых закреплена на штанге.

На рис. 1 показана предлагаемая мельница, общий вид; на рис. 2 – то же, разрез.

Мельница включает приводную шестерню *1*, барабан *2*, загрузочную *3* и разгрузочную *4* цапфы, мелющие тела *5*, закрепленные на штангах *6*, вмонтированных в барабан *2* посредством направляющих *7* и уплотнений *8*, выполненных с возможностью возвратно-поступательного движения и снабженных приводом, включающим рабочие механизмы, например вибратор *9* и механизм *10* перемещения, причем мелющие тела *5* состоят из двух оппозитно расположенных частей, каждая из которых закреплена на штанге *6*.

Мельница работает следующим образом.

При вращении барабана *2*, приводимого в движение посредством приводной шестерни *1*, измельчаемый материал, подаваемый через загрузочную цапфу *3*, поднимается на определенную высоту, а затем перемещается вниз. При этом происходит истирание и частичное разрушение измельчаемого материала за счет соударения и трения между частицами.

Измельчение материала осуществляется в основном в результате воздействия вибратора *9* на штанги *6* и мелющие тела *5*. Срабатывание вибратора *9* происходит при прохождении штанги б через измельчаемый материал. Момент срабатывания может контролироваться, например, посредством конечных выключателей известной конструкции. Контакт между мелющими телами *5* и измельчаемым материалом при ударе достигается за счет поступательного переме-

щения штанги *6* под действием механизма перемещения *10*. Измельченный материал разгружается через разгрузочную цапфу *4*.

Такое выполнение мельницы позволяет снизить металлоемкость и повысить надежность мельницы в результате внутреннего замыкания рабочих нагрузок в пределах мелющего тела и исключения передачи нагрузок на барабан и цапфы.

*Источники информации:*

1. *Кармазин В. И.* и др. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1974. С. 76.

2. Авторское свидетельство № 946657 кл. В 02 С17/10, опубликовано 30.07.82, бюл. №28.

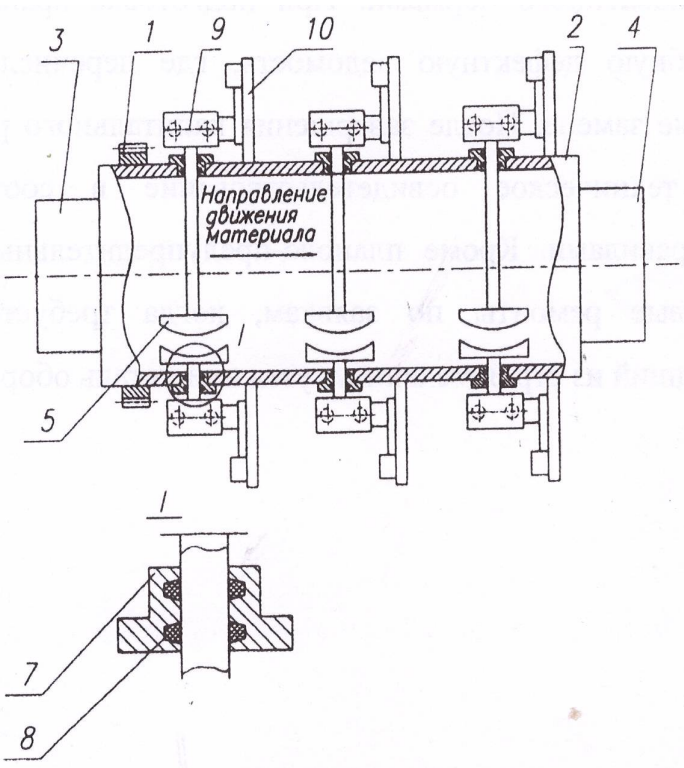



Рис. 1. Мельница:
*1* – приводная шестерня; *2* – барабан; *3* – загрузочная цапфа; *4* – разгрузочная цапфа; *5* – мелющие тела; *6* – штанга; *7* – направляющие; *8* – уплотнения; *9* – вибратор; *10* – механизм перемещения

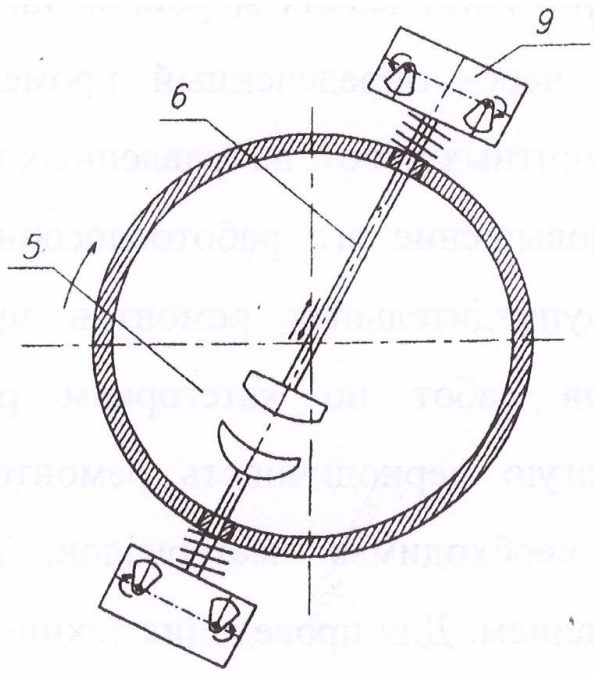



Рис. 2. Мельница в разрезе (вид сверху)

*Формула полезной модели*

Мельница, включающая барабан, привод, загрузочную и разгрузочную цапфы, мелющие тела, закрепленные на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, отличающаяся тем, что мелющее тело состоит из двух оппозитно расположенных частей, закрепленных на штангах.

## Реферат

Мельница относится к горному и строительно-дорожному машиностроению, а именно к мельницам и измельчительному оборудованию. Цель полезной модели – снижение металлоемкости и повышение надежности мельницы. Выполнение мельницы в виде барабана, привода, загрузочной и разгрузочной цапф, мелющих тел, состоящих из двух оппозитно расположенных частей, закрепленных на вмонтированных в барабан штангах, снабженных рабочими механизмами, позволит снизить металлоемкость и повысить надежность мельницы за счет внутреннего замыкания рабочих нагрузок в пределах мелющего тела.

**Вариант 1**

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|---|---|---|
| 1 | Какими личными правами обладает автор произведения? Укажите неправильный ответ. | 1) право авторства<br>2) право на авторское имя<br>3) право на обнародование произведения<br>4) право на защиту<br>5) право на защиту репутации автора |
| 2 | Какие способы защиты прав авторов Вы знаете? Укажите неправильный ответ. | 1) признание авторских прав<br>2) возмещение убытков<br>3) уголовная ответственность<br>4) защита тиража произведений<br>5) принуждение к исполнению обязанности в натуре |
| 3 | Что включает понятие "интеллектуальная собственность? Укажите неправильный ответ. | 1) литературную собственность<br>2) художественную собственность<br>3) промышленную собственность<br>4) научные идеи<br>5) законодательство о средствах индивидуализации юридического лица |
| 4 | Что включает понятие "промышленная собственность"? | 1) средства производства<br>2) собственость предприятия<br>3) исключительные права, реализуемые в сферах производства, торгового обращения и т.п. |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|---|---|---|
| | | 4) фонд развития предприятия<br>5) производительные силы \| |
| 5 | 1 13 1 Укажите, что из перечисленного не является способом защиты интеллектуальной собственности? | 1) признание авторских прав<br>2) уголовная ответственность<br>3) принуждение к исполнению обязанности в натуре<br>4) охрана автора<br>5) требование о взыскании неустойки |
| 6 | Что такое произведение науки? | 1) произведение, содержание которого состоит в выработке и систематизации объективных знаний о действительности<br>2) диссертация на соискание ученой степени<br>3) дипломная работа студента<br>4) ' научная статья<br>5) научная теория |
| 7 | Может ли произведение при наличии ошибок пользоваться правовой охраной? | 1) может<br>2) не может<br>3) может в случае исправления ошибок<br>4) может при разрешении редакции<br>5) не может без разрешения редакции |
| 8 | Какими личными правами обладает автор произведения? Укажите неправильный ответ. | 1) право авторства<br>2) право на авторское имя<br>3) право на обнародование произведения<br>4) право на защиту |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|---|---|---|
| | | 5) право на защиту репутации автора |
| 9 | Какие способы защиты прав авторов Вы знаете? Укажите неправильный ответ. | 1) признание авторских прав<br>2) возмещение убытков<br>3) уголовная ответственность<br>4) защита тиража произведений<br>5) принуждение к исполнению обязанности в натуре |
| 9 | Что в приведенном перечне является способом защиты интеллектуальной собственности? Укажите неправильный ответ. | 1) требование о признании права авторства<br>2) требование о восстановлении нарушенного права автора<br>3) уголовная ответственность<br>4) товарищеский суд<br>5) прекращение правоотношения |
| 10 | Что такое полезная модель? | 1) новое и промышленно применимое решение, относящееся к конструктивному выполнению средств производства и предметов потребления, а также их составных частей<br>2) новое техническое решение<br>3) полезное вещество<br>4) новый архитектурный проект, относящийся к конструктивному выполнению средств производства и предметов потребления<br>5) художественно-конструкторское решение изделия, оп- |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|---|---|---|
| | | ределяющее его внешний вид |

**Вариант 2**

1. Объектами_____являются технические решения в любой области, относящиеся к продукту (устройство, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных); к способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств).

1. изобретений,
2. товарных знаков,
3. промышленных образцов,
4. полезных моделей.

2. Заявка на изобретение должна содержать: заявление о выдаче патента;_____изображения; формулу изобретения; чертежи; реферат и квитанцию об уплате пошлин.

1. динамику,
2. описание,
3. статику,
4. макет.

3. Препятствует ли авторское право переводчиков и авторов других производных произведений иным лицам осуществлять свои переводы и переработки тех же произведений?

1. Нет.
2. Да.
3. Нет, если есть согласие автора.

4. Основными нормативными актами, регулирующими отношения в сфере авторского права, яв- ляются законы РФ:

1. ГК РФ.
2. Закон «Об авторском и смежных правах».
3. Закон «О промышленных образцах».
4. Закон «О правовой охране программ для ЭВМ ...».

5. Право использовать произведение под своим именем, вымышленным именем (псевдонимом) или анонимно, называют:

1. право на отзыв;
2. право на защиту репутации;
3. право на обнародование;
4. право на имя.

6. Под_____понимают объективную форму представления и организации совокупности данных (например, статей, расчетов, патентов), систематизированных таким образом, чтобы могли быть найдены и обработаны с помощью ЭВМ.

1. алгоритмом данных,
2. списком,
3. программой,
4. базой данной.

7. Для оповещения о своих правах может использоваться_____, помещаемый(-ая)(-ое) на эк- земпляре или футляре фонограммы и состоящий(-ая)(-ое) из: латинской буквы «С» в окружности; наименования обладателя исключительных смежных прав; года первого опуб-

ликования фоно- граммы.

1. год опубликования фонограммы;
2. наименование обладателя;
3. знак охраны;
4. латинская буква «С».

8. С момента опубликования сведений о заявке по письменному ходатайству заявителя или треть- их лиц проводится:

1. информационно-поисковая экспертиза;
2. формальная экспертиза;
3. предварительная экспертиза;
4. экспертиза заявки по существу.

9. Действие патента ограничено определенными временными рамками, а именно:

1. 5 годами;
2. 15 годами;
3. 10 годами;
4. сроками действия патента.

10. Лицензия, по которой лицензиар (патентообладатель) после заключения договора не вправе передавать права в том же объеме третьим лицам, называется:

1. неисключительной,
2. исключительной,
3. принудительной,
4. открытой.

*Критерии оценивания:* правильность ответа
*Правила оценивания тестового задания:*
Правильный ответ – 1 балл.
Неправильный ответ, ответ с ошибкой – 0 баллов
*Критерии оценки:*

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он набрал 9-10 баллов (90-100% правильных ответов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он набрал 7-8 баллов (70-89% правильных ответов)

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 5-6 баллов (50-69% правильных ответов)

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-4 баллов (0-49% правильных ответов)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Чепров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

## Б1.В.07.01 ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ И ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Порожский К. П., канд. техн. наук, доцент

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ... 3

2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 3

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ..... 3

ЛИТЕРАТУРА ..... 6

# ВВЕДЕНИЕ

При проектировании процесса эксплуатации нефтегазовых месторождений решаются задачи выбора параметров технологического процесса и в дальнейшем технологического оборудования. Выпускники университета должны уметь эти задачи применительно к конкретным условиям проведения работ на нефтегазовых месторождениях.

**Цель контрольной работы: проверка** приобретенных студентами навыков решения задач и в частности выбора параметров технологических процессов бурения скважины на нефть или газ.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные на лекциях, в книге [1], а также в пособии [2].

# 2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна включать следующие этапы:

1.Оценка условий бурения и буримости горных пород разреза

2. Построение конструкции скважины

3. Расчёт механической скорости бурения и построение графика проходки ствола.

## ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

*Условия: п*роектная конструкция скважины, геологический разрез.

*Варианты*

| № Варианта | Диаметр (мм)/глубина спуска (м) обсадных колонн | | | | Геологический разрез № |
|---|---|---|---|---|---|
| | Направление | Кондуктор | Промежуточная | Эксплуатационная | |
| 1 | 324/40 | 244/400 | 178/2500 | 114/ 3000 | П2.4 |
| 2 | 340/70 | 273/450 | 194/2900 | 127/3500 | П2.5 |
| 3 | 377/30 | 299/340 | 219/2100 | 140/2500 | П2.3 |
| 4 | 426/80 | 325/500 | 219/3000 | 146/ 3500 | П2.5 |
| 5 | 426/30 | 325/300 | 245/2000 | 168/2500 | П2.3 |
| 6 | 508/70 | 444/500 | 273/3100 | 178/3500 | П2.5 |
| 7 | 324/40 | 244/400 | 178/2000 | 114/2500 | П2.3 |
| 8 | 340/70 | 273/450 | 194/1700 | 127/2000 | П2.2 |
| 9 | 377/30 | 299/340 | 219/1600 | 140/2000 | П2.2 |
| 10 | 426/80 | 325/500 | 219/3500 | 146/4000 | П2.6 |
| 11 | 426/30 | 325/300 | 245/1500 | 168/2000 | П2.2 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 508/70 | 444/500 | 273/3400 | 178/4000 | П2.4 |
| 13 | 324/40 | 244/400 | 178/1600 | 114/2000 | П2.2 |
| 14 | 340/70 | 273/450 | 194/3500 | 127/4000 | П2.6 |
| 15 | 377/30 | 299/340 | 219/2000 | 140/2500 | П2.3 |
| 16 | 426/80 | 325/500 | 245/3000 | 146/3500 | П2.5 |
| 17 | 426/30 | 325/300 | 2451650 | 168/2000 | П2.2 |
| 18 | 340/70 | 273/450 | 194/3500 | 127/4000 | П2.6 |
| 19 | 377/30 | 299/370 | 219/2500 | 140/3000 | П2.4 |
| 20 | 324/40 | 244/400 | 178/1900 | 114/2500 | П2.3 |
| 21 | 340/60 | 273/550 | 194/3100 | 127/3500 | П2.5 |
| 22 | 377/40 | 299/340 | 219/2500 | 140/3000 | П2.4 |
| 23 | 426/60 | 325/400 | 245/2000 | 146/2500 | П2.3 |
| 24 | 426/30 | 325/300 | 245/1600 | 168/2000 | П2.2 |

**Геологические разрезы скважин на нефть и газ**

| **Разрез П2.1** | Интервал, м |
|---|---|
| 1. Супеси с галькой, суглинки | 0-200 |
| 2. Известняки, глины известковистые | 200-450 |
| 3. Известняки плотные, кристаллические, местами окремненные | 450-550 |
| 4. Алевролиты плотные, глины алевролитистые | 500-900 |
| 5. Песчаники кварцевые, плотные | 900-1300 |
| 6. Известняки | 1300-1500 |
| **Разрез П2.2** | |
| 1. Пески чистые и глинистые, красно-бурые; суглинки | 0-320 |
| 2. Песчаники кварцевые, грубозернистые; алевролиты | 320-1100 |
| 3. Пески кварцевые, рыхлые, местами глинистые; глины слабослюдистые | 1100-1350 |
| 4. Алевролиты и песчаники разнозернистые, плотные, известняковые; аргиллиты известковые | 1350-1800 |
| 5. Известняки | 1800-2000 |
| **Разрез П2.3** | |
| 1. Суглинки буровато-желтые, супеси с галькой и валунами | 0-250 |
| 2. Известняки чистые и глинистые, глины темно-серые с гнездами гипса | 250-750 |
| 3. Глины известковистые, известняки - доломитйзированные, кристаллические с тонкими прослоями алевролитов | 750-1100 |
| 4. Известняки плотные, кристаллические, песчаники кварцевые, средне- и | 1100-1650 |

| | |
|---|---|
| мелкозернистые | |
| 5. Алевролиты плотные, разнозернистые, аргиллиты темно-серые тонкими прослоями песчаников | 1650-2200 |
| 6. Песчаники кварцевые мелкозернистые, плотные | 2200-2500 |
| **Разрез П2.4** | |
| 1. Лессовидные суглинки и галечник из песчаника | 0-70 |
| 2. Песчаники известковые, глинистые, различной цементации; глины | 70-600 |
| 3. Песчаники кварцевые | 600-2000 |
| 4. Глины известковистые и чистые, неравномерно-песчанистые; мергели | 2000-2400 |
| 5. Известняки | 2400-2600 |
| 6. Пески серые и темно-серые | 2600-2800 |
| 7. Песчаники | 2800-3000 |

| | |
|---|---|
| **Разрез П2.5** | |
| 1. Суглинки сильнослюдистые, пески кварцевые, разнозернистые, серые | 0-400 |
| 2. Глины известковистые и чистые, пески, песчаники глинистые, алевролиты слюдистые | 400-900 |
| 3. Глины сильнопесчанистые, слоистые с песчано-алевролитовыми пропластками | 900-1500 |
| 4. Алевролиты и песчаники разнозернистые, кварцевые различной цементации | 1500-2100 |
| 5. Известняки плотные, плитчатые, местами окремненные и трещиноватые | 2100-2900 |
| 6. Песчаники, пески, алевролиты кварцевые, слюдистые | 2900-3200 |
| 7. Аргиллиты трещиноватые, сланцы, окремненные известняки | 3200-3500 |
| **Продуктивная толща в интервале** | 3340-3450 |
| **Разрез П2.6** | |
| 1. Супеси, суглинки, пески и глины с галькой и валунами | 0-300 |
| 2. Песчаники кварцевые, слабоизвестковистые, иногда глинистые, темно-серые; известняки плотные; мергели | 300-1000 |
| 3. Глины красно-бурые, кирпично-красные с прослоями песчаников, алевролитов | 1000-1500 |
| 4. Песчаники аркозовые, разнозернистые, серо-розоватые, зеленовато-серые | 1500-2450 |
| 5. Доломиты; глины алевролитистые, песчанистые, пестроцветные | 2450-3000 |

| | |
|---|---|
| 6. Песчаники | 3000-3600 |
| 7. Известняки | 3600-4000 |

## ЛИТЕРАТУРА


1. Буровые комплексы/ под общ. ред. К.П. Порожского. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 768 с.
2. Практическое руководство по технологии бурения скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые : Справ. пособие / А.Г. Калинин, А.З. Левицкий, А.Г. Мессер, Н.В. Соловьев; Под ред. А.Г. Калинина. - М. : Недра, 2001. - 448, [2] с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-8365-0087-8 Режим доступа https://search.rsl.ru/ru/record/01000752859

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Чепров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

## Б1.В.07.01 ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ И ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Порожский К. П., канд. техн. наук, доцент

| | |
|---|---|
| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов *(название кафедры)* | Горно-механического *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. *(Фамилия И.О.)* | Осипов П. А. *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 *(Дата)* | Протокол № 2 от 12.10.2021 *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 3

2. ОФОРМЛЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 3

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 4

ЛИТЕРАТУРА ..... 5

# ВВЕДЕНИЕ

При проектировании процесса эксплуатации нефтегазовых месторождений решаются задачи выбора параметров технологического процесса и в дальнейшем технологического оборудования. Выпускники университета должны уметь эти задачи применительно к конкретным условиям проведения работ на нефтегазовых месторождениях.

**Цель самостоятельной работы:** приобретение студентами навыков самостоятельного пополнения знаний в области технологии бурения и добычи нефти и газа, а также приобретение опыта самостоятельного решения задач и, в частности, выбора параметров технологических процессов бурения скважины на нефть или газ и добычи этих полезных ископаемых.

**Результат изучения дисциплины «Технология бурения и добычи нефти и газа»:**

*Знать:*

- технологические процессы нефтегазового производства;
- конструкцию и принцип действия машин и оборудования нефтегазового производства;
- основные методы определения параметров и показателей технологических процессов нефтегазовых производств;

*Уметь:*

- проводить расчеты основных параметров технологического процесса и эффективности работы оборудования, определять его производительность, осуществлять обработку полученных материалов на ЭВМ;
- моделировать технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;
- проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов;

*Владеть:*

- методами проведения расчетов рабочих нагрузок, основных параметров технологических процессов и производительности нефтегазовых агрегатов с использованием средств вычислительной техники, обработки полученной информации и физической интерпретации данных.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

При выполнении самостоятельной работы необходимо изучить примеры, рассмотренные в лекциях в книгах [1,2], а также в пособиях [2]..

# 2. ОФОРМЛЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Отчет по самостоятельной работе должна включать следующие этапы:

1. Изучение литературных источников.
2. Выполнение расчётов или обзора по современным технологиям (в зависимости от раздела дисциплины).
3. Оформление отчёта о самостоятельной работе.

# 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

| Раздел дисциплины | Отчётность | Наименование оценочного средства |
|---|---|---|
| Часть 1. Технология бурения | | |
| Методология дисциплины. Предмет и задачи. Термины и определения. | Конспект о состоянии технологии добычи и роли бурения | опрос |
| Описание условий бурения. | Описание конкретных условий бурения | тест, практическое задание |
| Понятие о конструкции скважины. | Расчёт конструкции скважины | практическое задание |
| Операции технологического процесса строительства скважины. | Подготовка к контрольной работе | Контрольная работа |
| Способы разрушения забоя при бурении. Параметры и показатели процесса разрушения. | Расчёт параметров и показателей процесса разрушения забоя для заданных условий | практическое задание |
| Способы удаления продуктов разрушения из скважины. | Расчёт параметров и показателей процесса очистки забоя для заданных условий | тест, практическое задание |
| Способы крепления ствола и разобщения пластов. | Расчёт параметров и показателей процесса крепления ствола для заданных условий | тест, практическое задание |
| Способы управления траекторией ствола скважины. Наклонно-направленное бурение. | Конспект-обзор по современной технологии направленного бурения | тест |
| Вскрытие и обработка продуктивных пластов. Способы опробования и исследований скважин. | Конспект-обзор по современной технологии опробования и исследований скважин | тест |
| Аварии и осложнения в бурении. | Расчёт параметров и показателей процесса ликвидации аварий для заданных условий | практическое задание |
| Спуско-подъемные операции в бурении. | Расчёт параметров и показателей процесса СПО для заданных условий | практическое задание |
| Геолого-технологические исследования в процессе бурения. | Конспект-обзор по современной технологии ГТИ | тест |
| Часть 2. Технология добычи нефти и газа | | |
| Основные понятия о технологии добычи нефти и газа. Терминология. | Конспект-обзор по современной технологии добычи нефти и газа | тест |
| Физико-химические свойства нефти, газа и пластовой воды | Конспект-обзор по современным методам исследований свойств нефти и газа | тест |
| Природные коллекторы нефти и газа их свойства | Описать свойства пород конкретного коллектор | практическое задание |
| Исследование скважин и пластов. | Установить параметры пласта по кривой восстановления давления | практическое задание |
| Добыча нефти. Способы эксплуатации нефтяных сква- | Рассчитать параметры технологического процесса подъёма продукции пласта на по- | практическое задание |

| | | |
|---|---|---|
| жин | верхность при фонтанной и механизированной добыче различными способами | |
| Технология подземного текущего и капитального ремонта скважин | Рассчитать параметры технологического процесса ремонта скважин для заданных условий, глушение скважин или СПО при ремонте | практическое задание; РГР |
| Способы повышения нефтеотдачи пластов | Рассчитать параметры технологического процесса повышения нефтеотдачи пластов одним из способов (термообработка, кислотная обработка, ГРП, нагнетание воды в пласт) для заданных условий | практическое задание |
| Сбор и подготовка скважинной продукции | Рассчитать параметры технологического процесса сбора и подготовки продукции скважин для заданных условий | практическое задание |

## ЛИТЕРАТУРА


1. Буровые комплексы/ под общ. ред. К.П. Порожского. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 768 с.
2. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Учебник для ВУЗов под общей редакцией Овчинникова В.П. Тюменский государственный индустриальный университет, Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2017 год режим доступа https://elibrary.ru/item.asp?id=28770830 https://elibrary.ru/item.asp?id=28854509 https://elibrary.ru/item.asp?id=28867538 https://elibrary.ru/item.asp?id=28373571
3. Практическое руководство по технологии бурения скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые : Справ. пособие / А.Г. Калинин, А.З. Левицкий, А.Г. Мессер, Н.В. Соловьев; Под ред. А.Г. Калинина. - М. : Недра, 2001. - 448, [2] с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-8365-0087-8 Режим доступа https://search.rsl.ru/ru/record/01000752859
4. Молчанов А.Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа. Учебник для вузов. 2-е издание, исправленное и дополненное – М.: «Издательский дом Альянс», 2010. – 588 с. режим доступа https://search.rsl.ru/ru/record/01004745932
5. Электронные библиотеки:
    a. Государственная публичная научно-техническая библиотека России - www.gpntb.ru ;
    b. Российская государственная библиотека - www.rsl.ru;
    c. Российская национальная библиотека - http://ner.ru/;
    d. Информационный портал компании «Газпром» [Электронный ресурс]/Сайт о нефтегазовой компании; ред. С.А. ДмитриевWeb-мастер С.И. Юшкевич - Электронные данные - М.: Информационный портал компании «Газпром» - Режим доступа: http://www.gazprom.ru, свободный. - яз.рус.
6. Основные сайты отечественных журналов – источники информации по курсу:
    a. журнал «Нефтяное хозяйство» - http://www.oil-industry.ru;
    b. журнал «Нефтепромысловое дело» - http://vniioeng.mcn.ru/inform/nefteprom ysel;
    c. журнал «Нефтегазовое дело» - http://www.ogbus.ru;
    d. журнал «Нефтегазовые технологии» - http://www.ogt.su;

e. журнал «Rogtec - Российские нефтегазовые технологии» - http://www.rogtecmagazine.com;
f. журнал «Бурение и нефть» - http://www.burneft.ru

7. Основным зарубежным источником информации по курсу являются статьи Общества инженеров-нефтяников (SPE) - http://www.spe.org.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

# Б1.В.07.02 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БУРЕНИЯ И ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Порожский К. П., канд. техн. наук, доцент

| | |
|---|---|
| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ... 3

2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 3

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ..... 3

ЛИТЕРАТУРА ..... 6

# ВВЕДЕНИЕ

При проектировании процесса эксплуатации нефтегазовых месторождений решаются задачи выбора технологического оборудования. Выпускники университета должны уметь эти задачи применительно к конкретным условиям проведения работ на нефтегазовых месторождениях.

**Цель контрольной работы: проверка** приобретенных студентами навыков решения задач и в частности выбора комплекса забойного бурового оборудования для бурения скважины на нефть и газ.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные на лекциях, в книге [1], а также в пособии [2].

# 2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна включать следующие этапы:

*1.Оценка условий бурения и буримости горных пород разреза*

*2. Выбор породоразрушающего инструмента и компоновки бурильной колонны*

*3. Расчёт затрат мощности на разрушение породы на забое и холостое вращение.*

# 3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

*Условия: п*роектная конструкция скважины, геологический разрез.

*Варианты*

| № Варианта | Диаметр (мм)/глубина спуска (м) обсадных колонн | | | | Геологический разрез № |
|---|---|---|---|---|---|
| | Направление | Кондуктор | Промежуточная | Эксплуатационная | |
| 1 | 324/40 | 244/400 | 178/2500 | 114/ 3000 | П2.4 |
| 2 | 340/70 | 273/450 | 194/2900 | 127/3500 | П2.5 |
| 3 | 377/30 | 299/340 | 219/2100 | 140/2500 | П2.3 |
| 4 | 426/80 | 325/500 | 219/3000 | 146/ 3500 | П2.5 |
| 5 | 426/30 | 325/300 | 245/2000 | 168/2500 | П2.3 |
| 6 | 508/70 | 444/500 | 273/3100 | 178/3500 | П2.5 |
| 7 | 324/40 | 244/400 | 178/2000 | 114/2500 | П2.3 |
| 8 | 340/70 | 273/450 | 194/1700 | 127/2000 | П2.2 |
| 9 | 377/30 | 299/340 | 219/1600 | 140/2000 | П2.2 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 426/80 | 325/500 | 219/3500 | 146/4000 | П2.6 |
| 11 | 426/30 | 325/300 | 245/1500 | 168/2000 | П2.2 |
| 12 | 508/70 | 444/500 | 273/3400 | 178/4000 | П2.4 |
| 13 | 324/40 | 244/400 | 178/1600 | 114/2000 | П2.2 |
| 14 | 340/70 | 273/450 | 194/3500 | 127/4000 | П2.6 |
| 15 | 377/30 | 299/340 | 219/2000 | 140/2500 | П2.3 |
| 16 | 426/80 | 325/500 | 245/3000 | 146/3500 | П2.5 |
| 17 | 426/30 | 325/300 | 2451650 | 168/2000 | П2.2 |
| 18 | 340/70 | 273/450 | 194/3500 | 127/4000 | П2.6 |
| 19 | 377/30 | 299/370 | 219/2500 | 140/3000 | П2.4 |
| 20 | 324/40 | 244/400 | 178/1900 | 114/2500 | П2.3 |
| 21 | 340/60 | 273/550 | 194/3100 | 127/3500 | П2.5 |
| 22 | 377/40 | 299/340 | 219/2500 | 140/3000 | П2.4 |
| 23 | 426/60 | 325/400 | 245/2000 | 146/2500 | П2.3 |
| 24 | 426/30 | 325/300 | 245/1600 | 168/2000 | П2.2 |

**Геологические разрезы скважин на нефть и газ**

| **Разрез П2.1** | Интервал, м |
|---|---|
| 1. Супеси с галькой, суглинки | 0-200 |
| 2. Известняки, глины известковистые | 200-450 |
| 3. Известняки плотные, кристаллические, местами окремненные | 450-550 |
| 4. Алевролиты плотные, глины алевролитистые | 500-900 |
| 5. Песчаники кварцевые, плотные | 900-1300 |
| 6. Известняки | 1300-1500 |
| **Разрез П2.2** | |
| 1. Пески чистые и глинистые, красно-бурые; суглинки | 0-320 |
| 2. Песчаники кварцевые, грубозернистые; алевролиты | 320-1100 |
| 3. Пески кварцевые, рыхлые, местами глинистые; глины слабослюдистые | 1100-1350 |
| 4. Алевролиты и песчаники разнозернистые, плотные, известняковые; аргиллиты известковые | 1350-1800 |
| 5. Известняки | 1800-2000 |
| **Разрез П2.3** | |
| 1. Суглинки буровато-желтые, супеси с галькой и валунами | 0-250 |
| 2. Известняки чистые и глинистые, глины темно-серые с гнездами гипса | 250-750 |
| 3. Глины известковистые, известняки - доломитйзированные, кристалличе- | 750-1100 |

| | |
|---|---|
| ские с тонкими прослоями алевролитов | |
| 4. Известняки плотные, кристаллические, песчаники кварцевые, средне- и мелкозернистые | 1100-1650 |
| 5. Алевролиты плотные, разнозернистые, аргиллиты темно-серые тонкими прослоями песчаников | 1650-2200 |
| 6. Песчаники кварцевые мелкозернистые, плотные | 2200-2500 |
| **Разрез П2.4** | |
| 1. Лессовидные суглинки и галечник из песчаника | 0-70 |
| 2. Песчаники известковые, глинистые, различной цементации; глины | 70-600 |
| 3. Песчаники кварцевые | 600-2000 |
| 4. Глины известковистые и чистые, неравномерно-песчанистые; мергели | 2000-2400 |
| 5. Известняки | 2400-2600 |
| 6. Пески серые и темно-серые | 2600-2800 |
| 7. Песчаники | 2800-3000 |

| | |
|---|---|
| **Разрез П2.5** | |
| 1. Суглинки сильнослюдистые, пески кварцевые, разнозернистые, серые | 0-400 |
| 2. Глины известковистые и чистые, пески, песчаники глинистые, алевролиты слюдистые | 400-900 |
| 3. Глины сильнопесчанистые, слоистые с песчано-алевролитовыми пропластками | 900-1500 |
| 4. Алевролиты и песчаники разнозернистые, кварцевые различной цементации | 1500-2100 |
| 5. Известняки плотные, плитчатые, местами окремненные и трещиноватые | 2100-2900 |
| 6. Песчаники, пески, алевролиты кварцевые, слюдистые | 2900-3200 |
| 7. Аргиллиты трещиноватые, сланцы, окремненные известняки | 3200-3500 |
| **Продуктивная толща в интервале** | 3340-3450 |
| **Разрез П2.6** | |
| 1. Супеси, суглинки, пески и глины с галькой и валунами | 0-300 |
| 2. Песчаники кварцевые, слабоизвестковистые, иногда глинистые, темно-серые; известняки плотные; мергели | 300-1000 |
| 3. Глины красно-бурые, кирпично-красные с прослоями песчаников, алевролитов | 1000-1500 |
| 4. Песчаники аркозовые, разнозернистые, серо-розоватые, зеленовато- | 1500-2450 |

| | |
|---|---|
| серые | |
| 5. Доломиты; глины алевролитистые, песчанистые, пестроцветные | 2450-3000 |
| 6. Песчаники | 3000-3600 |
| 7. Известняки | 3600-4000 |

## ЛИТЕРАТУРА


1. Буровые комплексы/ под общ. ред. К.П. Порожского. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 768 с.
2. Практическое руководство по технологии бурения скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые : Справ. пособие / А.Г. Калинин, А.З. Левицкий, А.Г. Мессер, Н.В. Соловьев; Под ред. А.Г. Калинина. - М. : Недра, 2001. - 448, [2] с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-8365-0087-8 Режим доступа https://search.rsl.ru/ru/record/01000752859

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению контрольной работы по дисциплине

# Б1.В.07.03 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

год набора: **2022**

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Осипов П.А. |
| (Фамилия И.О.) | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Гаврилова Л.А., доцент, к.т.н.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 4

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ... 5

2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 6

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ..... 6

ЛИТЕРАТУРА ..... 13

# ВВЕДЕНИЕ

При проектировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов.

**Цель контрольной работы: проверка** приобретенных студентами навыков оптимизации и поиска оптимальных значений параметров объектов и технологических процессов нефтегазовой отрасли.

Контрольная работа соответствуют следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки ***15.03.02 Технологические машины и оборудование***:

*профессиональные*

- способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК 1.1);
- способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК 1.2);
- способность выполнять анализ и оптимизировать конструкции технологических машин, обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления (ПК 1.6).

**Результат изучения дисциплины: «Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»**

*Знать:*

– методику расчетного обеспечения конструкционной и прочностной надежности **ма**шин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– методику расчета параметров узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– основы и этапы проектирования деталей и узлов машин с использованием технической литературы, а также средств автоматизированного проектирования на базе САПР;

– программное обеспечение, реализующее методики расчета узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– программное обеспечение, позволяющее внедрить методику по определению параметров, учитывающих конструктивные и прочностные характеристики изделий;

– правила оформления научно-технической и служебной документации;

– требования к размещению оборудования при выполнении операций технологических процессов бурения, добычи, ремонта скважин;

– специфику технологического процесса для конкретных условий эксплуатации бурового и нефтепромыслового оборудования;

– специфику эксплуатации машин и оборудования нефтегазового комплекса;

– основные показатели технологичности конструкции изделия, качественные и количественные методы оценки технологичности;

– структуру производства;

*Уметь:*

- использовать компьютерные программы для расчета и проектирования узлов и деталей машин;

- оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

- рассчитать технические параметры машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов по заданным технологическим требованиям;

- оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

- оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

- использовать принципы унификации и стандартизации при проектировании оборудования;

- оптимизировать конструктивные решения, выбирать и обосновывать критерии оптимизации;

- вносить коррективы, исправлять ошибки в научно-технической и служебной документации;

- оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

- оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

- оценить уровень стандартизации и унификации;

- оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

- оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

- выбирать основные и вспомогательные материалы деталей при проектировании в зависимости от различных критериев работоспособности нефтегазового оборудования;

- анализировать параметры технологических процессов в соответствии с конструктивными параметрами и функциональным назначением применяемого оборудования;

- работать в команде;

*Владеть:*

- методами расчета по определению требуемого уровня конструктивной и прочностной надежности узлов машин и оборудования;

- навыками проектирования машин и механизмов;

- современной методологией научного анализа исследуемых механических систем и технологических процессов;

- способами перехода от реального объекта к расчетной схеме;

- методиками проектных и проверочных расчетов инженерных конструкций на прочность, долговечность и жесткость;

- навыками работы с основными российскими и зарубежными средствами автоматизированного проектирования на базе современных САПР;

- навыками набора текста и создания изображений в компьютерных программах;

- способностью анализировать полученный результат и умением сделать вывод о состоянии объекта расчета;

- навыками разработки рабочей проектной и технической документации, в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами, оформления законченных проектно-конструкторских работ;

- методикой определения металлоемкости и жесткости проектируемых конструкций;

- принципами и способностью коммуникации

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные на лекциях а также в пособии [1].

## 2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна включать следующие этапы:

1. Постановка задачи.
2. Анализ задачи.
3. Составление графической схемы для расчета конструктивных параметров.
4. Выбор методики расчета на прочность.
5. Выполнение необходимых расчетов по выбранной методике..
6. Выводы и предложения по совершенствованию механизма.

## 3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

**Задание 1. Расчет пакеров**.

В скважину с определенным диаметром обсадной колонны *D*обс спускается и устанавливается механический пакер, рассчитанный на перепад давления $\Delta P$ и имеющий определенные конструктивные размеры.

1. Определить наименьшую величину осевой силы $Q$ , обеспечивающей герметичное разобщение ствола скважины.
2. Определить наибольшую высоту уплотнительного элемента пакера.
3. Определить оптимальную длину хода штока пакера.
4. Проверить влияние плашечного захвата на прочность обсадной колонны. В конструкциях пакеров, где плашки перекрывают кольцевой зазор полностью ( или больше 70%), нагрузка на обсадную колонну распределена равномерно по всему периметру.
5. Проверить если $Q$пред < $Q$ , то в конструкцию пакера внести необходимые изменения (угла $\alpha$ - геометрических размеров уплотнений и плашек) и произвести расчет модернизированного пакера.
6. Представить конструкции пакеров различных типов и объяснить принципы их действия.
7. Исходные данные к заданию приведены в табл. № 1.

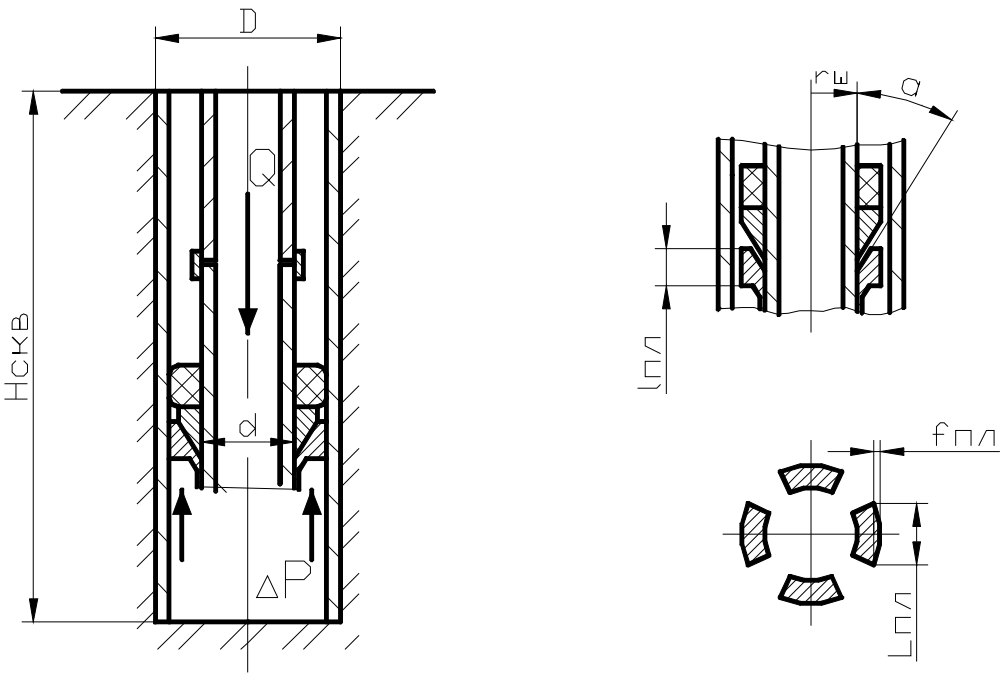
Дано: номера по журналу

Таблица № 1

| № | Наименование параметра | 1-5 | 6-10 | 11-15 | 16-20 | 21-25 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | № скв- индивидуальный | - | - | - | - | - |
| 2 | Глубина скважины **Н**скв, м, индивидуально | - | - | - | - | - |
| 3 | Обсадная колонна, **D x s,** мм | 146х8 | 146х9 | 168х8 | 168х9 | 168х10 |
| 4 | Группа прочности обсадной колонны | Д | К | К | Е | Д |
| 6 | Диаметр хвостовика, **d** ,мм | 60 | 60 | 73 | 73 | 73 |
| 7 | Модуль сдвига резины, **G,** МПа | 6 | 10 | 8 | 9 | 7 |
| 8 | Перепад давления на пакере, | 25 | 45 | 35 | 55 | 40 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **ΔP** , МПа | | | | | |
| 9 | Угол конуса плашки, **α,** ° | 11 | 15 | 21 | 13 | 18 |
| 10 | Число плашек по радиусу, **n,** шт | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 11 | Внутренний радиус резины, **r** ш , мм | 30 | 30 | 36,5 | 36,5 | 36,5 |
| 12 | Наружный радиус резины после деформации (равен внутреннему радиусу обсад. колонны), **Rc**, мм | 65 | 63,5 | 76 | 75 | 74 |
| 13 | Высота плашек (длина по вертикали), **l**пл, мм | 150 | 140 | 150 | 140 | 145 |
| 14 | Длина хорды плашки, **L**пл, мм | 30 | 35 | 35 | 40 | 30 |
| 15 | Стрела дуги поверхности плашки, **f**пл, мм | 6 | 7 | 7 | 8 | 6 |

Расчетная схема задания №1




*Методические материалы*

Пакеры служат для разобщения частей ствола скважины по вертикали и герметизации нарушенных участков обсадной колонны, для разобщения зон затрубного пространства, расположенных выше и ниже пакеров. Применяют в обсадной (эксплуатационной) колонне нефтяных, газовых и нагнетательных скважинах при их эксплуатации, ремонте. Перепады давления, воспринимаемые пакерами, находятся в интервале от 7 до 70 МПа. Температура окружающей среды при эксплуатации скважин может изменяться от 40

до 100 °С, а при тепловом воздействии на пласт достигает в некоторых случаях 300…400 °С.

По восприятию перепада давления пакеры подразделяются:

ПВ – усилие направлено от перепада давления вверх;

ПН – усилие направлено от перепада давления вниз;

ПД – двустороннего действия (усилие от перепада давления направлено как вверх, так и вниз).

По способности фиксироваться на месте установки пакеры подразделяют:

Я – фиксирующиеся якорем;

без обозначения – самостоятельно фиксирующиеся.

По способу посадки пакеры подразделяют:

Г – гидравлические;

М – механические;

ГМ – гидромеханические;

без обозначения – не требующие посадки.

По способу съёма пакеры подразделяют:

В – вращением;

Р – разбуриванием;

И – специальным инструментом;

без обозначения – натягом.

По исполнению:

Без обозначения – нормальное;

Коррозионностойкое:

К1 – углекислотостойкое (CO2 не более 10% об.),

К2 – сероводородостойкое (H2S и CO2 не более 10% об. каждого компонента),

К3 - сероводородостойкое (H2S и CO2 свыше 10%, но не более 25% об. каждого компонента),

Т – термостойкое (для рабочих сред с температурой более 150оС).

### Задание 2. Определение оснастки талевой системы подъемного агрегата

Подобрать подъемный агрегат для проведения подземного ремонта скважины, оборудованной штанговой насосной установкой. Условный диаметр насоса Dн , глубина его спуска L, диаметр труб НКТ dнтк, штанговая колонна составлена из штанг d1 и d2 . Штанги диаметром d1 составляют a % от общей длины. Захватное устройство байонетного типа у насоса не сработало: колонну НКТ придется поднимать с жидкостью, плотность которой 995 кг/см . Определить усилие на ходовом конце лебедки, подобрать кронб-лок, талевый блок, крюк и штропы. Построить теоретическую и фактическую степень использования мощности подъемного агрегата, а также построить графическую зависимость использования мощности от времени.

| **Вариант** | **$D_н$,мм** | **L,м** | **$d_{нкт}$,мм** | **$d_1$,мм** | **$d_2$,мм** | **a,%** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28 | 1150 | 42 | 16 | 19 | 34 |
| 2 | 32 | 1020 | 48 | 16 | 19 | 36 |
| 3 | 38 | 860 | 60 | 16 | 19 | 36 |
| 4 | 43 | 720 | 73 | 19 | 22 | 40 |
| 5 | 55 | 850 | 89 | 22 | 25 | 45 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 28 | 1850 | 42 | 16 | 19 | 34 |
| 7 | 32 | 1480 | 48 | 16 | 19 | 36 |
| 8 | 38 | 1300 | 60 | 19 | 22 | 36 |
| 9 | 43 | 1350 | 73 | 22 | 25 | 40 |
| 10 | 55 | 1020 | 89 | 22 | 25 | 45 |
| 11 | 28 | 1950 | 42 | 16 | 19 | 34 |
| 12 | 32 | 1450 | 48 | 16 | 19 | 36 |
| 13 | 38 | 950 | 60 | 16 | 19 | 36 |
| 14 | 43 | 1000 | 73 | 16 | 19 | 40 |
| 15 | 55 | 980 | 89 | 16 | 19 | 45 |
| 16 | 28 | 2150 | 42 | 19 | 22 | 34 |
| 17 | 32 | 1040 | 48 | 22 | 25 | 36 |
| 18 | 38 | 900 | 60 | 16 | 19 | 36 |
| 19 | 43 | 850 | 73 | 16 | 19 | 40 |
| 20 | 55 | 950 | 89 | 19 | 22 | 45 |
| 21 | 28 | 1700 | 42 | 22 | 25 | 34 |
| 22 | 32 | 1450 | 48 | 22 | 25 | 36 |
| 23 | 38 | 1200 | 60 | 16 | 19 | 36 |
| 24 | 43 | 950 | 73 | 16 | 19 | 40 |
| 25 | 55 | 800 | 89 | 16 | 19 | 45 |
| 26 | 28 | 1650 | 42 | 16 | 19 | 34 |
| 27 | 32 | 1450 | 48 | 16 | 19 | 36 |
| 28 | 38 | 950 | 60 | 19 | 22 | 36 |
| 29 | 43 | 1000 | 73 | 22 | 25 | 40 |
| 30 | 55 | 980 | 89 | 22 | 25 | 45 |
| 31 | 28 | 2150 | 42 | 16 | 19 | 34 |
| 32 | 32 | 1450 | 48 | 19 | 22 | 36 |
| 33 | 38 | 950 | 60 | 22 | 25 | 36 |
| 34 | 43 | 1000 | 73 | 22 | 25 | 40 |
| 35 | 55 | 980 | 89 | 22 | 25 | 45 |
| 36 | 28 | 2150 | 48 | 16 | 19 | 36 |
| 37 | 32 | 1800 | 60 | 16 | 19 | 40 |
| 38 | 38 | 1400 | 60 | 19 | 22 | 40 |
| 39 | 43 | 950 | 89 | 19 | 22 | 40 |

*Методические указания к выполнению задания №2.*

Подъем колонны из скважины или ее спуск выполняется с помощью подъемника. Время подъема колонны определяется скоростью, а значит, мощностью привода подъемника. Однако при переменной нагрузке, что имеет место при подъеме колонн труб или штанг и

постоянной мощности привода для уменьшения времени подъема, целесообразно поднимать груз при переменной скорости. При этом необходимо определить, какой должна быть эта скорость или скорости, чтобы мощность привода подъемника использовалась бы наиболее полно, поскольку только в этом случае время на операции подъема колонны будет минимальным. Впервые эта задача была поставлена и решена советским ученым А.Н. Вирновским.

Средней степенью использования мощности двигателя называется отношение затраченной работы к работе, которую можно было бы совершить при полном использовании установленной мощности.

$$C = \frac{\int_0^T N \cdot dt}{N_0 \cdot T_0}. \qquad (1)$$

При подъеме колонны только на одной скорости коэффициент использования мощности C=0,5. На рисунке 9 представлена графическая зависимость изменения во времени мощности двигателя при подъеме колонны на одной скорости.

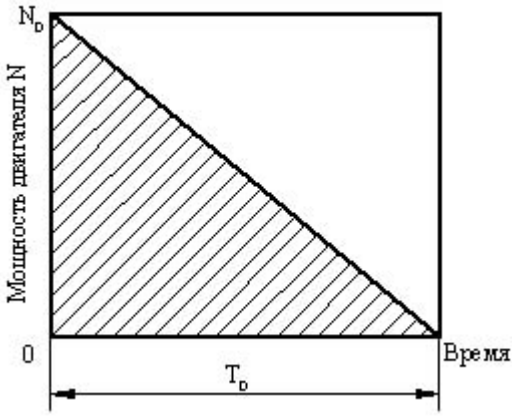



Рис. 1 - Графическая зависимость изменения мощности двигателя от времени при подъеме колонны на одной скорости

С увеличением числа скоростей будет увеличиваться и степень использования мощности, и С станет больше 0,5. Очевидно, что она зависит не только от числа скоростей, но и от их соотношения. Для каждого числа скоростей есть наиболее выгодное соотношение между ними, характеризуемое наибольшим коэффициентом использования мощности.

А.Н. Вирновским доказано, что максимально возможное число скоростей, при котором достигается наибольший коэффициент использования мощности, равно четырем. Увеличение числа скоростей свыше четырех приводит к снижению эффекта и нерациональному использованию мощности.

На рисунке 2 показана графическая зависимость изменения во времени мощности двигателя при подъеме колонны на четырех скоростях. Из рисунка можно сделать вывод, что $0,5<C<1$.

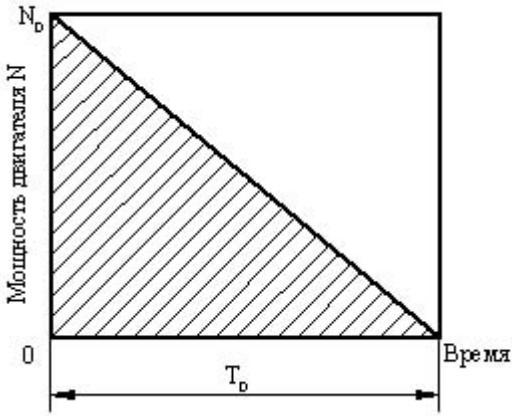



Рисунок 2 - Графическая зависимость изменения мощности двигателя от времени при подъеме колонны на четырех скоростях

Преобразовав выражение (1), получим формулу для определения коэффициента использования мощности

$$C = 0{,}5 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n} \kappa_i \cdot \varphi_i + \frac{1}{V_n^2}}{\sum_{i=1}^{n} \varphi_i + \frac{1}{V_n^2}}; \qquad (2)$$

$$\kappa_i = 1 + V_i / V_{i+1}; \qquad (3)$$

$$\varphi_i = (1 + V_i / V_{i+1}) \cdot 1 / V_i^2, \qquad (4)$$

где Vi – скорость подъема колонны на i-той передаче.

Формула (4.2) позволяет вычислить фактический коэффициент использования мощности. Теоретический коэффициент использования мощности, полученный А.С. Вирновским, можно рассчитать по формуле

$$C_т = n / (n + 1), \qquad (5)$$

где n – номер передачи.

Для облегчения нагрузки на лебедке подъемного агрегата при спуске и подъеме скважинного оборудования применяется талевая система.

Если неподвижный конец каната закрепляется за низ вышки, то нагрузка от поднимаемого груза распределяется на 2n струн талевого каната, где n – число подвижных роликов талевого блока. Если же неподвижный конец каната закрепляется за серьгу талевого блока, то нагрузка на один конец каната определится делением общей нагрузки на удвоенное число подвижных роликов плюс один, т. е. на (2n+1). В соответствии с этим натя-

жение на ходовом конце каната $P_{хк}$, идущего от лебедки, будет рассчитываться следующим образом:

$$P_{хк} = P_{кр} / (2 \bullet n \bullet \eta),$$
или
$$P_{хк} = P_{кр} / ((2 \bullet n+1) \bullet \eta), \quad (6)$$

где $P_{кр}$ – общая нагрузка на крюке от массы поднимаемого груза;

η – коэффициент полезного действия талевой системы, зависящий от числа шкивов в талевой системе (таблица 3)

**Таблица 2 - Коэффициенты полезного действия талевой системы в зависимости от числа роликов**

| Число шкивов | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| η | 0,970 | 0,940 | 0,920 | 0,900 | 0,885 | 0,870 | 0,855 | 0,840 | 0,825 | 0,810 |

Формулы (6) не учитывают изменение силы трения в опорах канатно-го шкива в зависимости от изменяющейся нагрузки в них. Убывающее значение потерь на трение от крюка к барабану по мере снижения нагрузок на шкивах учитывает следующая аналитическая формула:

$$P_{хк} = P_{кр} \cdot \frac{\beta^n \cdot (\beta - 1)}{\beta^n - 1}; \quad (7)$$

$$\beta = 1 / \eta, \quad (8)$$

где β - коэффициент, зависящий от жесткости каната и от силы трения в опорах канатного шкива.

Максимальное значение на крюке определяли по формуле:

$$P_{кр} = \left(P_{НКТ} + P_{ш} + P_{ж}\right) \cdot K; \quad (9)$$

$$P_{кр} = \left(L \cdot q_{НКТ} + L \cdot a \cdot q_1 + (1 - a) \cdot L \cdot q_2 + P_{ж}\right) \cdot K, \quad (10)$$

где $q_i$– вес погонного метра штанг, Н/м;

L – глубина скважины, м;

K – коэффициент, учитывающий кратковременное превышение нагрузки на крюке при страгивании поднимаемого оборудования К = 1,1 -1,2.

Вес жидкости определится по формуле

$$P_{ж} = m_{ж} \cdot g = \rho_{ж} V_{ж} \cdot g; \quad (11)$$

$$V_{ж} = V_{НКТ} - V_{ш}; \quad (12)$$

$$V_{НКТ} = \frac{\pi d_{НКТ}^2}{4} \cdot L; \quad (13)$$

$$V_ш = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot a \cdot L + \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot (1-a) \cdot L ; \quad (14)$$

$$V_ш = \frac{\pi L}{4}\left[d_{НКТ}^2 - a \cdot d_1^2 - (1-a) \cdot d_2^2\right]. \quad (15)$$

$$N = P_{кр} \cdot \upsilon / \eta_T , \quad (16)$$

Зная максимальную нагрузку на крюке, можно подобрать подъемный агрегат:. Мощность привода лебедки определяется по формуле :

$$N = P_{кр} \cdot \upsilon / \eta_T , \quad (17)$$

где υ – скорость подъема крюка;

$\eta_T$ – суммарный КПД талевой системы и трансмиссии подъемного агрегата.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Гречухина, А. А. Совершенствование работы установок подготовки нефти [Электронный ресурс] / А. А. Гречухина, А. А. Елпидинский, А. Е. Пантелеева. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2008. — 120 с. — 978-5-7882-0581-6. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62671.html
2. Храменков, В. Г. Совершенствование процесса бурения и бурового оборудования: автоматизация управления технологическими процессами бурения нефтегазовых скважин [Электронный ресурс] : учебное пособие для СПО / В. Г. Храменков. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Профобразование, 2019. — 410 с. — 978-5-4488-0029-0. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/83118.html

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проекта по дисциплине

# Б1.В.ДВ.01.01.03 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность(профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: очная, заочная

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 01 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург
2021

Автор: Гаврилова Л.А., доцент, к.т.н.

# ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов. В настоящее время конструирование технических объектов выполняется на ЭВМ. Выпускники университета должны уметь работать на ЭВМ в текстовых и графических редакторах, конструкторских пакетах, позволяющих выполнять проектирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов.

**Цель курсового проекта:** обучение студентов конструированию и расчетам, в т.ч. и с применением компьютерных технологий. Умение использовать методологию системного подхода и методики расчетов на прочность при проектировании нефтегазового и иного оборудования позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

**Соответствие курсового проекта компетенциям требованиям государственного образовательного стандарта.**

по направлению подготовки ***15.03.02 Технологические машины и оборудование***:

*универсальные*

-

*общепрофессиональные*

-.

*профессиональные*

- способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК 1.1);

- способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК 1.2);

- способность выполнять анализ и оптимизировать конструкции технологических машин, обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления (ПК 1.6).

**Результат изучения дисциплины: «Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»**

*Знать:*

– методику расчетного обеспечения конструкционной и прочностной надежности машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– методику расчета параметров узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– основы и этапы проектирования деталей и узлов машин с использованием технической литературы, а также средств автоматизированного проектирования на базе САПР;

– программное обеспечение, реализующее методики расчета узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– программное обеспечение, позволяющее внедрить методику по определению параметров, учитывающих конструктивные и прочностные характеристики изделий;

– правила оформления научно-технической и служебной документации;

– требования к размещению оборудования при выполнении операций технологических процессов бурения, добычи, ремонта скважин;

– специфику технологического процесса для конкретных условий эксплуатации бурового и нефтепромыслового оборудования;

– специфику эксплуатации машин и оборудования нефтегазового комплекса;

– основные показатели технологичности конструкции изделия, качественные и количественные методы оценки технологичности;

– структуру производства;

*Уметь:*

использовать компьютерные программы для расчета и проектирования узлов и деталей машин;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

рассчитать технические параметры машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов по заданным технологическим требованиям;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

использовать принципы унификации и стандартизации при проектировании оборудования;

оптимизировать конструктивные решения, выбирать и обосновывать критерии оптимизации;

вносить коррективы, исправлять ошибки в научно-технической и служебной документации;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить уровень стандартизации и унификации;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

выбирать основные и вспомогательные материалы деталей при проектировании в зависимости от различных критериев работоспособности нефтегазового оборудования;

анализировать параметры технологических процессов в соответствии с конструктивными параметрами и функциональным назначением применяемого оборудования;

работать в команде;

*Владеть:*

методами расчета по определению требуемого уровня конструктивной и прочностной надежности узлов машин и оборудования;

навыками проектирования машин и механизмов;

современной методологией научного анализа исследуемых механических систем и технологических процессов;

способами перехода от реального объекта к расчетной схеме;

методиками проектных и проверочных расчетов инженерных конструкций на прочность, долговечность и жесткость;

навыками работы с основными российскими и зарубежными средствами автоматизированного проектирования на базе современных САПР;

навыками набора текста и создания изображений в компьютерных программах;

способностью анализировать полученный результат и умением сделать вывод о состоянии объекта расчета;

навыками разработки рабочей проектной и технической документации, в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами, оформления законченных проектно-конструкторских работ;

методикой определения металлоемкости и жесткости проектируемых конструкций;

принципами и способностью коммуникации.

## ЗАДАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Задания на выполнение курсовой работы выдаются двух уровней: индивидуальное задание и типовое задание.

Индивидуальное задание оформляется отдельно, выдается по согласованию со студентом руководителем работы и должно соответствовать направлению научной работы выполняемой данным студентом.

Типовое задание основано на знаниях предшествующих дисциплин, «Теория машин и механизмов», «Детали машин и основы проектирования», на которых выполнялись учебные проекты, в основном, без использования специальных компьютерных технологий проектирования.

**Задание.**

**Варианты заданий к курсовому проекту по теме "Проектирование двуплечевого балансирного привода штанговых скважинных насосов"**

| Вариант | Дебит скважины Q,$м^3$/сут | Глубина спуска насоса L, м | Плотность нефти, ρ кг/$м^3$ | Число качаний в минуту, n | Ход полированного штока S, мм | Диаметр плунжера $D_{пл}$, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 14,6 | 1645 | 830 | 10 | 600 | 28 |
| 2 | 1.45 | 1300 | 820 | 5 | 450 | 28 |
| 3 | 31,3 | 2590 | 825 | 12 | 1500 | 28 |
| 4 | 22,1 | 2451 | 850 | 7 | 450 | 28 |
| 5 | 8,9 | 1750 | 830 | 10 | 1350 | 28 |
| 6 | 5,6 | 1612 | 820 | 6 | 1200 | 28 |
| 7 | 6,1 | 1915 | 825 | 7 | 900 | 32 |
| 8 | 1,8 | 1548 | 850 | 7 | 450 | 32 |
| 9 | 1,6 | 1868 | 825 | 5 | 300 | 32 |
| 10 | 1,9 | 1736 | 830 | 5 | 450 | 32 |
| 11 | 13,1 | 1981 | 850 | 5 | 600 | 32 |
| 12 | 5,2 | 1298 | 820 | 12 | 300 | 38 |
| 13 | 20,1 | 2150 | 870 | 12 | 600 | 38 |
| 14 | 36,3 | 2542 | 825 | 9 | 1200 | 38 |
| 15 | 41,5 | 1925 | 830 | 7 | 1050 | 38 |
| 16 | 3,1 | 1205 | 820 | 5 | 450 | 38 |
| 17 | 43,7 | 2146 | 850 | 7 | 1350 | 38 |
| 18 | 34,7 | 2300 | 870 | 6 | 2100 | 43 |
| 19 | 2,8 | 1060 | 820 | 5 | 300 | 43 |
| 20 | 6,1 | 1350 | 850 | 7 | 450 | 43 |
| 21 | 59,6 | 2610 | 825 | 7 | 1500 | 43 |
| 22 | 9,8 | 1540 | 830 | 9 | 600 | 43 |
| 23 | 27,6 | 1681 | 850 | 6 | 2400 | 43 |
| 24 | 14,0 | 1359 | 825 | 5 | 450 | 43 |
| 25 | 8,9 | 1170 | 820 | 7 | 750 | 43 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 4,8 | 1053 | 830 | 9 | 300 | 43 |
| 27 | 9,7 | 1620 | 850 | 7 | 750 | 43 |
| 28 | 40,5 | 1782 | 825 | 6 | 1800 | 43 |
| 29 | 29,7 | 1650 | 830 | 6 | 2700 | 43 |
| 30 | 6,2 | 1125 | 825 | 5 | 600 | 43 |
| 31 | 32,5 | 2130 | 850 | 12 | 1500 | 43 |
| 32 | 17,3 | 1740 | 870 | 6 | 900 | 56 |
| 33 | 21,7 | 1645 | 820 | 6 | 1200 | 56 |
| 34 | 12,9 | 1360 | 825 | 7 | 600 | 56 |
| 35 | 5,9 | 1132 | 830 | 5 | 450 | 56 |
| 36 | 9,7 | 1460 | 870 | 5 | 600 | 56 |
| 37 | 30,2 | 1840 | 830 | 7 | 1350 | 56 |
| 38 | 53,4 | 1975 | 825 | 7 | 1050 | 43 |
| 39 | 2,2 | 1020 | 830 | 5 | 450 | 32 |
| 40 | 2,2 | 1430 | 825 | 5 | 600 | 28 |

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ.

Кинематическая схема двуплечных балансирных станков-качалок показана на рис. 3. Преобразующий механизм балансирных станков-качалок представляет собой простейший плоский механизм первого класса второго порядка.

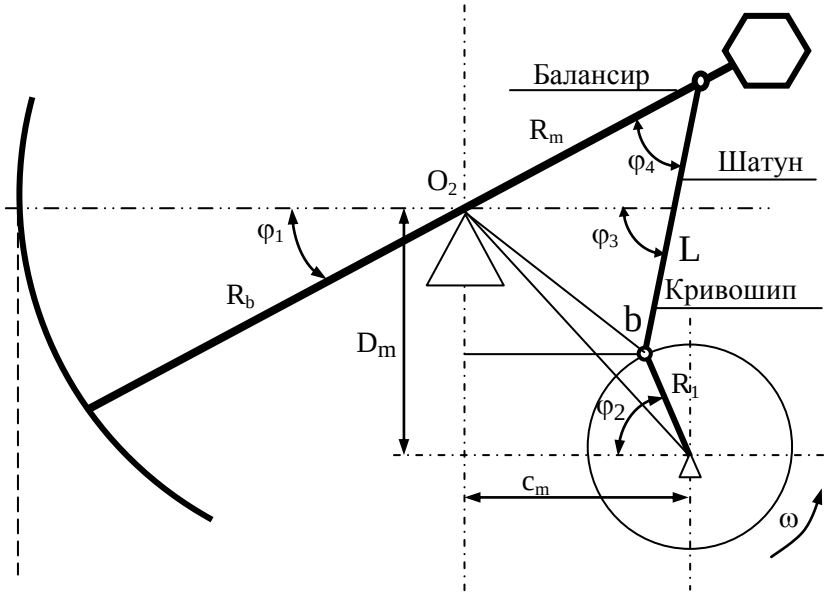



**Рис. 1. Схема к кинематическому расчету**

На рис. 1 обозначено:
$R_1$ - радиус кривошипа;
$R_b$ - плечо балансира до подвески штанг;
$R_m$ - плечо балансира до точки соединения балансира с шатуном;
L - длина шатуна;
$C_m$ - расстояние по X между осями кривошипа и балансира;
$D_m$ - расстояние по Y между осями кривошипа и балансира;
$\varphi_2$ - угол отклонения кривошипа от линии горизонта;
$\varphi_1$ - угол поворота балансира от линии горизонта;
$\varphi_3$ - угол отклонения шатуна от линии горизонта;
$\varphi_4$ - угол между шатуном и балансиром;

## 1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА

### 1.1. Положение элементов

Для получения выражений, необходимых для расчета перемещения, скорости и ускорения точки подвеса штанг рассматривается показанная на рис. 1 схема.
Для получения зависимостей, связывающих углы отклонения балансира и шатуна можно воспользоваться теоремой косинусов. Для проведения вычислений должны быть определены размеры отрезков, входящих в соответствующие треугольники. При получении зависимостей считаются известными конструктивные размеры элементов и угол поворота кривошипа $\varphi_2$.
Отрезок, соединяющих ось вращения кривошипа и ось балансира

$$P=\sqrt{D_m^2+C_m^2} \qquad (1)$$

Угол наклона линии, соединяющей ось вращения кривошипа и ось балансира, к горизонту

$a_1 = arctg(D_m/C_m)$ (2)

Координаты т. крепления шатуна к кривошипу

$X_b = R_1 * Cos(\varphi_2)$; (3)

$Y_b = R_1 * Sin(\varphi_2)$. (4)

Отрезок, соединяющих ось балансира и точку крепления кривошипа к шатуну

$$L_{o2b} = \sqrt{(D_m - Y_b)^2 + (C_m + X_b)^2} \quad (5)$$

Угол между шатуном и балансиром из треугольника $O_2Cb$

$\varphi_4 = arccos[(R_m^2 + (L)^2 - (L_{o2b})^2]/(2 \cdot R_m \cdot L)$. (6)

Угол между балансиром и отрезком $O_2b$ из треугольника $O_2Cb$

$a_2 = arccos[(Rm^2 + (L_{o2b})^2 - (L)^2]/(2 \cdot R_m \cdot L_{o2b})$. (7)

Угол между шатуном и отрезком $O_2b$ из треугольника $O_2Cb$

$a_3 = arccos[( (L_{o2b})^2 + (L)^2 - Rm^2]/(2 \cdot L \cdot L_{o2b})$. (8)

Угол между горизонтом и отрезком $O_2b$ из треугольника $O_2mb$

$a_4 = arctg[(D_m - Y_b)/(C_m + X_b)]$. (9)

Угол между вертикальной линией и отрезком $O_2b$ из треугольника $O_2mb$

$a_5 = arctg[(C_m + X_b)/(D_m - Y_b)]$. (10)

Угол отклонения балансира от линии горизонта

$\varphi_1 = a_2 - a_4$. (11)

Угол отклонения шатуна от вертикальной линии

$a_6 = a_5 - a_3$. (12)

Угол отклонения шатуна от линии горизонта

$\varphi_3 = 90 + a_6$. (13)

Координата точки подвеса штанг

$X_a = R_b \cdot cos(\varphi_2)$; (14)

$Y_a = R_b \cdot sin(\varphi_2)$. (15)

Перемещение точки подвеса штанг

$L_{тр} = R_b \cdot \varphi_2$ (16)

### 1.2. Расчет скоростей перемещения элементов

Расчет скорости может быть выполнен двумя способами:
с использованием численного дифференцирования углов поворота элементов;
с использованием геометрических размеров элементов.
При решении задачи с помощью ЭВМ наиболее простые выражения для расчета скорости могут быть получены численным дифференцированием углов поворота элементов. При численном дифференцировании угловой скорости будут получены угловые ускорения.
По методу Эйлера для расчета скорости дифференцирование заменяется приращением

$$\omega_i = \frac{\varphi_i - \varphi_{i-1}}{\Delta t} \quad (20)$$

где $\omega_i$ - значение скорости в текущий момент времени, рад/с;

$\Delta t$ - шаг интегрирования по времени, с;

$\varphi_i$ - значение угла поворота в текущий момент времени, рад;

$\varphi_{i-1}$ - значение угла поворота в момент времени, отстоящий от текущего на шаг интегрирования $\Delta t$.

Угловые ускорения перемещения элементов

$$\varepsilon_i = \frac{\omega_i - \omega_{i-1}}{\Delta t} \qquad (21)$$

где $\varepsilon_i$ - угловое ускорение в текущий момент времени;

$w_{i-1}$- значение скорости в момент времени, отстоящий от текущего на шаг итегрирования $\Delta t$.

Значения скорости и ускорения по (20), (21) может быть вычислено для любого элемента механизма, для которого имеются выражения для расчета углов поворота.

Ускорение точки подвеса штанг

$$a_ш = \varepsilon_б \cdot R_б \qquad (22)$$

## 2. РАСЧЕТ УСИЛИЙ В ЗВЕНЬЯХ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

### 2.1. Усилие в точке подвеса штанг

При определении усилий рассматривается вначале движение штанг из нижней точки вверх. В нижней мертвой точке давление столба жидкости воспринимается насосно-компрессорной трубой (НКТ). В процессе движения закрывается плунжерный клапан, давление столба жидкости начинает действовать на насосные штанги. Под действием давления насосные трубы удлиняются, поэтому усилие столба жидкости через насосные трубы на шток начинают действовать не сразу, а через некоторое время, равное времени удлинения насосных треб. Процесс нарастания усилия будет линейным от 0 до веса столба жидкости.

Представленные ниже выражения составлены для общего случая при действии давления жидкости. Изменение давления реализуются в алгоритме при реализации методики в виде программы на ЭВМ.

Для выполнения расчетов использована методика А.С.Вирновоского. Необходимые значения скорости V и ускорения $a_ш$ точки подвеса колонны штанг определяются по представленным выше выражениям.

Для выполнения расчета необходимы следующие исходные данные:

$R_1$ - радиус кривошипа, м;

n - число качаний балансира в минуту ;

H - глубина спуска насоса, м;

$d_н$ - диаметр плунжера насоса , мм;

конструкция колонны штанг:

$d_1,...,d_n$ - диаметры секций, мм;

$K_1,..., K_n$ - доли каждой секции штанг в общей длине колонны; .

$q_{ш1},..., q_{шn}$ - вес погонного метра штанг каждой типоразмера в жидкости,

типоразмер насосно-компрессорных труб (НКТ);

$\rho_ж$ - плотность нефти, кг/м$^3$.

Расчет производится для 6-ти характерных точек.

Точка 1. Величина усилия в начале хода вверх

$$P_0^в = P_ш + (P_ш'/g)\, W_0^в \; ; \qquad (23)$$

где $P_ш'$- вес колонны штанг в воздухе;

$P_ш' = q_ш' H$;

где $q_ш'$- вес погонного метра штанг в воздухе;

$W_0^в$- ускорение точки подвеса в начале хода вверх.

Точка 2. Усилие в момент окончания периода начальной деформации при ходе вверх

$$P\lambda^{в} = P_{ш} + P_{ж} + (P_{ш}'/g)(1 - \psi/2)\, W\lambda^{b}; \quad (24)$$

где $P_{ш}$ - вес штанг в жидкости;

$P_{ш} = q_{ш} \cdot H$,

где $q_{ш}$ - вес погонного метра штанг в жидкости.
Для выбранной конструкции колонны штанг

$$q_{ш} = q_{ш1} \cdot K_1 + q_{ш2} \cdot K_1 + q_{ш3} \cdot K_1, \quad (25)$$

где $q_{ш1}$, $q_{ш2}$, $q_{ш3}$ - вес погонного метра штанг каждой типоразмера в жидкости;
$P_{ж}$ - вес столба жидкости;

$$P_{ж} = F_{н} \cdot H \cdot \rho_{ж} \cdot g, \quad (26)$$

где $F_{н}$ - площадь плунжера насоса,
$\rho_{ж}$ - плотность откачиваемой жидкости,
g - ускорение свободного падения;
$W\lambda^{в}$- ускорение точки подвеса в момент окончания периода начальной деформации;
$\psi$ - коэффициент, учитывающий соотношение площадей сечения штанг и трубы,

$$\psi = (1 + f_{ш} / f_{т})^{-1} \quad (27)$$

где $f_{т}$ - площади сечения тела трубы;

$$f_{ш} = (K_1/f_{ш1} + K_1/f_{ш2} + K_1/f_{ш3})^{-1} \quad (28)$$

где $f_{ш1}, f_{ш2}, f_{ш3}$-площади поперечных сечений каждой ступени;

Точка 3. Величина максимальной нагрузки в точке подвеса штанг
По окончании периода начальной деформации наблюдается максимальное значение величины нагрузки в точке подвеса. Экстремальное значение нагрузки обусловлено в этом случае волновыми процессами в колонне насосных штанг.

$$P_{max} = P_{ш} + P_{ж} + P_{d1}, \quad (29)$$

где $P_{d1}$- динамическая нагрузка в начале хода вверх;

$$P_{d1} = K_v^{в} \cdot V_{max} + K_a \cdot H \cdot W_{max} \quad (30)$$

$K_v^{в} = f_{ш} \cdot E/a \cdot \psi\,(1 + 0.3m)$,

$$m = \frac{f_{п} - f_{ш}}{F_{т} - f_{ш}} \times \frac{P_{ж}}{P_{ш}}$$

где $F_{т}$ - площадь проходного сечения насосных труб.
E - модуль упругости стали;
a - скорость звука в колонне штанг, a=5100 м/с;
$V_{max}$, $W_{max}$ - скорость и ускорение точки подвеса в момент достижения максимальной нагрузки.
Углы поворота кривошипа $\varphi_1$ и $\varphi_2$, при которых нагрузки достигают максимальной и минимальной величин

$$\varphi_1 = \varphi\lambda^{в} + \Delta\varphi^{в}; \quad (31)$$

$$\varphi_2 = \varphi\lambda^{н} + \Delta\varphi^{н}; \quad (32)$$

где $\Delta\varphi^{в}$, $\Delta\varphi^{н}$ - дополнительный угол поворота кривошипа от момента окончания периода начальной деформации до момента достижения экстремальной величины нагрузки:

$$\Delta\varphi^{в} = \Delta\varphi^{н} = \omega \cdot H \cdot 57.3 / a \quad (33)$$

Величины углов $\varphi\lambda^{в}$ и $\varphi\lambda^{н}$, соответствующие моменту окончания периода начальных деформаций при ходе вверх и при ходе вниз определяются из рисунка или расчетным путем на ЭВМ. Имея зависимость скорости и ускорения точки подвеса от значения угла поворота кривошипа, можно определить скорость и ускорение при достижении максимальной и минимальной нагрузки.

Угол поворота кривошипа за период начальной деформации определяется полной потерей хода

$$\lambda = 0.1 \cdot F_н \cdot H^2 \cdot \rho_ж \cdot g \cdot (1/f_ш + 1/f_т)/E, \quad (34)$$

где $\lambda$ - полная потеря хода;

$$K_a = 0.0842\ f_ш\ (1-\psi/2) \quad (35)$$

При использовании графического метода (заводская методика) абсолютное значение скорости $V\lambda^{b}$ и ускорения $W\lambda^{b}$ точки подвеса штанг по окончанию периода начальной деформации во время хода вверх определяется по формулам:

$$V\lambda^{b} = \omega\ So\ (V\lambda^{b}/\omega/So), \quad (36)$$

$$W\lambda^{b} = \omega^{2}\ So\ (W\lambda^{b}/\omega^{2}/So), \quad (37)$$

где $(V\lambda^{b}/\omega/So)$ и $(W\lambda^{b}/\omega^{2}/So)$ - величины относительных значений скорости и ускорения точки подвеса штанг.

Аргументом при определении значений величин $(V\lambda^{b}/\omega/So)$ и $(W\lambda^{b}/\omega^{2}/So)$ по кинематическим кривым является относительная потеря хода плунжера насоса в период нагрузки штанг весом столба жидкости:

$$\Delta S = \lambda/So = 0.1 \cdot F_н \cdot H^2 \cdot \gamma_ж (1/f_ш + 1/f_т)/So/E \quad (38)$$

Точка 4. Усилие в начале хода вниз:

$$P_0^{н} = P_ш + P_ж + (P_ш'/g)(1 + m)*W_0^{н}; \quad (39)$$

где $W_0^{н}$- ускорение точки подвеса в начале хода вниз.

Точка 5. Усилие в конце периода начальной деформации при ходе вниз

$$P\lambda^{н} = P_ш + (P_ш'/g)(|1 - \psi/2)\ W\lambda^{н}; \quad (40)$$

где $W\lambda^{н}$- ускорение точки подвеса в конце периода начальной деформации при ходе вниз.

Точка 6. Минимальное усилие в точке подвеса

$$P_{min} = P_ш + P_{d2} \quad (41)$$

где $P_{d2}$ - динамическая нагрузка в начале хода вниз;

$$P_{d2} = K_v^{н} V_{min} + K_a H\ W_{min} \quad (42)$$

где $V_{min}$, $W_{min}$ - скорость и ускорение точки подвеса в момент достижения минимальной нагрузки.

При ходе вниз

$$K_v^{н} = f_ш \cdot E/a \cdot \psi. \quad (43)$$

Для построения теоретической динамограммы найденные значения наносятся на график зависимости усилия в т. подвеса от угла поворота кривошипа и полученные таким образом точки соединяются прямолинейными отрезками. В соответствии с графиком определяются приближенные значения промежуточных величин нагрузки в точке подвеса. Эти значения используются для определения промежуточных значений крутящего момента.

**2.2. Усилие в шатуне**

Усилие в шатуне определится из равенства моментов (рис. 4)

$$M_{шт} + M_{шат} + M_{пр.б} - M_{ин.б} - M_{ин.пр.б} = 0, \quad (44)$$

где $M_{шт}$ - момент от усилия на штоке штанг;
$M_{шат}$ - момент от усилия в шатуне;

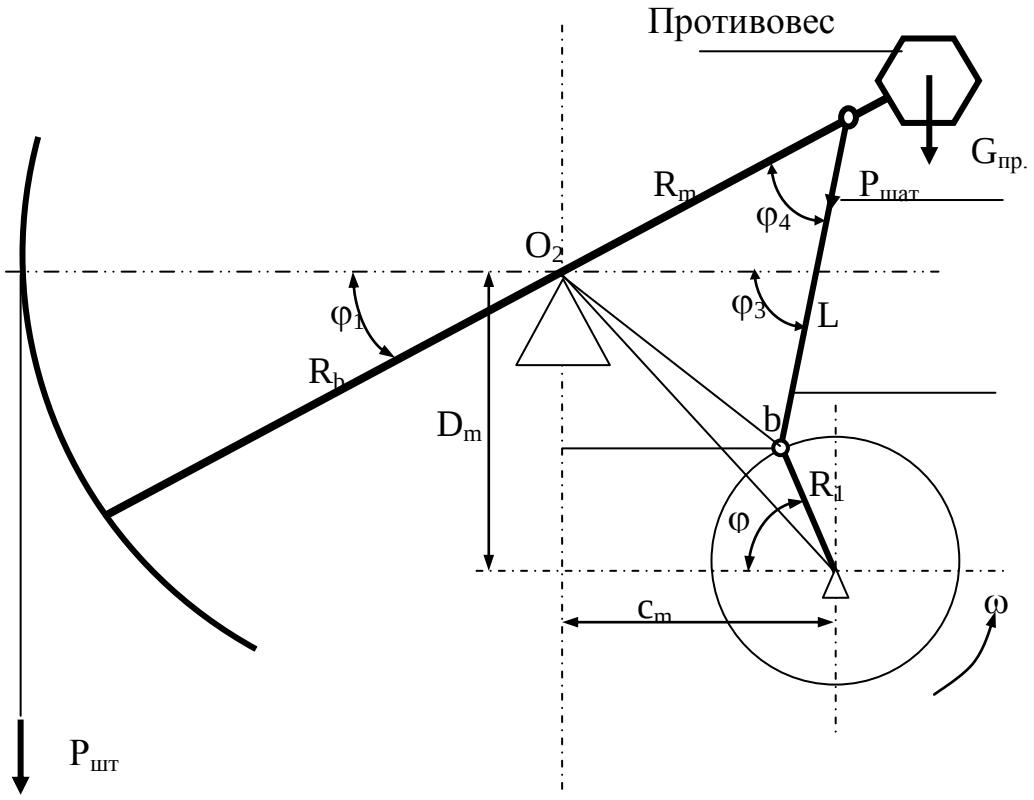



**Рис. 2. Схема к расчету усилий**

$M_{пр.б}$ - момент от веса противовеса балансира;
$M_{ин.б}$ - момент от сил инерции, возникающих при движении балансира с ускорением;
$M_{ин.пр.б}$ - момент от сил инерции, возникающих при движении массы противовеса балансира с ускорением.
Знак момента от сил инерции определяется знаком ускорения. В данной работе принято за положительное направление скорости вращения движение против часовой стрелки, ускорение определяется знаком скорости. Таким образом, в рассматриваемом движении штанг снизу вверх, балансир относительно точки качаний движется по часовой стрелке, что определяет отрицательное значение скорости. При движении из нижней "мертвой" точки происходит увеличение абсолютного значения скорости балансира, т.е. балансир движется с ускорением, но так как скорость имеет отрицательный знак, то и ускорение на всем интервале времени разгона балансира будет иметь отрицательное значение. При определении через ускорение моменты от сил инерции будет получен знак "минус" перед этими моментами, т.е. знаки будут теми же, что и перед моментом от усилий на штоке штанг.
Момент от усилий на штоке штанг определится по усилию на штоке штанг

$$M_{шт}=P_{шт}\cdot R_{б} \quad (45)$$

Момент от усилия в шатуне

$$M_{шат}=-P_{шат}\cdot R_m/sin(\varphi_4) \quad (46)$$

Момент от веса противовеса балансира

$$M_{пр.б}=-G_{пр.б}\cdot R_{пр.б}.cos(\varphi_1) \quad (47)$$

Момент от сил инерции, возникающих при движении балансира с ускорением

$$M_{ин.б}=J_{бал}\cdot e_{б}, \quad (48)$$

где $J_{бал}$-момент инерции балансира относительно оси вращения, кг·м$^2$;
Момент от сил инерции, возникающих при движении массы противовеса балансира с ускорением

$$M_{ин.пр.б}=(G_{пр.б}/g)\cdot R_{пр.б}^{2}\cdot\varepsilon_{б}, \quad (49)$$

где $G_{пр.б}$ - вес противовеса балансира, Н;
g - ускорение свободного падения (9.81 м/с$^2$);
$R_{пр.б}$ - расстояние от оси вращения балансира до центра масс противовеса балансира, м.
После преобразований выражение для расчета усилия в кривошипе примет вид

$$P_{шат}=[P_{шт}\cdot R_{б}-G_{пр.б}\cdot R_{пр.б}.cos(\varphi_1)-J_{бал}\cdot e_{б}-(G_{пр.б}/g)\cdot R_{пр.б}^{2}\cdot e_{б}]\cdot sin(\varphi_4)/R_m. \quad (50)$$

Анализ выражения показывает, что положительное значение усилия в шатуне будет при растяжении шатуна, отрицательное - при сжатии.

### 2.3. Максимальный изгибающий момент на балансире

Для подбора сечения балансира и расчета действительных напряжений в нем должен быть определен максимальный изгибающий момент.
Изгибающий момент на балансире будет зависеть от усилий со стороны штанг, собственного веса балансира, и угла наклона балансира. Усилие на устевом штоке меняется в течение цикла, угол наклона также, поэтому изгибающий момент рассчитывается через заданный шаг расчета (1 градус) и из них выбирается наибольшее значение.

$$M_{бал}=P_{шт}\cdot R_b+[q_{б}\cdot R_b^{2}/2+G_{гб}\cdot(R_bL_{гб}/2)]\cdot\cos(\varphi_1) \quad (51)$$

где $P_{шт}$- нагрузка на устевом штоке;
$R_b$ - длина балансира до подвески штанг;
$R_m$ - плечо балансира до точки соединения балансира с шатуном;
$q_{б}$ - вес 1 погонного метра балансира;
$G_{гб}$ - вес головки балансира;
$L_{гб}$ - ширина головки балансира.
$\varphi_1$ - угол поворота балансира от линии горизонта;

### 2.4. Момент на валу кривошипа

Уравнение равновесия моментов относительно оси кривошипа

$$M_{кр}=M_{шат}+M_{пр.кр} \quad (52)$$

где $M_{кр}$-момент на валу кривошипа;
$M_{шат}$- момент от усилия в шатуне;
$M_{пр.кр}$-момент от веса противовеса, расположенного на кривошипе. Момент от усилия в шатуне

$$M_{шат}=P_{шат}\cdot R_1\cdot sin(\varphi_3-\varphi_2) \quad (53)$$

Момент от веса противовеса, расположенного на кривошипе

$$M_{пр.кр}=-G_{пр.кр}\cdot R_{пр.кр}\cdot cos(\varphi_2-a_{пр}) \quad (54)$$

где $G_{пр.кр}$-вес противовеса, расположенного на кривошипе,
$R_{пр.кр}$-расстояние от оси кривошипа до центра масс кривошипа с шатуном.
$a_{пр}$ - угол между кривошипом и линией, соединяющей оси кривошипа и центр масс противовеса.
За положительное направление крутящего момента принято направление против часовой стрелки, поэтому в выражении для расчета момента от веса противовеса введен знак "-" (при положении кривошипа в 1 и 2 четверти момент от веса кривошипа действует по часовой стрелке). В выражении для расчета момента от усилия в шатуне знак "+" обеспечивает при положительном значении усилия в шатуне положительное значение момента на валу кривошипа на всем ходе движения штанг вверх.

### 2.5. Нагрузка на стойку

В данной методике рассмотрена конструкция стойки, представляющая собой трех или четырехгранную ферменную конструкцию. Общий вид стойки показан на рис. 5.
На стойку действуют нагрузки со стороны балансира от усилий на полированном штоке и в шатуне, а также крутящий момент $M_{кр}$, вызванный действием на головку балансира ветровой нагрузки. Представим нагрузку со стороны балансира на шарнир балансир-стойка из двух составляющих $R_{сх}$ и $R_{су}$ - соответственно горизонтальная и вертикальная.
Для определения значений составляющих усилий на стойку по оси X и оси Y, запишем сумму проекций на эти оси

$$\Sigma P_x=R_{сх}-P_{шат}\cdot cos(\varphi_З)=0 \quad (55)$$

$$\Sigma P_y=R_{су}-P_{шат}\cdot sin(\varphi_З)-P_{шт}-G_{пр.б}=0 \quad (56)$$

где $P_{шат}$- усилие в шатуне;
$P_{шт}$ - усилие на штоке;
$\varphi_З$ - угол между шатуном и горизонтом.
$G_{пр.б}$ - вес противовеса, устанавливаемого на балансире, Н.
После преобразования выражения примут вид

$$R_{сх}=P_{шат}\cdot cos(\varphi_З) \quad (57)$$

$$R_{су}=P_{шт}+P_{шат}\cdot sin(\varphi_З)+G_{пр.б}. \quad (58)$$

При изготовлении стойки в виде треугольной фермы с шарнирным креплением элементов к платформе значения составляющих нагрузки распределятся по элементам с учетом их наклона от вертикальной оси.

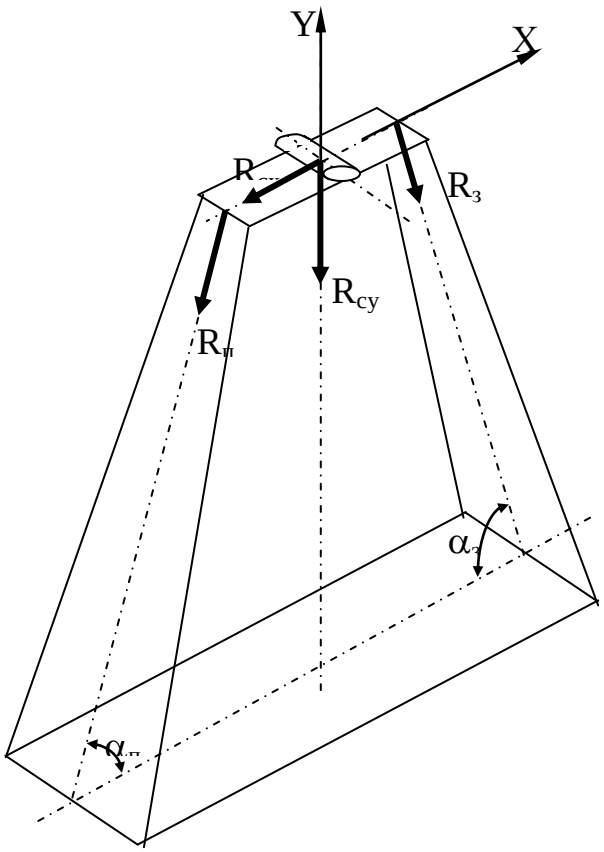



Рис. 3. Схема к расчету нагрузок на элементы стойки

*2.5.1. Распределение нагрузки по стержням стойки*

Действие балансира на стойку заменяется нагрузками, равными по величине определенным выше реакциям $R_{cx}$, $R_{cy}$. Так как, как известно, реакция действует противоположно нагрузке, то при рассмотрении распределения нагрузки по элементам стойки направление действия нагрузки принимается противоположным действию реакций, это показано на рис. 5.
Для расчета усилий в передней и задней секциях стойки составляются уравнения проекций сил на оси X и У (рис. 5).

$$\Sigma X=-R_{cx}+R_{п}\cdot\cos(\alpha_{п})-R_{з}\cdot\cos(\alpha_{з})=0; \quad (59)$$

$$\Sigma Y=-R_{cy}+R_{п}\cdot\sin(\alpha_{п})+R_{з}\cdot\sin(\alpha_{з})=0, \quad (60)$$

где $R_{п}$,$R_{з}$ - усилия в передней и задней секциях стойки, соответственно;
$a_{п}$,$a_{з}$ - углы наклона передней и задней секций к горизонту, соответственно;
После преобразований

$$R_{з}=[ - R_{cx}\cdot tg(\alpha_{п})+R_{cy}] / [\cos(\alpha_{з})\cdot tg(\alpha_{п})+\sin(\alpha_{з}) ] \quad (61)$$

$$R_{п}=[R_{з}\cdot\cos(a_{з}) + R_{cx}] / \cos(a_{п}) \quad (62)$$

## 3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА

### 3.1. Расчет массы противовеса на балансире

Величина уравновешивающих грузов на балансире определяется по средней нагрузке за цикл в точке подвеса штанг и по соотношению линейных размеров

$$G_{бал} = R_{b}\cdot(P_{max}+P_{min}) / [2\cdot R_{бал}] \quad (63)$$

где $R_{1}$ - радиус кривошипа;
$R_{b}$ - длина балансира до подвески штанг;
$P_{max}$- максимальная нагрузка в точке подвеса штанг по (29):
$P_{min}$- минимальная нагрузка в точке подвеса штанг по (41). $R_{бал}$-расстояние от оси до центра масс противовеса;
Масса грузов

$$M_{бал} = G_{бал}/9.81 \quad (64)$$

### 3.2. Расчет массы роторного противовеса

Величина роторных уравновешивающих грузов определяется по средней нагрузке за цикл в точке подвеса штанг и по соотношению линейных размеров привода

$$G_{rotGr} =[R_{b}\cdot R_{1}\cdot(P_{max}+P_{min})]/[ 2\cdot R_{m}\cdot R_{rotGr}] \quad (65)$$

где $R_{1}$ - радиус кривошипа;
$R_{b}$ - длина балансира до подвески штанг;
$R_{m}$ - плечо балансира до точки соединения балансира с шатуном;
$P_{max}$- максимальная нагрузка в точке подвеса штанг по (29);
$P_{min}$- минимальная нагрузка в точке подвеса штанг по (41);
$R_{rotGr}$-расстояние от оси кривошипа до центра масс роторного противовеса;
Масса роторных грузов

$$MrotGr = GrotGr/9.81 \quad (66)$$

### 3.3. Расчет массы роторного и балансирного противовесов при комбинированном уравновешивании

При таком способе уравновешивания задаются один из грузов и расстояния, на которых грузы располагаются от оси вращения.
При задании грузов на балансире вес уравновешивающего роторного груза определится

$$G_{rotGr} = \{R_b \cdot R_1 \cdot [(P_{max}+P_{min})/2 - G_{бал} \cdot R_{бал}/R_b]\}/[R_m \cdot R_{rotGr}] \quad (67)$$

При задании роторных грузов вес уравновешивающего груза на балансире определится

$$G_{rotGr} = \{[(P_{max}+P_{min})/2 - G_{rotGr} \cdot R_m \cdot R_{rotGr}/(R_b \cdot R_1)] \cdot R_b\} / R_{бал} \quad (68)$$

### 3.4. Расчет угла между кривошипом и линией, соединяющей оси кривошипа и центр масс противовеса

У двуплечевой схемы привода шатун работает на растяжение. Поэтому роторный противовес для уравновешивания усилия шатуна должен располагаться на той же стороне, что и шарнир шатун-кривошип. Если центр вращения кривошипа располагается точно вертикально под шарниром шатун-балансир, то угол между кривошипом и линией, соединяющей оси кривошипа и центр масс противовеса, будет равен $0^o$.

При смещении центра вращения кривошипа относительно точки крепления шатуна к балансиру необходимо изменять положение роторных грузов. Аналитически получить зависимость расчета угла положения роторных грузов не удалось, поэтому было решено применить метод поисковой оптимизации для поиска оптимального угла наклона. В качестве критерия оптимизации принят крутящий момент на валу кривошипа. В процессе оптимизации определяется такое значение угла, при котором крутящий момент будет наименьшим.

Алгоритм поиска оптимального решения заключается в следующем:

1) устанавливаются границы возможного изменения угла при поиске $[\alpha_{пр}^{min}, \alpha_{пр}^{max}]$;
2) угол между кривошипом и линией, соединяющей оси кривошипа и центр масс противовеса, принимается равным минимальному значению;
3) рассчитывается по крутящий момент по выражениям (1)..(54);
4) угол изменяется на заданный шаг $\Delta\alpha_{пр}$;
5) пункты 2-4 повторяются пока не будет достигнуто максимальное значение угла, при этом запоминается в памяти ЭВМ минимальное значение момента на валу кривошипа и соответствующее ему значение угла положения роторных грузов.

### 3.5. Расчет балансира

Балка балансира работает на изгиб, причем на нее действуют сосредоточенные нагрузки, вызывающие касательные напряжения. С учетом этого рассчитываются приведенные напряжения. Коэффициент запаса относительно предела текучести определяется для приведенных напряжений.

В упругой стадии напряжения состояние при изгибе проверяется по формулам

$$\sigma = M/W; \ \tau = [Q \cdot S]/I \cdot \delta \quad (69)$$

где M - изгибающий момент в сечении;
Q - поперечная сила;
W - момент сопротивления сечения;
I - момент инерции сечения;
S - статический момент сечения;
δ - толщина стенки сечения.

Проверка балки производится как на нормальное, так и на касательное напряжения.

Текучесть наступает при достижении приведенного напряжения предела текучести

$$\sigma_{пр} = \sqrt{s^2 + 3t^2} \quad (70)$$

Подбор стандартного сечения балки осуществляется по условию

$$\sigma_{пр} < \sigma_т/K_з \quad (71)$$

где $K_з$ - коэффициент запаса по пределу текучести, учитывающий концентрацию напряжений, коэффициент условий работы, коэффициент надежности.

Максимальный изгибающий момент на балансире будет в точке крепления к нему шатуна. Максимальный момент с учетом нагрузки от собственного веса балансира определится по выражению

$$M_{бал}=P_{шт.max}\cdot R_b+ [q_б\cdot R_b^2/2+G_{гб}\cdot(R_bL_{гб}/2)]\cdot\cos(\varphi_1) \quad (72)$$

где $P_{шт.max}$ - максимальная нагрузка на устевом штоке;
$R_b$ - длина балансира до подвески штанг;
$R_m$ - плечо балансира до точки соединения балансира с шатуном;
$q_б$ - вес 1 погонного метра балансира;
$G_{гб}$- вес головки балансира;
$L_{гб}$- ширина головки балансира.
В качестве поперечной силы принимается реакция со стороны стойки, составляющие которой $R_{cx}$, $R_{cy}$ определены в (58),(59). В течение цикла балансир меняет свое положение и, соответственно, будет меняться поперечная сила

$$Q = R_{cy}\cdot\cos(\varphi_1) + R_{cx}\cdot\sin(\varphi_1); \quad (73)$$

где $\varphi_1$ - угол между горизонтом и балансиром.
Для расчета балансира на ЭВМ формируется база данных с параметрами двутавров.
Алгоритм расчета балансира на ЭВМ заключатся в следующем.
1) По выражениям (1)..(54) выполняется кинематический и силовой расчет за цикл работы станка. Шаг, через который выполняются расчета принимается равным 1 градусу поворота вала кривошипа.
2) Из базы данных берется первый двутавр
3) По (72), (73), (69), (70) рассчитывается приведенное напряжение.
4) Проверяется условие (71). Если условие выполняется, то расчеты прекращаются, а если нет, то из базы данных берется следующий двутавр.
5) Пункты 3, 4 повторяются до выполнения условия (71).

### 3.4. Расчет шатуна

Шатун работает на растяжение, поэтому при расчете шатун не нужно проверять на устойчивость. Шатун изготовляется обычно из одной или двух труб.
Проверка шатуна на прочность

$$\frac{P_{шат}}{\varphi\cdot F_{шат}}\le\sigma_т\cdot К_з \quad (74)$$

где $\sigma_т$ - предел текучести, Па;
$P_{шат}$- усилие в шатуне, Н;
$F_{шат}$- площадь сечения шатуна, $м^2$;
$К_з$ - коэффициент запаса по пределу текучести;
$N_{шт}$- количество элементов, составляющих шатун;

$$F_{шат}=\pi\cdot(D_н^2-D_{вн}^2)/4; \quad (75)$$

$D_н$ - наружный диаметр трубы, из которой изготовляется шатун, м;
$D_{вн}$- внутренний диаметр трубы, из которой изготовляется шатун, м;

Алгоритм расчета шатуна на ЭВМ заключатся в следующем.
1) Задаются исходные данные:
- предел текучести материала балансира, МПа;
- коэффициент запаса для расчета допустимого напряжения;
- наружный диаметр трубы, мм;
- толщина стенки, мм;
- число труб, из которых компонуется шатун.

2) По выражению (75) рассчитывается площадь сечения.

3) По выражению (74) рассчитывается действительной напряжение и коэффициент запаса по пределу текучести.

### 3.5. Расчет стойки

В зависимости от геометрических размеров элементов и места их расположения элементы стойки могут работать на растяжение и на сжатие. Поэтому в программе для ЭВМ организуется проверка на какую нагрузку работает элемент и соответственно выполняется расчет или только на растяжение (если элемент работает только на растяжение), или только на сжатие (если элемент работает только на сжатие), или на оба варианта нагрузки. В последнем случае после расчетов по двум вариантам нагружения определяется наибольшее напряжение из двух (растяжение или сжатие) и коэффициент запаса определяется по нему.
Так как знак нагрузки на элементах стойки может меняться в течение цикла, то расчет усилий в передней и задней секциях стойки по выражениям (58), (59), (63), (64) включается в цикл кинематических и силовых расчетов по выражениям (1)..(50).
При работе элементов передней секции стойки на растяжение

$$\sigma_п = R_п / [N_п \cdot F_п] \quad (76)$$

где $R_п$ - усилие растяжения передней секцию;
$N_п$ - число элементов, составляющих переднюю секцию;
$F_п$ - площадь сечения 1 элемента передней секции.

Подбор стандартного сечения элемента при работе на растяжение осуществляется по условию

$$\sigma_п < \sigma_т / К_з \quad (77)$$

$К_з$ - коэффициент запаса по пределу текучести, учитывающий коэффициент надежности, условий работы, безопасности материала.
При работе элементов задней секции стойки на растяжение

$$\sigma_з = R_з / N_з \cdot F_з \quad (78)$$

где $R_з$ - усилие растяжения задней секцию;
$N_з$ - число элементов, составляющих заднюю секцию;
$F_з$ - площадь сечения 1 элемента задней секции.
Подбор стандартного сечения элемента работе на растяжение по условию

$$\sigma_з < \sigma_т / К_з \quad (79)$$

При работе передней секции стойки на сжатие, ввиду того, что длина стержней значительно больше размеров сечений, расчет выполняется с проверкой на устойчивость.
Проверка на устойчивость

$$\sigma_т \cdot К_з > R_п / [\lambda \cdot N_п \cdot F_п] \quad (80)$$

где $\lambda$- коэффициент продольного изгиба.
$\sigma_т$ - предел текучести, Па;
$R_п$- усилие сжатия передней секции стойки, Н;
Коэффициент продольного изгиба зависит от гибкости $\lambda$ и изменяется в пределах.
Гибкость определяется по расчетной длине и коэффициенту m, учитывающему способ закрепления концов стержня

$$\lambda = \mu L / r \quad (81)$$

где L - действительная длина стержня;
r - радиус инерции стержня, м;

Коэффициент μ, учитывающий способ закрепления концов шатуна, для данного исполнения принимается равным 1.

В зависимости от гибкости значения коэффициентов φ для двух марок сталей представлены в табл. 1

Таблица 1

Зависимость коэффициента φ от гибкости λ для стали ст. 3

| Гибкость λ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэф. φ | 1.0 | 0.98 | 095 | 0.92 | 0.89 | 0.86 | 0.82 | 0.76 | 0.7 | 0.62 | 0.51 |

| Гибкость λ | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэф. φ | 0.51 | 0.43 | 0.36 | 0.33 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | 0.16 |

## ЛИТЕРАТУРА


1. Аваков В.А. Расчеты бурового оборудования : научное издание / В. А. Аваков. - Москва : Недра, 1973. - 400 с. : ил. - Библиогр.: с. 388-397.
2. Буровые комплексы: Учебное пособие/ Под ред. К.П. Порожского; Урал. Гос. Горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013 – 768с.
3. Касьянов П.А., Гаврилова Л.А.Проектирование и конструирование узлов талевой системы: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГГА, 2005. - 175 с.
4. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования: Учебн. Пособие для вузов/ Л.Г.Чичеров, Г.В.Молчанов, А.М.Рабинович и др. – М.: Недра. 1987. – 422 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине

# Б1.В.07.03 РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.02.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Гаврилова Л.А., доцент, к.т.н.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 4

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ..... 5

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ..... 6

3. Виды контроля ..... 7

ЛИТЕРАТУРА ..... 7

# ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов.

**Цель практических занятий: закрепление** приобретенных студентами навыков расчета и конструирования машин и оборудования нефтегазовой отрасли.

Практические занятия призваны закреплять теоретический материал по следующим компетенциям федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки ***15.03.02 Технологические машины и оборудование***:

*профессиональные*

- способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК 1.1);
- способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК 1.2);
- способность выполнять анализ и оптимизировать конструкции технологических машин, обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления (ПК 1.6).

**Результат изучения дисциплины: «Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов»**

*Знать:*

методику расчетного обеспечения конструкционной и прочностной надежности машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

методику расчета параметров узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

основы и этапы проектирования деталей и узлов машин с использованием технической литературы, а также средств автоматизированного проектирования на базе САПР;

программное обеспечение, реализующее методики расчета узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

программное обеспечение, позволяющее внедрить методику по определению параметров, учитывающих конструктивные и прочностные характеристики изделий;

правила оформления научно-технической и служебной документации;

требования к размещению оборудования при выполнении операций технологических процессов бурения, добычи, ремонта скважин;

специфику технологического процесса для конкретных условий эксплуатации бурового и нефтепромыслового оборудования;

специфику эксплуатации машин и оборудования нефтегазового комплекса;

основные показатели технологичности конструкции изделия, качественные и количественные методы оценки технологичности;

- структуру производства;

*Уметь:*

использовать компьютерные программы для расчета и проектирования узлов и деталей машин;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

рассчитать технические параметры машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов по заданным технологическим требованиям;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

использовать принципы унификации и стандартизации при проектировании оборудования;

оптимизировать конструктивные решения, выбирать и обосновывать критерии оптимизации;

вносить коррективы, исправлять ошибки в научно-технической и служебной документации;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить уровень стандартизации и унификации;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

выбирать основные и вспомогательные материалы деталей при проектировании в зависимости от различных критериев работоспособности нефтегазового оборудования;

анализировать параметры технологических процессов в соответствии с конструктивными параметрами и функциональным назначением применяемого оборудования;

работать в команде;

*Владеть:*

методами расчета по определению требуемого уровня конструктивной и прочностной надежности узлов машин и оборудования;

навыками проектирования машин и механизмов;

современной методологией научного анализа исследуемых механических систем и технологических процессов;

способами перехода от реального объекта к расчетной схеме;

методиками проектных и проверочных расчетов инженерных конструкций на прочность, долговечность и жесткость;

навыками работы с основными российскими и зарубежными средствами автоматизированного проектирования на базе современных САПР;

навыками набора текста и создания изображений в компьютерных программах;

способностью анализировать полученный результат и умением сделать вывод о состоянии объекта расчета;

навыками разработки рабочей проектной и технической документации, в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами, оформления законченных проектно-конструкторских работ;

методикой определения металлоемкости и жесткости проектируемых конструкций;

принципами и способностью коммуникации.

.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для бу-

дущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,

- групповая

- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

• решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);

• выполнение вычислений, расчетов, чертежей;

• изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;

• работа с измерительными приборами, оборудованием;

• самостоятельное выполнение технологических операций;

• работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;

• составление технической и специальной документации и др

# 2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Изучение конструкторской документации на буровое оборудование.
2. Применение методов конструирования.
3. Выбор показателей функционального назначения СПК.
4. Выбор показателей технологичности.
5. Изучение показателей ТКИ.
6. Выбор и обоснование материала для изготовления бурового оборудования.
7. Разработка функциональной схемы буровой установки.
8. Разработка функциональной схемы установки для ремонта нефтяных скважин.
9. Разработка функциональной схемы станка-качалки.
10. Определение взаимосвязи конструктивных и технологических параметров бурового оборудования.
11. Определение взаимосвязи конструктивных и технологических параметров нефтепромыслового оборудования.
12. Применение методики расчета на прочность узлов буровой установки.
13. Применение методик расчета на прочность нефтепромыслового оборудования.
14. Применение показателей качества для оценки уровня эффективности нефтепромыслового оборудования.
15. Выбор материалов для изготовления бурового и нефтепромыслового оборудования.
16. Обоснование выбора компоновочных схем оборудования для конкретных условий эксплуатации.
17. Подбор штанговых насосных установок для добычи нефти
18. Обработка динамограмм работы скважинных штанговых насосных установок
19. Уравновешивание механических балансирных приводов скважинных штанговых насосных установок

Задания для выполнения практических работ.

1. Составить алгоритм работы оборудования по заданной компоновочной схеме буровой установки. Определить взаимосвязь конструктивных и технологических параметров.
2. Составить алгоритм и программу расчета узла буровой установки для конкретных условий эксплуатации.
3. Расчет насосно-компрессорных труб на прочность.
4. Расчет пакеров.
5. Расчет оборудования для освоения скважин.
6. Выбор и расчет фонтанной арматуры.
7. Определение основных геометрических размеров рабочих колес и направляющих аппаратов электроприводных центробежных насосов (ЭЦН) для добычи нефти. Определение типа рабочего колеса и теоретических характеристик рабочего колеса ЭЦН.
8. Определение осевых и радиальных усилий, возникающих при работе электроприводных центробежных насосов (ЭЦН) для добычи нефти. Выбор материалов осевых и радиальных опор ЭЦН.
9. Подбор установок электроприводных центробежных насосов (УЭЦН) для добычи нефти.

10. Рассчитать показатели функционального назначения СПК установок для бурения (ремонта) скважин.

## 3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

### ЛИТЕРАТУРА


1. Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов : учебник. Ч. 1. Расчет и конструирование оборудования для бурения нефтяных и газовых скважин / С. И. Ефимченко, А. К. Прыгаев. - Москва : Нефть и газ, 2006. - 736 с
2. Буровые комплексы: Учебное пособие/ Под ред. К.П. Порожского; Урал. Гос. Горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013 – 768с

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Угоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению практической и контрольной работы*

*по дисциплине*

# Б1.В.07.04 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Лагунова Ю. А., д-р техн. наук, профессор

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

***Контрольная работа по темам 1-10***

*Вариант 1*

Определить изменение состояния агрегата ГПА-Ц-6,3 в результате проведенной очистки осевого компрессора "на ходу", если агрегат до чистки компрессора работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $t_1$ = 10 °С; $Q_{\text{п}}$ = 30 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $Q$ = 4,0 МПа, $\Delta P$ = 5,12 МПа; частота вращения вала нагнетателя $n$ = 7000 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху $\Delta$ = 0,575. Температура газов перед ТВД $t_z$ = 646 °С определена при помощи графических зависимостей по температуре перед СТ. Температура и давление воздуха на входе осевого компрессора совпадают с номинальными ($T_{\text{а}} = T_{\text{ао}}, P_{\text{а}} = P_{\text{ао}}$).

После чистки осевого компрессора агрегат работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $t_1$ = 18 °С, $t_2$ = 40 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $P_1$ = 4,2 МПа, $P_2$ = 5,4 МПа. Частота вращения вала нагнетателя $n$ = 7500 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху $\Delta$ = 0,575. Температура газа перед ТВД $t_z$ = 680 °С.

*Вариант 2*

Определить запас устойчивой работы нагнетателя ГПА-Ц-6,3/56М-1,45, имеющего следующие параметры рабочего режима: давление газа на входе нагнетателя $P_{\text{вх}}$ = 3,9 МПа, давление газа на выходе нагнетателя $P_{\text{вых}}$ = 5,3 МПа, температура газа на входе $t_1$ = 16 °С, частота вращения нагнетателя $n_0$ = 8100 об/мин, производительность нагнетателя $Q_{\text{комм}}$ = 475 тыс.н·м$^3$/ч, плотность газа $\rho_0$ = 0,676 кг/м$^3$.

*Вариант 3 в периоде*

*Задание*: внутреннее давление; диаметр эллиптического днища; допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению 2 для заданной марки стали при *T*, технологически приняв толщину свыше 32 мм и свыше 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем из приложения П1 по табл. П1.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_{\text{р}}$ = 1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии $c_1$=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку $c_2$=0,002 м.

*Расчет* при *H*=0,25*D*, *R*=*D*.

*Исходные данные:*

| Вариант | Внутреннее давление *p*, МПа | Диаметр эллиптического днища *D*, м | Марка стали | Расчетная температура стенки *T*, °С |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 1,6 | ВСт3 | 20 |
| 2 | 2,3 | 1,7 | 16ГС | 100 |
| 3 | 2,4 | 1,8 | 09Г2С | 20 |
| 4 | 2,6 | 1,9 | 20К | 150 |
| 5 | 2,8 | 2,0 | 10Г2С | 200 |
| 6 | 3,0 | 2,1 | 10 | 250 |
| 7 | 3,2 | 2,2 | 09Г2 | 300 |
| 8 | 3,4 | 2,3 | 17ГС | 350 |
| 9 | 3,8 | 2,4 | 17Г1С | 375 |
| 10 | 4,0 | 2,5 | 10Г2С1 | 400 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 11 | 4,2 | 2,6 | 10 | 20 |
| 12 | 4,4 | 2,7 | 09Г2 | 100 |
| 13 | 4,6 | 2,8 | 17ГС | 150 |
| 14 | 4,8 | 2,9 | 17Г1С | 200 |
| 15 | 5,0 | 3,0 | 10Г2С1 | 300 |
| 16 | 5,2 | 3,1 | ВСт3 | 350 |
| 17 | 5,4 | 3,2 | 16ГС | 375 |
| 18 | 5,6 | 3,4 | 09Г2С | 400 |

# ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

*Задание 1.*

Определить вероятную температуру нефти после 30 суток хранения в нетеплоизолированном резервуаре **Р** со сферической кровлей. Высота взлива нефти $H_{взл}$ = 9 м. Температура закачки нефти в резервуар $T_{зал}$=323 К. Средняя толщина стенки резервуара 9 мм, кровли – $\delta_i$ = 4 мм. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}$=40 Вт/(м·К). Температура воздуха в районе размещения резервуара в период хранения нефти $T_{возд}$ = 253 К, скорость ветра на уровне кровли – $v_{вет}$ = 2 м/с. Характеристики нефти таковы: плотность и кинематическая вязкость при 293 К $\rho_{293}$ ; $\nu_{293} = 28{,}8 \cdot 10^{-4}$ м$^2$/с; коэффициент крутизны вискограммы $u$ = 0,108 К$^{-1}$. Температура грунта под днищем резервуара $T_{гр}$ = 275 К, коэффициент его теплопроводности $\lambda_{гр}$=1,6 Вт/(м·К). Принять продолжительность дня $t_{дн}$ = 8,5 ч, интенсивность солнечной радиации в полдень $i_0$ = 200 Вт/м$^2$.

Таблица 1

Исходные данные

| Вариант | Р | $\rho_{293}$, кг/м$^3$ | Вариант | Р | $\rho_{293}$, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | РВС-1000 | 700-709 | 9 | РВС-1000 | 990-999 |
| 2 | РВС-2000 | 710-719 | 10 | РВС-2000 | 720-729 |
| 3 | РВС-3000 | 720-729 | 11 | РВС-3000 | 710-719 |
| 4 | РВС-5000 | 740-749 | 12 | РВС-5000 | 900-909 |
| 5 | РВС-10000 | 890-899 | 13 | РВС-10000 | 930-939 |
| 6 | РВС-15000 | 900-909 | 14 | РВС-15000 | 740-749 |
| 7 | РВС-20000 | 930-939 | 15 | РВС-20000 | 890-899 |
| 8 | РВС-30000 | 990-999 | 16 | РВС-30000 | 700-709 |

*Задание 2.*

Определить производительность сепаратора (зазор между тарелками 0,4 мм) типа УОВ-602К-2 с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка, предназначенного для отделения кристаллов $Na_2CO_3$ от маточного раствора плотностью $\rho_2$ =1000 кг/м$^3$.

***Исходные данные***

| Вариант | Объемная концентрация твердого вещества в суспензии $C_\upsilon$, % | Плотность кристаллов $Na_2CO_3$ $\rho_1$, кг/м$^3$ | Динамическая вязкость раствора $\mu$, Па·с | Минимальный размер улавливаемых твердых частиц $d$, мкм | Частота вращения ротора $n$, об/мин | Индекс производительности $\Sigma_т$, м$^2$ | Емкость шламового пространства ротора $V_{шл}$, м$^3$ | Пропускная способность по воде, м$^3$/ч |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 2700 | 0,001 | 1 | 4700 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 2 | 11 | 2500 | 0,002 | 0,8 | 4000 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 3 | 12 | 2300 | 0,001 | 1,1 | 4500 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 4 | 13 | 2100 | 0,002 | 1,2 | 4300 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 5 | 14 | 2000 | 0,003 | 1,3 | 4200 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 6 | 15 | 1800 | 0,004 | 1,4 | 4100 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 7 | 10 | 1850 | 0,001 | 0,9 | 3600 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 8 | 11 | 2010 | 0,002 | 0,85 | 3770 | 7000 | 0,006 | до 20 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 12 | 2200 | 0,001 | 0,88 | 3550 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 10 | 13 | 2500 | 0,002 | 0,95 | 3350 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 11 | 14 | 2250 | 0,003 | 0,97 | 3370 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 12 | 15 | 2350 | 0,004 | 0,96 | 3250 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 13 | 10 | 2390 | 0,001 | 1.11 | 3270 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 14 | 11 | 2450 | 0,002 | 1,12 | 3125 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 15 | 12 | 2550 | 0,001 | 1,23 | 3100 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 16 | 13 | 2600 | 0,002 | 1,25 | 3050 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 17 | 14 | 2650 | 0,003 | 1,27 | 3000 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 18 | 15 | 2750 | 0,004 | 1,3 | 2900 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 19 | 16 | 2730 | 0,006 | 1,32 | 2950 | 8100 | 0,008 | до 15 |
| 20 | 17 | 2580 | 0,007 | 1,35 | 2800 | 7900 | 0,005 | до 17 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Уторов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

# Б1.В.07.04 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Лагунова Ю. А., д-р техн. наук, профессор

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Процессы и агрегаты нефтегазовых технологий» является одним из ведущих разделов цикла общепрофессиональных дисциплин. Эта дисциплина является основной на всех этапах ведения технологических процессов нефтяных и газовых промыслов – от изучения рабочих процессов машин и агрегатов при добыче, сборе, подготовке и транспортировании нефти и газа в целом, до самых детальных работ по проектированию, производству и эксплуатации технологического оборудования.

Промышленное производство характеризуется разнообразием технологических **процессов** – результатом целенаправленной деятельности человека для получения определенных продуктов, предметов и материалов. **Агрегаты** – технические объекты для осуществления технологических процессов.

Поэтому дисциплина «Процессы и агрегаты нефтегазовых технологий» строится на основе выявления аналогии между различными стадиями того или иного процесса и функциями агрегатов для осуществления этих стадий в технологическом процессе нефтегазопромысловой отрасли.

Таким образом, предметом дисциплины являются процессы и агрегаты нефтегазовых производств.

Задачей дисциплины является изучение:

теории основных технологических процессов в нефтегазовой промышленности;

принципов устройства и работы агрегатов и машин для осуществления технологических процессов;

методов расчета основных параметров и характеристик агрегатов и машин;

проблем и закономерностей перехода от лабораторных процессов и моделей к промышленным процессам и агрегатам (моделирование).

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) является одной из основ экономики России. В этот комплекс входят такие технологические процессы как добыча, переработка, транспортирование и хранение нефти, газа и нефтепродуктов. Поэтому в нашем учебном пособии рассматриваются общие вопросы гидромеханических процессов и агрегатов, разделения и перемешивания жидких и газовых сред, тепловых процессов и агрегатов, массообменных процессов и агрегатов, адсорбации, механических процессов и агрегатов, сбора и подготовки нефти и газа, транспортирования и хранения нефти и газа.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Нефть и газ в жизни человека

Человеку необходимы различные источники энергии. Различают возобновляемые и невозобновляемые источники энергии. К возобновляемым относятся солнце, ветер, геотермальные источники, приливы и отливы, реки. Невозобновляемыми источниками энергии являются уголь, нефть и газ.

Преимущества нефти и газа перед другими источниками энергии заключаются в относительно высокой теплоте сгорания и простоте использования с технологической точки зрения.

Так, при полном сгорании 1 кг нефти выделяется 46 МДж тепла; 1 м3 природного газа – 36 МДж; 1 кг антрацита – 34 МДж; 1 кг бурого угля – 9,3 МДж; 1 кг дров – 10,5 МДж [1].

С технологической точки зрения нефть и газ выгодны, потому что удобны и экономичны в процессе транспортирования. Ведь нефть и газ транспортируются, в основном, по трубопроводам, которые работают в любое время года и суток. Чтобы транспортировать нефть или газ, затем подать их в топку, достаточно включить насос или компрессор, а порой просто открыть задвижку или кран. Транспортировка же твердого топлива требует обязательного проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Применение газа вместо угля дает большую экономию времени и средств, улучшает условия труда, а также санитарное состояние городов, жилых домов и предприятий.

Кроме того, нефть и газ являются ценным сырьем для переработки. В настоящее время из нефти производят не только топливо (бензин, керосин, дизтопливо), но также *масла и смазки*, столь необходимые любому механизму.

*Синтетический каучук*, вырабатываемый из нефти, является основой для изготовления всевозможных резиновых изделий, например, на шины самосвала «БелАЗ-542» требуется 2 т каучука.

Продуктами переработки нефти являются и *пластмассы*, которые широко применяются в автомобилестроении, авиа- и ракетостроении, машиностроении и в быту. Например, в самолетах гражданской авиации из пластмассы изготовлено около 60 тысяч деталей.

Нефть является основой для производства *синтетических волокон*, которые широко используются и в легкой и в тяжелой промышленности, например, как электроизоляционный и облицовочный материал.

Из нефти получают также самые различные моющие средства, спирты, гербициды, взрывчатые вещества, медицинские препараты, серную кислоту и многое другое.

Углеводородные газы также являются сырьем для производства широкой гаммы продуктов. Из метана, например, сначала получают *метанол* и далее *формальдегид*, используемый для производства пластмасс, обработки се-

мян, дезинфекции. Кроме того, из метана получают *хлороформ* для медици-ны и *четыреххлористый углерод* для сельского хозяйства.
Современная нефтехимия – это *полиэтилен*. Из этилена вырабатывают *уксусную кислоту*, *этиленгликоль*, *поливинилхлорид* и др. Из *этана* получают *этиловый спирт*. *Сероводород* – это сырье для извлечения *серы* и *серной ки-слоты*.
Еще одно направление переработки нефти и газа – это получение *бел-ковой биомассы*. Получаемые белки безвредны для животных и человека, употребляющего мясо этих животных.
Газ является также моторным топливом.

**1.2. Происхождение нефти и газа**

1.2.1. Происхождение нефти

Существует 4 этапа происхождения нефти: донаучный; этап научных догадок; период формирования научных гипотез, связанный с началом разви-тия нефтяной промышленности; современный период.
Ярким примером донаучных представлений о происхождении нефти являются взгляды польского натуралиста XVIII века каноника К. Клюка. Он считал, что нефть образовалась в раю, и является остатком той благодатной жирной почвы, на которой цвели райские сады. Но после грехопадения Бог решил наказать человечество и уменьшил урожайность земли, удалив из нее жирное вещество и спрятав его вглубь Земли, где и образовались скопления нефти.
Примером взглядов периода научных догадок является мысль М.В. Ломоносова о том, что нефть образовалась из каменного угля под воздейст-вием высоких температур.
С началом развития нефтяной промышленности вопрос о происхожде-нии нефти приобрел прикладное значение. Это дало мощный толчок к появ-лению различных научных гипотез. Так, в 1866 г. французский химик М. Бертло высказал предположение, что нефть образовалась в недрах Земли при воздействии углекислоты на щелочные металлы. Другой химик, Г. Биассон, в 1871 г. выступил с идеей о происхождении нефти в результате взаимодейст-вия воды, углекислого газа и сероводорода с раскаленным железом. Кроме того, в 1888 г. немецкий химик К. Энглер выдвинул гипотезу о происхожде-нии нефти из животного жира, т.е. из органического вещества.
В настоящее время сформировались две теории происхождения нефти: органическая и неорганическая.
Сторонники *органической теории* утверждают, что исходным материа-лом для образования нефти стало органическое вещество, а процесс нефтеоб-разования делится на три этапа:
накопление органического материала и его преобразование в диффузно рассеянную нефть;
выжимание рассеянной нефти из нефтематеринских пород в коллекто-ры;

движение нефти по коллекторам и ее накопление в залежах.

Сторонники *неорганической теории* считают, что нефть образовалась из минеральных веществ. Это «карбидная» гипотеза Д. И. Менделеева, «кос-мическая» гипотеза В. Д. Соколова и «магматическая» гипотеза Н.А. Куд-рявцева.

1.2.2. Происхождение газа

Метан широко распространен в природе. На сегодня известно несколь-ко процессов, приводящих к образованию метана: биохимический, термока-талитический, радиационно-химический, механохимический, метаморфиче-ский, космогенный.

*Биохимический процесс* образования метана происходит в илах, почве, осадочных горных породах и гидросфере. Известно более десятка бактерий, в результате жизнедеятельности которых из органических соединений (белков, клетчатки, жирных кислот) образуется метан.

*Термокаталитический процесс* образования метана заключается в пре-образовании органического вещества осадочных пород в газ под действием повышенных температур и давления в присутствии глинистых минералов, играющих роль катализатора.

*Радиационно-химический процесс* образования метана протекает при воздействии радиоактивного излучения на различные углеродистые соедине-ния. Под воздействием радиоактивного излучения органическое вещество распадается с образованием метана, водорода и окиси углерода. Затем окись углерода распадается на углерод и кислород, после чего углерод соединяется с водородом, также образуя метан.

*Механохимический процесс* образования метана заключается в образо-вании углеводородов из органического вещества (углей) под воздействием постоянных и переменных механических нагрузок. В этом случае на контак-тах зерен минеральных пород образуются высокие напряжения, энергия ко-торых участвует в преобразовании органического вещества.

*Метаморфический процесс* образования метана связан с преобразова-нием угля в углерод под воздействием высоких температур (свыше 500 °С).

*Космогенный процесс* основан на возникновении углеводородов в коре нашей планеты. По мнению В. Д. Соколова, углеводороды изначально при-сутствовали в газопылевом облаке, из которого сформировалась Земля. Впо-следствии они стали выделяться из магмы и подниматься в газообразном со-стоянии по трещинам в верхние слои земной коры, где конденсировались, образуя месторождения нефти и газа.

**1.3. Физико-химические характеристики нефти и газа**

*Нефть* и *газ* – это тоже горные породы, но не твердые, а жидкие и га-зообразные. Вместе с другими горючими осадочными породами (торф, бу-рый и каменный уголь, антрацит) они образуют семейство *каустобиолитов*, т. е. горючих органических пород.

1.3.1. Состав и характеристика нефти

Состав нефти различают – элементный, фракционный и групповой.

Основными *элементами* нефти являются углерод (83…87 %) и водород (11…14 %). Наиболее часто встречающаяся примесь – сера (до 7 %), хотя во многих нефтях серы практически нет. *Сера* содержится в нефти в чистом ви-де (самородная), в виде сероводорода или меркаптанов. Она усиливает кор-розию металлов. *Азота* в нефти не больше 1,7 %, он совершенно безвреден в силу своей инертности. *Кислород* в нефти (не более 3,6 %) встречается не в чистом виде, а в различных соединениях (кислота, фенол, эфир и др.). В неф-ти присутствуют и *металлы* - железо, магний, алюминий, медь, натрий, оло-во, кобальт, хром, германий, ванадий, никель, ртуть и др. Содержание метал-лов столь мало, что они обнаруживаются лишь в золе, остающейся после сжигания нефти.

*Фракционный состав* нефти определяется при разделении соединений по температуре кипения. Фракцией (дистиллятом) называется доля нефти, выкипающая в определенном интервале температур. Началом кипения фрак-ции считают температуру падения первой капли сконденсировавшихся па-ров; концом кипения – температуру, при которой испарение фракции пре-кращается.

*Групповой состав* нефти – это количественное соотношение в ней от-дельных групп углеводородов и соединений. *Углеводороды* – это химические соединения углерода и водорода. Они бывают парафиновые, нафтеновые и ароматические.

*Парафиновые* углеводороды (метан, этан, пропан и т.д.) имеют хими-ческую формулу $C_nH_{2n+2}$ ($n$ – число атомов углерода). При $n$ = 1…4 парафи-новые углеводороды являются газами, при $n$ = 5…15 – жидкостями, при $n \geq 16$ – при обычных температурах твердыми веществами. Твердые углеводороды метанового ряда называют парафинами. Температура их плавления составля-ет 52…62 °С. В пластовых условиях парафины находятся в растворенном со-стоянии. Однако при снижении температуры, давления и выделении раство-ренного газа парафин выделяется из нефти в виде кристаллов, создавая про-блемы для её фильтрации в пласте и движения в трубопроводах.

*Нафтеновые* углеводороды (цикланы) имеют химическую формулу $C_nH_{2n}$. В отличие от парафиновых углеводородов они имеют циклическое строение. Нафтеновые угловодороды присутствуют во всех фракциях нефти.

*Ароматические* углеводороды (арены) имеют химическую формулу $C_nH_{2n-6}$ (при $n \geq 6$). Циклическое строение ароматических углеводородов в от-личие от нафтеновых характеризуется наличием двойных связей. Они также встречаются во всех фракциях, обладают хорошей растворяющей способно-стью по отношению к органическим веществам, но высокотоксичны.

В нефти содержатся кислородные, сернистые и азотистые соединения.

*Кислородные соединения* содержат нафтеновые кислоты и асфальто-смолистые вещества. Нафтеновые кислоты вызывают коррозию металлов. Асфальто-смолистые вещества – это сложные высокомолекулярные соедине-ния, содержащие кроме углерода и водорода кислород (2 %), серу (7 %) и

азот (1 %). При обычных температурах они представляют собой малотекучее или твердое вещество с плотностью, превышающей плотность воды. Часть асфальто-смолистых веществ, которая растворяется в бензине, называется смолой, а нерастворимая часть – асфальтом.

Содержание *сернистых соединений* в нефти составляет 6 %.

*Азотистые соединения* – это порфирины, которые образовались из хлорофилла растений и гемоглобина животных.

1.3.2. Состав и физико-химические свойства углеводородных газов

По способу получения и физико-химическим свойствам газы подразде-ляют на природные и искусственные.

*Природные газы* представляют химическую смесь отдельных газов (компонентов), химически инертных между собой (т. е. не действующих друг на друга) и состоят преимущественно из отдельных углеводородов (алканов). Основная часть природного газа метан (98 %), остальная часть смеси состоит из предельных углеводородов – этана *C*2*H*4, пропана *C*3*H*8, бутана *C*4*H*10 и пентана *C*5*H*12. Кроме того, в состав природного газа в небольших количест-вах входит – азот *N*2, углекислый газ *CO*2, сероводород *H*2*S*, водород *H*2 и др. В зависимости от содержания тяжелых углеводородов, природные газы де-лятся на сухие газы (тощие), промежуточной категории и жирные.

*Искусственные горючие газы* подразделяются на две группы. К первой относятся газы, получаемые в результате нагревания твердого или жидкого топлива без доступа воздуха при температуре перегонки 500…1000 °С. Ко второй группе относятся газы без остаточной газификации, получаемые при частичном сжигании топлива в потоке воздуха, кислорода или их смесей с водяным паром, а также путем подземной газификации углей. Эти газы со-стоят из окиси углерода, водорода и азота.

Сжиженные углеводородные газы представляют собой смесь углеводо-родов – пропана, пропилена, бутана, бутилена и небольших количеств мета-на, этана и пентана. Эта смесь при нормальных атмосферных условиях (0,1 МПа = 760 мм рт.ст. и 0 °С) находится в газообразном состоянии, а при по-вышенном давлении и пониженной температуре превращается в жидкость.

К основным параметрам газа относятся: молекулярная масса, плот-ность, сжимаемость, вязкость, а также упругость насыщенных паров и пр.

*Молекулярная масса* газа представляет собой сумму молекулярных масс атомов, входящих в молекулу газов. Масса газа в граммах, численно равная его молекулярной массе, называется молем. Если известен мольный, т.е. объемный, состав смеси газа в процентах, то его средняя молекулярная масса

$M\text{ср} = (V1M1 + V2M2 + \ldots + V\text{n}M\text{n}) / 100,$

где $V1 \ldots V\text{n}$ – мольные (объемные) концентрации компонентов;

$M1 \ldots M\text{n}$ – молекулярные массы компонентов.

*Плотность* газа (кг/м3) определяется отношением массы к объему:

$\rho = m / V,$

где $m$ – масса газа, кг;

$V$ – объем данной массы газа, м3.

*Относительная плотность* газа – это отношение массовой единицы объема газа к массе такой же единицы объема сухого воздуха при одинако-вых условиях (температура и давление)

$\Delta = \rho / 1{,}293 = 0{,}773\rho$,

где 1,293 кг/м3 – плотность сухого воздуха.

Поскольку плотность ρ зависит от давления, температуры и сжимаемо-сти газа, плотность ρ1 соответствует давлению $P1$ и температуре $T1$, то пере-счет ее на другие давления $P2$ и температуру $T2$ производится по формуле

$\rho 2 = \rho 1\ P2\ T1\ z1 / (P1\ T2\ z2)$,

где $z1$ и $z2$ – коэффициенты сжимаемости газа.

Так как объем одного моля газа при данных значениях температуры и давления является величиной постоянной для всех газов (закон Авагадро), то плотности их прямо пропорциональны молекулярным массам

$\rho 1 / \rho 2 = M1 / M2$.

Плотность газа при 0 °С и определенном значении молекулярной мас-сы определяют из выражения

$\rho 0 = M / 22{,}414 = 0{,}0446\ M$,

где 22,414 м3 – объем 1 кмоля любого газа (0 °С и 760 мм рт. ст.).

*Смеси газов*. Плотность газовых смесей определяют по правилу сме-шения, согласно которому свойства смеси складываются пропорционально из свойств компонентов, входящих в смесь

$\rho см = a1\ \rho 1 + a2\ \rho 2 + \ldots + a\text{n}\ \rho\text{n}$,

где ρсм – плотность смеси газов, кг/м3;

$a1 \ldots a\text{n}$ – объемные концентрации (в долях единицы) компонентов смеси;

ρ1 … ρn – плотность компонентов.

*Сжимаемость газов* характеризуется коэффициентом, учитывающим отклонение реальных газов от законов идеального газа. Коэффициент сжи-маемости $z$ газов определяют экспериментально, а при отсутствии этих дан-ных – по номограммам.

*Критической температурой* называют температуру, выше которой газ не переходит в жидкое состояние, как бы ни повысили его давление (бутан – 152 °С, воздух – 142 °С, метан – 82 °С).

*Критическое давление* – это давление, ниже которого газ не переходит в жидкое состояние, как бы ни понизили его температуру (воздух – 3,8 МПа, бутан – 3,5 МПа).

Среднекритические параметры газовой смеси определяют по правилам смешения:

для среднекритической температуры (в К)

$T\text{кр.см} = a1\ T\text{кр1} + a2\ T\text{кр 2} + \ldots + a\text{n}\ T\text{кр n}$,

для среднекритического давления (в Па)

$P\text{кр.см} = a1\ P\text{кр1} + a2\ P\text{кр 2} + \ldots + a\text{n}\ P\text{кр n}$.

*Вязкость газа* характеризует свойство газа оказывать сопротивление сдвигающим усилиям, возникающим в результате сил трения между слоями движущегося газа. Коэффициент, учитывающий это свойство реальных газов

и характеризующий пропорциональное отношение действующей силы сдви-га, отнесенной к единице поверхности соприкасающихся слоев, называется коэффициентом *динамической вязкости* (Па·с)

$\mu = \tau\ (dn / dw)$ ,

где $\tau$ – напряжение внутреннего трения, Па;

*n* – расстояние по нормали к направлению линейной скорости газа, м;

*w* – линейная скорость газа, м/с.

При гидравлических расчетах используется понятие *кинематической вязкости* (м2/с)

**1.4. Классификация основных процессов и агрегатов**

По общепринятой классификации, основанной на кинетической (ско-ростной) закономерности процессов, различают следующие их типы.

*Гидромеханические процессы*, скорость *j*г которых определяется зако-нами гидродинамики:

$j\text{г} = dV / (F\ d\tau) = \Delta p / R1 = K1\ \Delta p$, (1)

где *V* – объем перемещаемой среды;

*F* – площадь сечения агрегата;

$\tau$ – время;

$\Delta p$ – перепад давлений (движущая сила процесса);

*K*1 – коэффициент скорости процесса (величина, обратная гидравличе-скому сопротивлению *R*1).

К гидромеханическим относятся процессы перемещения жидкостей и газов, осаждения, фильтрования, центрифугирования, псевдоожижения, пе-ремешивания в жидких средах, транспортирования и др.

*Тепловые процессы*, скорость *j*т которых определяется законами тепло-передачи:

$j\text{т} = dQ / (F\ d\tau) = \Delta t / R2 = K2\ \Delta t$, (2)

где *Q* – количество переданной теплоты;

*F* – поверхность теплообмена;

*K*2 – коэффициент теплопередачи (величина, обратная термическому со-противлению *R*2);

$\Delta t$ – разность температур между обменивающимися теплотой материала-ми (движущая сила процесса).

К тепловым относятся процессы нагревания, охлаждения, кипения, конденсации, выпаривания и др.

*Массообменные (диффузионные) процессы*, скорость *j*м которых опре-деляется скоростью перехода вещества из одной фазы в другую:

$j\text{м} = dM / (F\ d\tau) = \Delta c / R3 = K3\ \Delta c$, (3)

где *M* – количество вещества, перенесенного из одной фазы в другую;

*F* – поверхность контакта фаз;

*K*3 – коэффициент массопередачи (величина, обратная диффузионному сопротивлению *R*3);

$\Delta c$ – разность между равновесной и рабочей концентрациями вещества в фазах (движущая сила процесса).

К массообменным относятся процессы абсорбации, ректификации, экс-тракции, адсорбции, сушки, кристаллизации и др.

*Механические процессы*, скорость которых определяется законами фи-зики твердого тела. К механическим относятся процессы измельчения, клас-сификации, дозирования, смешивания твердых материалов, их перемещения и др.

*Химические процессы*, связанные с превращением веществ и изменени-ем их химических свойств. Скорость $j$х этих процессов определяется законо-мерностями химической кинетики:

$$j\text{х} = dM / (V\text{р}\ d\tau) = K4\ f(c), \quad (4)$$

где $M$ – количество прореагировавшего в химическом процессе вещества;

$V$р – объем реактора;

$K$4 – коэффициент скорости химического процесса;

$f(c)$ – движущая сила процесса, которая является функцией концентраций реагирующих веществ.

**1.5. Принципы анализа и расчета**

Анализ процесса начинается с определения условий равновесия систе-мы с учетом законов гидродинамики, термодинамики и массообмена. Наи-большее число параметров, которое можно изменять, не нарушая равновесия, определяют с помощью правила фаз Гиббса для различных систем

$$\Phi + C = K + 2, \quad (5)$$

где Ф – число фаз;

С – число степеней свободы, т.е. число независимых переменных, значе-ние которых можно произвольно изменять без нарушения числа или состава фаз в системе;

К – число компонентов системы.

По характерным равновесным и рабочим параметрам определяют дви-жущую силу процесса, используемую для расчета основных размеров проек-тируемого агрегата.

По данным о равновесии составляют материальный баланс прихода и расхода веществ в рассматриваемом процессе

$$\Sigma M\text{н} = \Sigma M\text{к}, \quad (6)$$

где $\Sigma M$н и $\Sigma M$к – число исходных (начальных) и конечных веществ.

Изменение тепловой энергии системы можно описать уравнением теп-лового баланса

$$\Sigma Q\text{н} + Q\text{р} = \Sigma Q\text{к} + Q\text{п},$$

где $\Sigma Q$н и $\Sigma Q$к – теплота, поступающая в агрегат с исходными материалами и отводимая из агрегата с конечными продуктами;

$Q$р – тепловой эффект процесса (реакция);

$Q$п – потери теплоты в окружающую среду.

По полученным в результате изучения статики и кинетики данным, ис-пользуя, например, соотношения (1)…(4), определяем основной размер соот-ветствующего агрегата (площадь поперечного сечения, поверхность теплопе-редачи, диаметр и высоту массообменного агрегата), являющийся целью осуществляемого технологического расчета.

Большую роль при анализе и расчете процессов и агрегатов имеют их математические модели, которые позволяют целенаправленно исследовать механизм процесса в целом, изучать его отдельные стороны и явления, влия-ние начальных параметров и факторов на его конечные результаты, а также определить такое сочетание режимов функционирования, которое обеспечит оптимальные условия его проведения.

Однако в ряде случаев математические модели, учитывающие макси-мальное число влияющих на процесс величин, настолько усложняются, что их точное решение становится затруднительным, а иногда и вообще невоз-можным.

Практика инженерной деятельности привела к созданию научно обос-нованного метода, формирующего условия проведения экспериментов, а также обработки опытных данных с возможностью распространения резуль-татов на группу подобных явлений – теории подобия.

**1.6. Основы теории подобия**

При разработке новых технологических процессов и агрегатов для их осуществления очень часто необходимо использовать экспериментальные данные, характеризующие конкретное производство. Исследователю при этом необходимо решить ряд задач.

1. Каким образом от лабораторных результатов и размеров модели-рующего стенда перейти к промышленному процессу и установке?
2. Какое минимальное число величин, характеризующих процесс, не-обходимо измерять в ходе лабораторного эксперимента, не теряя при этом его физической достоверности?
3. Какое минимальное число экспериментов необходимо провести для получения реальной физической картины осуществляемого процесса?

На все эти вопросы помогает ответить теория подобия, которая уста-навливает связь между группами подобных явлений. Выводы теории подобия строятся на основании анализа дифференциальных уравнений, описывающих исследуемый процесс.

Однако одни и те же дифференциальные уравнения, как правило, опи-сывают целый класс различных по своему характеру процессов. Для того, чтобы рассмотреть математическую модель изучаемого явления, необходимо дополнить ее параметрами, конкретизирующими условия осуществления процесса, отличающего его от других (сходных) процессов.

Эти параметры называются *условиями однозначности*, в которые вхо-дят:

*геометрические условия*, характеризующие размеры и формы агрегата, в котором осуществляется процесс;
*физические свойства сред*, взаимодействующих в процессе;
*граничные условия*, характеризующие взаимодействие сред с телами, ограничивающими объем протекающего процесса;
параметры, характеризующие *начальное состояние* рассматриваемой системы.
В соответствии с теоремой Кирпичева-Гухмана *подобны явления, опи-сываемые одной и той же системой дифференциальных уравнений, у кото-рых соблюдается подобие условий однозначности*.
Отсюда следует, что подобные явления повторяют себя в различных масштабах, включающих геометрическое подобие систем, временное подо-бие, подобие физических величин, характеризующих процесс, подобие гра-ничных и начальных условий.
Таким образом, в подобных процессах должны выполняться следую-щие условия:
*геометрическое подобие*:
$l1 / L1 = l2 / L2 = l3 / L3 = \ldots = Kl,$
где $l1$ , $l2$ , $l3$ – характерные размеры первого агрегата;
$L1$ , $L2$ , $L3$ – характерные размеры второго агрегата, сходные с размерами первого агрегата;
$Kl$ – коэффициент подобия линейных размеров;
*временное подобие*:
$\tau1'' / \tau1' = \tau2'' / \tau2' = \tau3'' / \tau3' = \ldots = K\tau,$
где $\tau1'$ , $\tau2'$ , $\tau3'$ – интервалы времени, характеризующие стадии первого про-цесса;
$\tau1''$ , $\tau2''$ , $\tau3''$ – интервалы времени, характеризующие сходные стадии по-добного процесса;
$K\tau$ – коэффициент временного подобия (гомохронности), при $K\tau = 1$ про-цессы называются синхронными;
*подобие физических величин:*
$j1'' / j1' = j2'' / j2' = j3'' / j3' = \ldots = Kj,$
где $j1'$ , $j2'$ , $j3'$ – характерные физические величины в первом процессе (плот-ность, вязкость, теплоемкость и т.д.);
$j1''$ , $j2''$ , $j3''$ – сходные физические величины во втором процессе;
$Kj$ – коэффициент подобия физических величин;
*подобие начальных и граничных условий* предполагает постоянство от-ношения основных параметров в начале и на границе реального процесса и модели, т.е. соблюдение геометрического, временного и физического подо-бия.
Отношение двух одноименных физических величин *называется пара-метрическими критериями, или симплексами*.
Выбор критериев для подобных процессов не является произвольным. Покажем это на примере второго закона механики
$f = m\,(dw / d\tau)$, (7)

где $f$ – сила; $m$ – масса; $w$ – скорость; $\tau$ – время.

В случае рассмотрения двух подобных процессов оба они описываются уравнением (7), но с разными характерными параметрами

$f' = m' (dw'/ d\tau')$ и $f''= m'' (dw'' / d\tau'')$. (8)

Выраженные в безразмерном виде уравнения (8) запишутся

$f' d\tau' / (m' dw') = 1$ и $f'' d\tau'' / (m'' dw'') = 1$. (9)

Входящие в них основные переменные в этом случае могут быть вы-ражены в соответствии с подобием условий однозначности как

$f'' = Kf f'$; $m'' = Km\ m'$; $w'' = Kw\ w'$; $\tau'' = K\tau\ \tau'$.

После подстановки их в соответствующее безразмерное выражение по-лучаем

$[Kf K\tau / (Km\ Kw)]$ x $[f' d\tau' / (m' dw')] = 1$.

Поскольку второй сомножитель равен единице (9), для подобных про-цессов должно выполняться условие:

$[Kf K\tau / (Km\ Kw)] = 1$. (10)

Если заменить в (10) коэффициенты подобия отношением самих вели-чин, то получим:

$[(f'' / f') (\tau'' / \tau')] / [(m''/ m') (w'' / w')] = 1$

или

$[ (f' \tau') / (m' w') ] = [(f'' \tau'') (m'' w'')]$. (11)

Данные безразмерные комплексы носят название критериев подобия и обычно обозначаются первыми двумя буквами фамилий ученых, получив-ших их. Так, безразмерный комплекс (11) называется критерием Ньютона

$Ne = f \tau / (m\ w)$. (12)

При этом следует помнить, что для подобных процессов сами парамет-ры, входящие в критерии, могут меняться во времени и пространстве, но в сходных точках объема и времени они принимают одно и то же значение.

При применении теории подобия различают определяемые и опреде-ляющие критерии. Первые нельзя определить, используя величины, входя-щие в условия однозначности, вторые – можно определить с помощью этих величин.

Целью проведения и обработки экспериментальных исследований яв-ляется установление функциональной зависимости между определяемыми и определяющими критериями.

Критерии подобия обычно получают следующим образом:

1) записывают дифференциальное уравнение, описывающее рассмат-риваемый процесс (7);

2) приводят его к безразмерному виду путем деления одной части уравнения на другую, либо всех слагаемых на одно из выбранных (9);

3) опускают символы дифференцирования, причем степени дифферен-циалов при переменных сохраняются (12).

Таким образом, анализ процесса с позиций теории подобия позволяет:

1) определять влияющие на процесс параметры, которые следует изме-рять в ходе эксперимента;

2) планировать и проводить эксперимент, варьируя критерии подобия;

3) распространять результаты экспериментальных исследований на по-добные процессы.

При этом следует помнить, что теорию подобия можно применять только к процессам, для которых известны описывающие их дифференци-альные уравнения. В противном случае необходимо использовать другие ме-тоды обработки результатов эксперимента (методы анализа размерностей, регрессионный и т.д.).

## 2. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ

Гидромеханические процессы – это два основных раздела гидромеха-ники – гидростатика и гидродинамика. Гидромеханические процессы учиты-вают – основные критерии гидродинамического подобия; гидродинамиче-ские режимы вязкой жидкости; гидравлическое сопротивление трубопрово-дов.

### 2.1. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои

Многие гидромеханические процессы связаны с движением капельных жидкостей или газов через неподвижные слои твердых материалов, состоя-щих из отдельных элементов.

Основные характеристики такого движения:

*Гидравлическое сопротивление слоя* $\Delta p$сл

$$\Delta p\text{сл} = \lambda(l\text{к} / d\text{экв})(\rho w2/2),$$

где $l$к – длина каналов в слое; $w$ – средняя скорость потока в канале; $d$экв – эк-вивалентный диаметр каналов; $\lambda = f(Re)$ – коэффициент гидравлического тре-ния.

*Пористость*, или объемная доля пор в слое

$$\varepsilon = (V - V\text{тв}) / V = 1 - (V\text{тв} / V),$$

где $V$ – объем пористого слоя; $V$тв – объем твердой фазы в слое.

*Истинная и фиктивная* скорости – для удобства расчета используется $w$ф – фиктивная скорость потока, отнесенная к сечению аппарата, в котором размещен слой.

Связь между средней и фиктивной скоростью определяется уравнением неразрывности

$$w f\text{к} = w\text{ф} f,$$

где $f$к, $f$ – сечения каналов и аппарата, соотношения

$$f / f\text{к} = (V / H) / (V\text{к} / l\text{к}) = l\text{к}\varepsilon\text{-}1 / H,$$

где $H$ – высота зернистого слоя,

$$w = (w\text{ф} / \varepsilon) (l\text{к} / H).$$

*Эквивалентный диаметр каналов* в зернистом слое

$$d\text{экв} = 4 f\text{к} / \Pi\text{к} = 4 V\text{к} / (\Pi\text{к} l\text{к}) = 4 V\text{к} / S\text{к} = 4\varepsilon / a ,$$

где Пк – периметр канала, смоченный жидкостью; $a$ = ($S$к / $V$) – удельная по-верхность частиц в слое, величину которой для слоя с частицами одинаково-го размера

$a = 6\ (1 - \varepsilon) / (\psi\ d)$, $\psi = f$ш / $f$ ,

где ψ – фактор формы, отношение поверхности шарообразной частицы $f$ш, имеющей тот же объем, что и рассматриваемая частица с поверхностью $f$; $d$ – диаметр частицы в слое.

Длина каналов с учетом коэффициента извилистости каналов $k$

$l$к = $k\ H$.

Итак, $\Delta p$сл = $(3/4)\lambda k H(1 - \varepsilon)\rho w$ф2 /(ψ ε3 $d$); λ=(133/$Re$)+2,34.

**2.2. Гидродинамика псевдоожиженного слоя**

При пропускании потока газа или жидкости через слой зернистого ма-териала со скоростью $w$ф < $w$кр1 слой остается неподвижным, газ фильтруется через него, не нарушая общей структуры. Сопротивление слоя при этом воз-растает пропорционально увеличению скорости потока.

При достижении $w$кр1 сила тяжести зернистой среды (слоя) уравно-вешивается силой трения потока о поверхности частиц, которые переходят во взвешенное состояние и далее приобретают возможность перемещения друг относительно друга. Скорость $w$кр1 называется первой критической или *ско-ростью начала псевдоожижения*, а слой в таком состоянии называется *псев-доожиженным*, т.е. обладает свойствами близкими к жидкости (текучесть, вязкость). При увеличении скорости газа, слой расширяется, растет порис-тость и интенсивность движения частиц. Сила тяжести слоя не изменяется и его сопротивление потоку остается неизменным.

При достижении $w$ф = $w$кр2 начинается разрушение слоя и вынос из него частиц. Скорость $w$кр2 называется второй критической или *скоростью уноса*.

Достоинства агрегатов с псевдоожиженным слоем: обладают свойст-вами выравнивания полей температур и концентраций компонентов в объе-ме, возможность транспортировки зернистых материалов в псевдослое, малое гидравлическое сопротивления слоя, простота конструкции.

Недостатки: уменьшение движущей силы процесса; эрозионное изна-шивание; возникновение электростатических зарядов.

Основной характеристикой псевдоожиженного слоя является *кривая псевдоожижения*, т.е. зависимость между его гидравлическим сопротивле-нием и фиктивной скоростью ожижающего агента (рис. 2.1).

В зависимости от значений скорости на кривой различают области фильтрации ожижающего агента через неподвижный слой (0 < $w$ф < $w$кр1), псевдоожижения ($w$кр1 < $w$ф < $w$кр2), уноса ($w$ф > $w$кр2).

Скорость начала псевдоожижения $w$кр1 определяют по перепаду давле-ния.

Исходя из гидравлического сопротивления –

$\Delta p = (3 / 4)\ \lambda\ k3\ H0\ (1 - \varepsilon 0)\ \rho$г $w$кр12 / (ψ ε03 $d$),

где H0; ε0 – высота и пористость неподвижного слоя; ρг – плотность газа (псевдоожижающего агента).

Если гидравлическое сопротивление слоя равно силе тяжести слоя за вычетом действующей на него силы Архимеда, и отнесено к площади сече-ния агрегата, то

$\Delta p$пс = ($G$сл – $G$А) / $f$ или

$\Delta p$пс = ($V$тв ρч $g$ – $V$тв ρг $g$) / ($V$ / $H$0) = $g$ $H$0 (ρч – ρг) (1 – ε0).

Если $\Delta p = \Delta p$пс, то скорость начала псевдоожижения для частиц диа-метром $d$ фракции (ψ = 1) составит

$w$кр1 = [(4/3) ($g$ ε03 $d$ (ρч – ρг)) / (λ $k$3 ρг)]0,5.

При ламинарном режиме течения ожижающего агента между частица-ми слоя ($Re$ < 35), λ = $A$ / $Re$

$Re$ = $w$кр1 $d$экв ρг / μг;

$w$кр1 = [8 ε03 / (9 $A$ $k$2 (1 – ε0)]·[$g$ $d$2 (ρч – ρг) / μг].

**2.3. Разделение жидких и газовых гетерогенных систем**

*Гетерогенные* (неоднородные) системы состоят из двух и более фаз, распределенных друг в друге. Фаза, находящаяся в раздробленном состоя-нии, называется *дисперсной*, или внутренней. Сплошная фаза, в которой рас-пределены частицы дисперсной фазы называется *дисперсионной*. В зависи-мости от того, какая фаза является дисперсной, а какая дисперсионной, раз-

$w$ф

личают гетерогенные системы, характеристика которых приведена в таблице 2.1.

Эмульсии и пены при определенных концентрациях дисперсной фазы обладают *инверсией* фаз, заключающейся в переходе дисперсной фазы в дис-персионную среду и наоборот. В технологических процессах необходимо разделять гетерогенные системы, методы и аппаратуру для которых учиты-вают по природе движущей силы процесса (табл. 2.2).

Таблица 2.1

| Характеристика гетерогенных систем<br>Дисперсионная среда | Состояние дисперсной фазы | Гетерогенная система | Размер частицы дисперсной фазы, мкм |
|---|---|---|---|
| Газ | Твердое | Пыль | 5…100 |
| | Твердое | Дым | 0,3…5 |
| | Жидкое | Туман | 0,3…3 |
| Жидкость | Твердое | Суспензия:<br>грубая<br>тонкая<br>муть<br>Коллоидный р-р | >100<br>0,5…100<br>0,1…0,5<br><0,1 (броуновское дв.) |
| | Жидкое | Эмульсия | <0,5 |
| | Газообразное | Пена | - |

# КОМПЛЕКТ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Вариант 1

| №№ | ***Вопросы*** | Ответы |
|---|---|---|
| 1 | Сколько этапов происхождения нефти Вы знаете? | 1) 3<br>2) 5<br>**3) 4**<br>4) 2<br>5) 6 |
| 2 | Из каких двух элементов состоит нефть? | 1) углерод и азот<br>**2) углерод и водород**<br>3) кислород и углерод<br>4) азот и кислород<br>5) кислород и метан |
| 3 | Что является характеристикой псевдоожиженного слоя? | 1) зависимость между его плотностью и скоростью ожижающего агента<br>2) зависимость между его сопротивлением и критической скоростью ожижающего агента<br>3) зависимость перемещения<br>4) зависимость между его плотностью и массой ожижающего агента<br>**5) зависимость между его гидравлическим сопротивлением и фиктивной скоростью ожижающего агента** |
| 4 | Чему равна сила Архимеда, действующая на частицу в слое? | **1) $G_A = (\pi d_ч^3 / 6)\ \rho_c\ g$**<br>2) $G_A = (\pi d_ч^2 / 6)\ \rho_c\ g$<br>3) $G_A = (\pi d_ч^2 / 4)\ \rho_c\ g$<br>4) $G_A = m\ (\pi d_ч^3 / 4)$<br>5) $G_A = \rho_c\ g / (\pi d_ч^3 / 6)$ |
| 5 | Что является основным параметром центрифуг? | 1) скорость вращения<br>**2) центробежный критерий Фруда**<br>3) нагрузка на ролики<br>4) критерий ускорения<br>5) скорость рабочих движений |
| 6 | В чем заключается принцип электроосаждения частиц? | 1) ионизации воды<br>2) деэлектризации слоя<br>3) сопротивление потока<br>**4) ионизация газового потока**<br>5) сопротивление слоя |
| 7 | Каковы качественные характеристики процесса перемешивания? | **1) эффективность и интенсивность**<br>2) производительность и скорость<br>3) плотность и масса<br>4) эффективность и сухость<br>5) скорость и влажность |
| 8 | Что такое конвекция? | 1) перенос теплоты в виде электромагнитных волн, излучаемых нагретым теплом<br>2) перенос теплоты вследствие движения и колебаний микрочастиц<br>**3) перенос теплоты путем перемещения макрообъектов жидкости или газов**<br>4) перенос теплоты через стенку<br>5) перенос теплоты через жидкость |
| 9 | При каком кипении теплоотдача выше? | 1) пленочном<br>2) агрегатном<br>3) насыщенном<br>**4) пузырьковом** |

| | | |
|---|---|---|
| | | 5) парообразном |
| 10 | Что такое температурная депрессия? | **1) разность между температурой кипения раствора и растворителя**<br>2) разность между температурой остывания раствора и растворителя<br>3) разность между температурой стенки и растворителя<br>4) разность между температурой раствора и растворителя<br>5) разность между температурой растворителя и крышкой |
| 11 | Что является движущей силой массообменных процессов? | 1) масса и плотность<br>**2) разность концентраций**<br>3) разность скоростей<br>4) сумма скоростей<br>5) сумма концентраций |
| 12 | Что такое абсорбция? | 1) процесс разделения однородных жидких смесей, не находящихся в термодинамическом равновесии, на компоненты в зависимости от их летучести при противоточном взаимодействии жидкости и пара<br>2) процесс извлечения вещества, растворенного в одной жидкости, другой жидкостью, не растворимой и не смешивающейся с первой<br>3) процесс извлечения компонента из твердого в-ва с помощью растворителя<br>**4) процесс избирательного поглощения компонентов из газовых или парогазовых смесей жидкими поглотителями**<br>5) процесс удаления влаги из материалов путем её испарения и отвода образовавшихся паров |
| 13 | Каково назначение насадки в абсорберах? | 1) размывом напорной струей или самотечным потоком<br>2) снижение поверхности контакта жидкости со стенками абсорбера<br>3) смачивание и разжижение<br>4) разбухание или разжижение<br>**5) распределение пленки жидкости по всей поверхности для создания развитой поверхности межфазового контакта** |
| 14 | Чему соответствует материальный баланс процесса экстракции? | 1) $G(Y_1 + Y_2) = L(X_1 + X_2)$<br>2) $G(Y_1 - Y_2) / L(X_1 - X_2)$<br>**3) $G(Y_1 - Y_2) = L(X_1 - X_2)$**<br>4) $G(Y_1 + Y_2) = L(X_1 - X_2)$<br>5) $G(Y_1 + Y_2) / L(X_1 + X_2)$ |
| 15 | Относительная плотность газа при расчетах трубопровода? | 1) $m = G/t$<br>**2)** $\Delta = \rho_г / \rho_в$<br>3) $\varphi = \rho_п / \rho_s = P_п / P_s$<br>4) $r_i = P_i / P_m$<br>5) $\rho_в = \dfrac{P_н \cdot 10^6}{zRT}$ |

# ЗАДАНИЕ 1. ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ

## 1.1. Расчет выпуклых днищ

*Задание*: внутреннее давление; диаметр эллиптического днища; допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению 2 для заданной марки стали при *T*, технологически приняв толщину свыше 32 мм и свыше 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем из приложения П1 по табл. П1.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_р$ = 1;

прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии $c_1$=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку $c_2$=0,002 м.

*Расчет* при *H*=0,25*D*, *R*=*D*.

*Исходные данные:*

| Вариант | Внутреннее давление *p*, МПа | Диаметр эллиптического днища *D*, м | Марка стали | Расчетная температура стенки *T*, °С |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 1,6 | ВСт3 | 20 |
| 2 | 2,3 | 1,7 | 16ГС | 100 |
| 3 | 2,4 | 1,8 | 09Г2С | 20 |
| 4 | 2,6 | 1,9 | 20К | 150 |
| 5 | 2,8 | 2,0 | 10Г2С | 200 |
| 6 | 3,0 | 2,1 | 10 | 250 |
| 7 | 3,2 | 2,2 | 09Г2 | 300 |
| 8 | 3,4 | 2,3 | 17ГС | 350 |
| 9 | 3,8 | 2,4 | 17Г1С | 375 |
| 10 | 4,0 | 2,5 | 10Г2С1 | 400 |
| 11 | 4,2 | 2,6 | 10 | 20 |
| 12 | 4,4 | 2,7 | 09Г2 | 100 |
| 13 | 4,6 | 2,8 | 17ГС | 150 |
| 14 | 4,8 | 2,9 | 17Г1С | 200 |
| 15 | 5,0 | 3,0 | 10Г2С1 | 300 |
| 16 | 5,2 | 3,1 | ВСт3 | 350 |
| 17 | 5,4 | 3,2 | 16ГС | 375 |
| 18 | 5,6 | 3,4 | 09Г2С | 400 |

### 1.2. Расчет плоских круглых днищ и крышек

*Задание:* допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при $T$ °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм и до 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_p$=1; прибавка к

расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии $c_1$=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку $c_2$=0,002 м.

*Исходные данные:*

| Вариант | Внутреннее давление $p$, МПа | Диаметр днища $D$, м | Марка стали | Расчетная температура стенки $T$, °С |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,0 | 3,1 | ВСт3 | 400 |
| 2 | 4,2 | 3,2 | 16ГС | 20 |
| 3 | 4,4 | 3,4 | 09Г2С | 100 |
| 4 | 4,6 | 2,8 | 20К | 150 |
| 5 | 4,8 | 2,9 | 10Г2С | 200 |
| 6 | 5,0 | 3,0 | 10 | 300 |
| 7 | 5,2 | 1,9 | 09Г2 | 350 |
| 8 | 5,4 | 2,0 | 17ГС | 375 |
| 9 | 5,6 | 2,1 | 17Г1С | 400 |
| 10 | 2,0 | 2,2 | 10Г2С1 | 20 |
| 11 | 2,3 | 2,3 | 10 | 100 |
| 12 | 2,4 | 2,4 | 09Г2 | 20 |
| 13 | 2,6 | 1,6 | 17ГС | 150 |
| 14 | 2,8 | 1,7 | 17Г1С | 200 |
| 15 | 3,0 | 1,8 | 10Г2С1 | 250 |
| 16 | 3,2 | 2,5 | ВСт3 | 300 |
| 17 | 3,4 | 2,6 | 16ГС | 350 |
| 18 | 3,8 | 2,7 | 09Г2С | 375 |

## 1.3. Расчет гладких конических обечаек, нагруженных внутренним избыточным давлением

*Задание*: допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при $T$ °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм и до 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем по табл. 6.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_p$=1; прибавка к расчетной толщине стенки на

компенсацию коррозии $c_1$=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку $c_2$=0,002 м; угол $\alpha_1$=45°; толщина стенки сосуда $S_1$=0,019.

Таблица 6.1

Коэффициенты прочности сварных швов

| Вари-ант | Вид сварного шва | Длина контролируемых швов от общей длины | |
|---|---|---|---|
| | | 100 % | От 10 до 50 % |
| 1 | Стыковой или тавровый шов с двухсторонним сплошным проваром, выполняемый автоматической или полуавтоматической сваркой | 1,0 | 0,9 |
| 2 | Стыковой шов с проваркой корня шва или тавровый с двухсторонним сплошным проваром, выполняемый вручную | 1,0 | 0,9 |
| 3 | Стыковой шов, доступный сварке только с одной стороны и имеющий в процессе сварки металлическую подкладку со стороны корня шва, прилегающую ко всей длине шва к основному металлу | 0,9 | 0,8 |
| 4 | В тавр с конструктивным зазором свариваемых деталей | 0,8 | 0,65 |
| 5 | Стыковой шов, выполняемый автоматической и полуавтоматической сваркой с одной стороны с флюсовой или керамической подкладкой | 0,9 | 0,8 |
| 6 | Стыковой шов, выполняемый вручную с одной стороны | 0,9 | 0,65 |

*Исходные данные:*

| Вариант | Внутреннее давление $p$, МПа | Вариант шва | Диаметр $D$, м | Марка стали | Расчетная температура стенки $T$, °С |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,0 | 1 | 0,1 | ВСт3 | 400 |
| 2 | 4,2 | 2 | 0,2 | 16ГС | 20 |
| 3 | 4,4 | 3 | 0,4 | 09Г2С | 100 |
| 4 | 4,6 | 4 | 0,5 | 20К | 150 |
| 5 | 4,8 | 5 | 0,6 | 10Г2С | 200 |
| 6 | 5,0 | 6 | 0,7 | 10 | 300 |
| 7 | 5,2 | 1 | 0,9 | 09Г2 | 350 |
| 8 | 5,4 | 2 | 0,8 | 17ГС | 375 |
| 9 | 5,6 | 3 | 1,1 | 17Г1С | 400 |
| 10 | 2,0 | 4 | 1,2 | 10Г2С1 | 20 |
| 11 | 2,3 | 5 | 1,3 | 10 | 100 |
| 12 | 2,4 | 6 | 1,4 | 09Г2 | 20 |
| 13 | 2,6 | 1 | 1,0 | 17ГС | 150 |
| 14 | 2,8 | 2 | 1,5 | 17Г1С | 200 |
| 15 | 3,0 | 3 | 0,32 | 10Г2С1 | 250 |
| 16 | 3,2 | 4 | 0,42 | ВСт3 | 300 |
| 17 | 3,4 | 5 | 0,6 | 16ГС | 350 |
| 18 | 3,8 | 6 | 0,9 | 09Г2С | 375 |

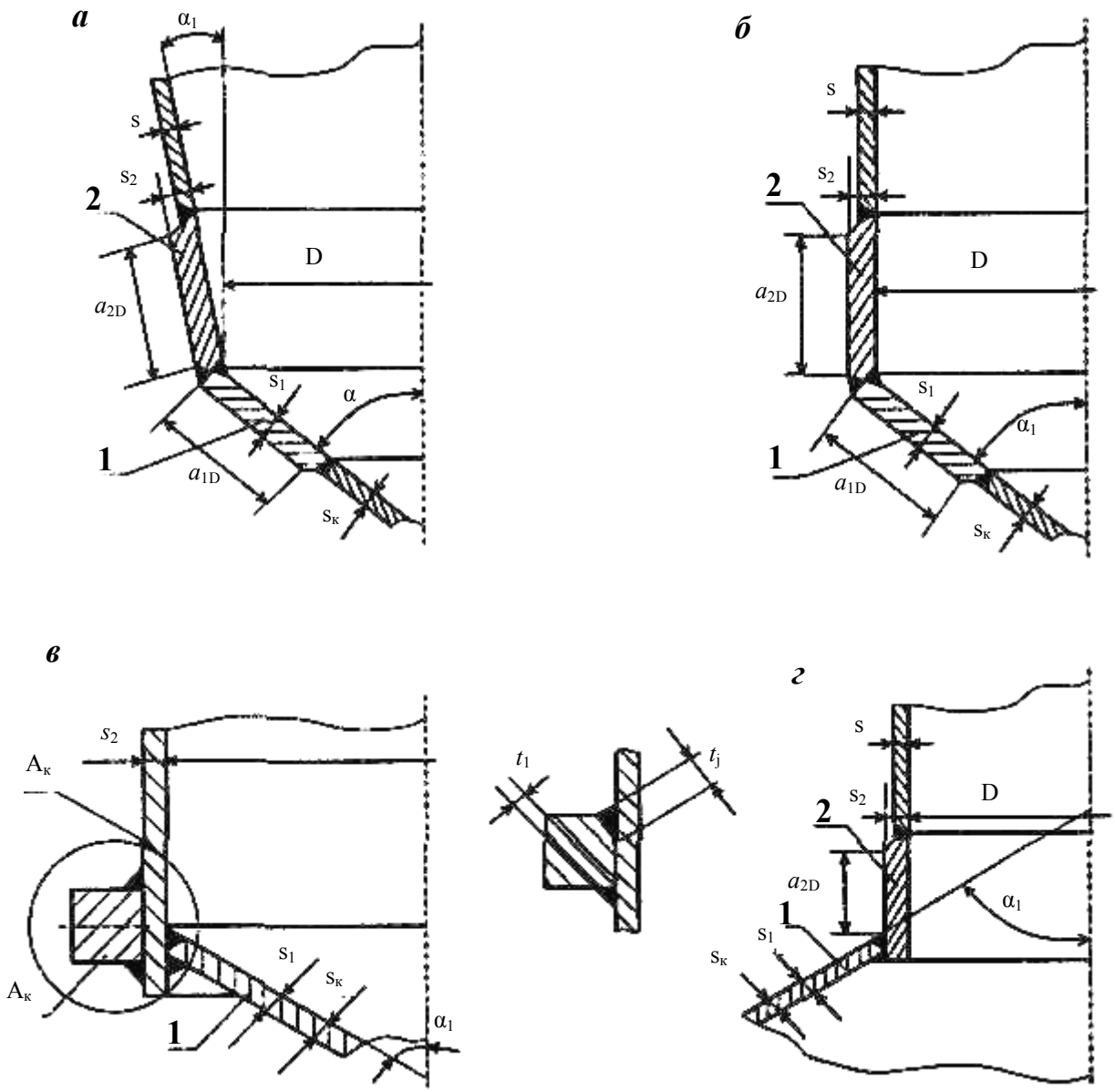



Рис. 6.1. Соединение без тороидального перехода:
*а* — двух конических обечаек; *б* — конической и цилиндрической обечаек; *в* — конической и цилиндрической обечаек с укрепляющим концом; *г* — конической обечайки с цилиндрической меньшего диаметра

## 1.4. Расчет гладких конических обечаек, нагруженных наружным давлением

*Задание:* допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при $T$ °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм; модуль упругости стали; коэффициент прочности сварного шва выбираем по табл. 6.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 %

$\varphi_p$=1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии $c_1$=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку $c_2$=0,002 м; угол $\alpha_1$=45°; толщина стенки сосуда $S_1$=0,019; фактическое значение толщины стенки присоединенных обечаек $S_к$=0,045.

*Исходные данные*:

| Вариант | Внутреннее давление *p*, МПа | Вариант шва | Диаметр *D*, м | Марка стали | Расчетная температура стенки *T*, °С |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,0 | 1 | 0,1 | ВСт3 | 400 |
| 2 | 4,2 | 2 | 0,2 | 16ГС | 20 |
| 3 | 4,4 | 3 | 0,4 | 09Г2С | 100 |
| 4 | 4,6 | 4 | 0,5 | 20К | 150 |
| 5 | 4,8 | 5 | 0,6 | 10Г2С | 200 |
| 6 | 5,0 | 6 | 0,7 | 10 | 300 |
| 7 | 5,2 | 1 | 0,9 | 09Г2 | 350 |
| 8 | 5,4 | 2 | 0,8 | 17ГС | 375 |
| 9 | 5,6 | 3 | 1,1 | 17Г1С | 400 |
| 10 | 2,0 | 4 | 1,2 | 10Г2С1 | 20 |
| 11 | 2,3 | 5 | 1,3 | 10 | 100 |
| 12 | 2,4 | 6 | 1,4 | 09Г2 | 20 |
| 13 | 2,6 | 1 | 1,0 | 17ГС | 150 |
| 14 | 2,8 | 2 | 1,5 | 17Г1С | 200 |
| 15 | 3,0 | 3 | 0,32 | 10Г2С1 | 250 |
| 16 | 3,2 | 4 | 0,42 | ВСт3 | 300 |
| 17 | 3,4 | 5 | 0,6 | 16ГС | 350 |
| 18 | 3,8 | 6 | 0,9 | 09Г2С | 375 |

### 1.5. Расчет на прочность укрепления отверстий

*Задание*: допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при $T$ °С, технологически приняв толщину свыше 32 мм; внутренний диаметр цилиндрической обечайки $D$=1,4 м; внутренний диаметр штуцера (отверстия) $d$=0,064 м; толщина стенки обечайки $S$=0,012 м; сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки $c$=0,002 м; коэффициент прочности сварных соединений φ=1, $\varphi_1$=1; расчетное давление $p$=2 МПа; сумма прибавок к расчетной толщине стенки $c_S$=0,002 м; прибавка на коррозию к расчетной толщине стенки $c_{S1}$=0,002 м; исполнительная толщина стенки штуцера $S_1$=0,01 м; исполнительная толщина внутренней стенки штуцера $S_3$=0,012 м.

*Исходные данные*:

| Вариант | Внутреннее давление $p$, МПа | Вариант шва | Диаметр $D$, м | Марка стали | Расчетная температура стенки $T$, °С |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,0 | 1 | 0,1 | ВСт3 | 400 |
| 2 | 4,2 | 2 | 0,2 | 16ГС | 20 |
| 3 | 4,4 | 3 | 0,4 | 09Г2С | 100 |
| 4 | 4,6 | 4 | 0,5 | 20К | 150 |
| 5 | 4,8 | 5 | 0,6 | 10Г2С | 200 |
| 6 | 5,0 | 6 | 0,7 | 10 | 300 |
| 7 | 5,2 | 1 | 0,9 | 09Г2 | 350 |
| 8 | 5,4 | 2 | 0,8 | 17ГС | 375 |
| 9 | 5,6 | 3 | 1,1 | 17Г1С | 400 |
| 10 | 2,0 | 4 | 1,2 | 10Г2С1 | 20 |
| 11 | 2,3 | 5 | 1,3 | 10 | 100 |
| 12 | 2,4 | 6 | 1,4 | 09Г2 | 20 |
| 13 | 2,6 | 1 | 1,0 | 17ГС | 150 |
| 14 | 2,8 | 2 | 1,5 | 17Г1С | 200 |
| 15 | 3,0 | 3 | 0,32 | 10Г2С1 | 250 |
| 16 | 3,2 | 4 | 0,42 | ВСт3 | 300 |
| 17 | 3,4 | 5 | 0,6 | 16ГС | 350 |
| 18 | 3,8 | 6 | 0,9 | 09Г2С | 375 |

## 2. **ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

### ЗАДАЧА

Определить вероятную температуру нефти после 30 суток хранения в нетеплоизолированном резервуаре **Р** со сферической кровлей. Высота взлива нефти $H_{взл}$ = 9 м. Температура закачки нефти в резервуар $T_{зал}$=323 К. Средняя толщина стенки резервуара 9 мм, кровли – $\delta_i$ = 4 мм. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}$=40 Вт/(м·К). Температура воздуха в районе размещения резервуара в период хранения нефти $T_{возд}$ = 253 К, скорость ветра на уровне кровли – $v_{вет}$ = 2 м/с. Характеристики нефти таковы: плотность и кинематическая вязкость при 293 К $\rho_{293}$ ; $\nu_{293}$ = 28,8·10$^{-4}$ м$^2$/с; коэффициент крутизны вискограммы $u$ = 0,108 К$^{-1}$. Температура грунта под днищем резервуара $T_{гр}$ = 275 К, коэффициент его теплопроводности $\lambda_{гр}$=1,6 Вт/(м·К). Принять продолжительность дня $t_{дн}$ = 8,5 ч, интенсивность солнечной радиации в полдень $i_0$ = 200 Вт/м$^2$.

Таблица 1

Исходные данные

| Вариант | Р | $\rho_{293}$, кг/м$^3$ | Вариант | Р | $\rho_{293}$, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | РВС-1000 | 700-709 | 9 | РВС-1000 | 990-999 |
| 2 | РВС-2000 | 710-719 | 10 | РВС-2000 | 720-729 |
| 3 | РВС-3000 | 720-729 | 11 | РВС-3000 | 710-719 |
| 4 | РВС-5000 | 740-749 | 12 | РВС-5000 | 900-909 |
| 5 | РВС-10000 | 890-899 | 13 | РВС-10000 | 930-939 |
| 6 | РВС-15000 | 900-909 | 14 | РВС-15000 | 740-749 |
| 7 | РВС-20000 | 930-939 | 15 | РВС-20000 | 890-899 |
| 8 | РВС-30000 | 990-999 | 16 | РВС-30000 | 700-709 |

## 3. **МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ**

**Задание 3.** Рассчитать основные параметры противоточного абсорбера насадочного типа для поглощения водой диоксида углерода из смеси его с водородом и азотом.

***Исходные данные.***

| № п/п | Состав поступающей смеси, $y_н$, % | | | Расход газа на входе в абсорбер, G, кмоль/ч | Рабочее давление, Р, МПа | Темпе-ратура воды, °С | Требуемая степень извлечения диоксида углерода, η, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $H_2$ | $CO_2$ | $N_2$ | | | | |
| 1 | 62 | 18 | 20 | 1000 | 2,0 | 20 | 90 |
| 2 | 60 | 16 | 24 | 1010 | 1,8 | 22 | 85 |
| 3 | 58 | 18 | 24 | 1020 | 1,9 | 23 | 93 |
| 4 | 64 | 16 | 20 | 1030 | 1,7 | 24 | 92 |
| 5 | 55 | 23 | 22 | 1040 | 2,1 | 25 | 91 |
| 6 | 18 | 62 | 20 | 1000 | 2,0 | 20 | 90 |
| 7 | 16 | 60 | 24 | 1010 | 1,8 | 22 | 85 |
| 8 | 18 | 58 | 24 | 1020 | 1,9 | 23 | 93 |
| 9 | 16 | 64 | 20 | 1030 | 1,7 | 24 | 92 |
| 10 | 23 | 55 | 22 | 1040 | 2,1 | 25 | 91 |
| 11 | 60 | 18 | 22 | 1050 | 2,2 | 20 | 90 |
| 12 | 63 | 16 | 21 | 1060 | 1,8 | 22 | 85 |
| 13 | 58 | 20 | 22 | 1070 | 1,9 | 23 | 93 |
| 14 | 59 | 18 | 24 | 1080 | 1,7 | 24 | 92 |
| 15 | 52 | 25 | 23 | 1090 | 2,1 | 25 | 91 |
| 16 | 61 | 20 | 19 | 1050 | 2,2 | 20 | 90 |
| 17 | 65 | 17 | 18 | 1060 | 1,8 | 22 | 85 |
| 18 | 54 | 20 | 26 | 1070 | 1,9 | 23 | 93 |
| 19 | 52 | 18 | 30 | 1080 | 1,7 | 24 | 92 |
| 20 | 62 | 21 | 17 | 1090 | 2,1 | 25 | 91 |

*Технологический расчет абсорбционной колонны.* Составим материальный баланс и определим расход воды (рис. 1). Мольная доля диоксида углерода в поступающем газе $\gamma_H$, а его расход:

$$G_1\gamma_H = кмоль/ч,$$

где $G_1$ – количество поступающей смеси, кмоль/ч.

Определим последовательно: количество поглощенного диоксида углерода

$$M = G_1 y_H \acute{\eta} = кмоль/ч,$$

где ή – степень извлечения $CO_2$;

количество уходящего газа

$$G_2 = G_1 - M = кмоль/ч;$$

Содержание диоксида углерода в уходящем газе

$$G_1\gamma_H - M = кмоль/ч;$$

мольную долю диоксида углерода в уходящем газе

$$\gamma_к = \frac{G_1\gamma_H - M}{G_2} =$$

Минимальный расход воды при противотоке находим, полагая, что концентрация диоксида углерода в воде на выходе достигает равновесной:

$$L_{\min} = \frac{M}{x_H^*} = кмоль/ч,$$

где $x_H^*$ – равновесная концентрация $CO_2$ в воде, для заданных условий процесса $x_H^* = 0{,}0027$, $x_H = 0$.

Увеличиваем расход воды на 30 %

$$L_p = 1{,}3L_{\min} = кмоль/ч$$

и с учетом растворившегося диоксида углерода находим:

$$L_1 = L_p + M = кмоль/ч.$$

Для перехода из кмоль/ч в м$^3$/ч:

$$\overline{L_1} = L_1 M_1 \frac{1}{\rho} = м^3/ч,$$

где $\overline{L_1}$ - объемный расход воды, м$^3$/ч; $M_1$ - молярная масса воды, кг/кмоль ($M_{H_2O} = 18кг/кмоль$); $\rho_{H_2O} = 1000кг/м^3$ - плотность воды.

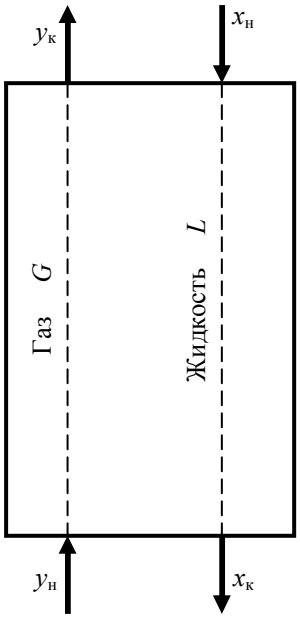


Рис.1. Схема материального баланса

Содержание диоксида углерода в уходящей воде:

$$x_k = \frac{M}{L_1} =$$

Определим число единиц переноса.

Константу фазового равновесия при растворении диоксида углерода в воде под давлением определяем по эмпирическому уравнению

$$m_{p-x} = \frac{124{,}5}{a - bp_{пар}},$$

где $p_{пар}$ – парциальное давление диоксида углерода в поступающем газе, МПа; *a, b* – коэффициенты, зависящие от температуры:

| *T* | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | 0,972 | 0,974 | 0,976 | 0,978 | 0,980 | 0,982 |
| *b* | 0,087 | 0,088 | 0,089 | 0,090 | 0,091 | 0,092 |

Парциальное давление диоксида углерода в смеси газов:

$$p_{пар} = Py_H = МПа,$$

где *P* – давление в аппарате, МПа.

Найдем равновесную концентрацию диоксида углерода в жидкости, соответствующую условиям газа в аппарате:

$$x_H^* = \frac{P_{пар}}{m_{p-x}} =$$

и равновесные концентрации в газовой фазе на входе в аппарат и выходе из него:

$$y_H^* = \frac{m_{p-x}x_K}{P} =;$$

$$y_K^* = \frac{m_{p-x}x_H}{P} =$$

Вычислим число единиц переноса:

$$\Delta y_{ср} = \frac{(y_H - y_H^*) - (y_K - y_K^*)}{\ln\frac{y_H - y_H^*}{y_K - y_K^*}} =;$$

$$N_{ог} = \frac{y_H - y_K}{\Delta y_{ср}} = .$$

Определим диаметр абсорбера.

Предварительно оценим скорость захлебывания аппарата:

$$\lg\left[\frac{\omega_{пр}^2 a\rho_г}{g\varepsilon^3\rho_ж}\mu_ж^{0,16}\right] = A - B\left(\frac{L}{G}\right)^{0.25}\left(\frac{\rho_г}{\rho_ж}\right)0{,}125 .$$

Выбираем в качестве насадки стальные кольца Палля 50х50х1,0 как наиболее перспективные со следующими характеристиками: $a = 108м^2/м^3; \varepsilon = 0{,}9м^3/м^3; d_э = 0{,}033м; \rho = 415кг/м^3;$ число колец 6400 1/м$^3$, где $d_э$ – эквивалентный диаметр; $\rho$ - насыпная плотность.

В нашем случае $\rho_г$ - плотность газовой смеси, состояние которой отлично от стандартных, поэтому вычисляем ее по формуле

$$\rho_г = \rho_{см}\frac{T_o P}{T P_o} = \sum_{i=1}^{3}(x_i\rho_i)\frac{T_o P}{T P_o} = (x_{H_2}\rho_{H_2} + x_{CO_2}\rho_{CO_2} + x_{N_2}\rho_{N_2})\frac{T_o P}{T P_o} =$$

$$= кг/м^3,$$

Если $x_i$ – мольная доля *i*-го компонента смеси; $p_i$ – плотность *i* –компонента смеси, кг/м$^3$; T, P, $T_o$, $P_o$ – температура и давление для процесса и нормальных условий соответственно; плотности газов $\rho_{H_2}, \rho_{CO_2}, \rho_{N_2}$ взяты для нормальных условий; $\rho_{ж} = 1000 кг/м^3$ - плотность воды при 20°С; $\mu_{ж} = 1 МПа \cdot с$ - вязкость воды при 20°С; А=0,022; В=1,75 для колец Палля в навал; $\overline{L}, \overline{G}$ - массовые расходы соответственно жидкости и смеси газов, кг/ч; принимаем $a = 108 м^2/м^3, \varepsilon = 0{,}9 м^3/м^3$.

Для перехода из мольного расхода в массовый умножаем его на молярную массу соответственно воды $M_{H_2O} = 18 кг/кмоль$ и смеси газов

$$M_{см} = \sum M_i\gamma_i = \gamma_{H_2}M_{H_2} + \gamma_{CO_2}M_{CO_2} + \gamma_{N_2}M_{N_2} = кг/кмоль,$$

где $M_i$ – молярная масса *i*-го компонента смеси; $y_i$ – мольная доля *i*-го компонента смеси, и получаем массовые расходы жидкости и газа

$$\overline{L} = L_i M_{H_2O} = кг/ч;$$

$$\overline{G} = G_i M_{см} = кг/ч.$$

Составим равенство, например, в таком виде:

$$\lg\left[\frac{108\omega_{пр}^2}{92\cdot 0{,}9^3}\frac{12{,}3}{1000}1^{0{,}16}\right] = 0{,}022 - 1{,}75\left(\frac{1404000}{14760}\right)^{0{,}25}\left(\frac{12{,}3}{1000}\right)^{0{,}125}$$

И решив его, получим скорость захлебывания: $\omega_{пр} = м/с.$

Рабочую скорость газа принимаем на 20 % меньше

$$\omega = 0{,}8\omega_{пр} = м/с$$

И находим объемный расход газа на входе в аппарат при рабочих условиях:

$$V_г = \frac{G\cdot 22.4}{3600}\frac{P_o T}{P T_o} = м^3/с.$$

Диаметр абсорбера определяем:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4V_г}{\pi\omega}} = м.$$

Принимаем диаметр аппарата *D*=3,0 м.

Проверим, обеспечивается ли нормальное орошение насадки при выбранном диаметре аппарата. Для этого рассчитаем плотность орошения в аппарате

$$\upsilon = \frac{4L_p M_{H_2O}}{\rho_{ж}\pi D^2} = м^3/(м^2\cdot с)$$

и сравним ее значение с минимальной плотностью орошения для абсорбентов с нерегулярной насадкой

$\upsilon_{min} = a\, q_{эф}$.

Здесь $q_{эф}$ – эффективная линейная плотность орошения, так, для колец Паалля принимаем $q_{эф} = 0{,}022 \cdot 10^{-3}\ м^2/с$. Тогда

$\upsilon_{min} = м^3/(м^2 \cdot с)$.

Так как $\upsilon > \upsilon_{min}$, то насадка орошается нормально.

Определим высоту единицы переноса для газовой фазы, для чего используем формулу:

$$h_г = 0{,}615 d_э\ \mathrm{Re}_г^{0{,}345} \left(\mathrm{Pr}'_г\right)^{0{,}667},$$

Где

$\mathrm{Re}_г = \dfrac{4W_г}{\alpha\mu_г}; W_г = \dfrac{\overline{G}}{S} = \dfrac{4G}{\pi D^2} = кг/(м^2 \cdot с)$; $\mu_г = \mu_{см}$ - вязкость газовой смеси;

$$\frac{M_{см}}{\mu_{см}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{y_i M_i}{\mu_i} = \frac{y_{H_2} M_{H_2}}{\mu_{H_2}} + \frac{y_{CO_2} M_{CO_2}}{\mu_{CO_2}} + \frac{y_{N_2} M_{N_2}}{\mu_{N_2}}.$$

$M_{см}$ = кг/кмоль – молярная масса смеси; $\mu_i$ - вязкость *i*-го компонента смеси, Па$\cdot с$. При подстановке численных значений

Откуда $\mu_{см} = Па \cdot с$ и $Re_г = .$

Далее определим число Прандтля

$$\mathrm{Pr}'_г = \frac{\mu_г}{\rho_г D_г},$$

где $\rho_г = кг/м^3$ - плотность газовой смеси; $D_г$ – коэффициент диффузии, м$^2$/с, равный

$$D_г = D_o \frac{P_o}{P}\left(\frac{T}{T_o}\right)^{3/2},$$

Где $D_o = 13{,}8 \cdot 10^{-6}\ м^2/с$ - коэффициент диффузии диоксида углерода в воздухе при нормальных условиях; $P$, $P_o$ – давление в аппарате и при нормальных условиях, МПа; $T$, $T_o$ – температура рабочая (273+20) и при нормальных (273) условиях, К. Подстановка численных значений дает

$D_г = м^2/с$

и

$Pr'_г = .$

Таким образом, высота единицы переноса газовой фазы:

$h_г = м.$

Определим высоту единицы переноса для жидкой фазы :

$$h_{ж} = 1198\delta_{пр}\ \mathrm{Re}_{ж}^{0,25}\left(Pr'_{ж}\right)^{0,5}.$$

Здесь

$$\delta_{пр} = \left(\frac{\mu_{ж}^{2}}{\rho_{ж}^{2} g}\right)^{1/3} = м;$$

$$\omega_{ж} = \frac{\overline{L}}{S} = \frac{4\overline{L}}{\pi D^{2}} = кг/\left(м^{2}\cdot c\right);$$

$$\mathrm{Re}_{ж} = \frac{4\omega_{ж}}{\alpha\mu_{ж}};;$$

$$\mathrm{Pr}'_{ж} = \frac{\mu_{ж}}{\rho_{ж} D_{ж}} =$$

где $D_{ж}$ – коэффициент диффузии газа в воде (для диоксида углерода $D_{ж} = 1{,}8\cdot 10^{-9}$ м$^2$/с).

$$h_{ж} = м.$$

Далее определим:

♦ общую высоту единицы переноса

$$h_{ог} = h_{г} + \frac{m_{ух} G}{L} h_{ж},$$

где

$$m_{ух} = \frac{m_{рх}}{P} =$$

Константа фазового равновесия, в которой состав равновесной фазы выражен в мольных долях; тогда

$$h_{ог} = м;$$

♦ высота насадки

$$H_{раб} = N_{ог} h_{ог} = м.$$

При коэффициенте запаса, равном 1,4 получаем

$$H_{раб} = м.$$

Проверим, нужно ли устанавливать перераспределительные устройства для уменьшения пристенного эффекта. Максимальная высота пакета насадки, не требующая перераспределительной тарелки:

$$H_{\max} = м.$$

В нашем случае $H_{раб} < H_{max}$, следовательно, установка перераспределительных устройств не требуется;

♦ общую высоту колонны

$H_к = H_{раб} + H_{сеп} + H_{куб} =$ м;

принимаем $H_{сеп} =$ м; $H_{куб} =$ м.

Определим гидравлическое сопротивление:

♦ слоя сухой насадки

$$\Delta P_{сух} = \xi \frac{H_{раб} \alpha \omega^2}{8 \cdot \varepsilon^3} \rho_г,$$

где $\xi = \frac{16}{\mathrm{Re}_u^{0.2}} =$, тогда

$$\Delta P_{сух} = \ Па;$$

♦ орошаемой насадки

$\Delta P_{ор} = \Delta P_{сух} 10^{bo}$,

для колец Палля $b=35$ (по справочным таблицам)

$\Delta P_{ор} =$ *Па.*

*Механический расчет абсорбционной колонны.* Толщину цилиндрической обечайки, работающей под внутренним давлением, рассчитываем по:

$$S = \frac{D_B P}{2[\sigma]\varphi - P} + C = м.$$

Учитывая минусовой допуск, равный, например, 0,9 мм для стали Х18Н9Т толщиной δ = 28 мм, получаем

$S =$ *м.*

Окончательно округляем в большую сторону $S =$ *мм*.

Выбираем эллиптическое отбортованное днище; его толщина определяется по:

$$S_Д = \frac{PR}{2[\sigma]\varphi - 0.5P} + C,$$

где

$R = \frac{D^2}{4H_Д} = м;$ $H_Д = м$ - высота днища без отбортовки. Тогда

$S_Д = мм.$

Округляя, примем толщину днища равной толщине обечайки, т.е. $S_Д =$ *мм.*

*Расчет опоры аппарата.* Абсорбер расположен внутри помещения, так как абсорбция идет с водой, следовательно, температура должна быть положительной.

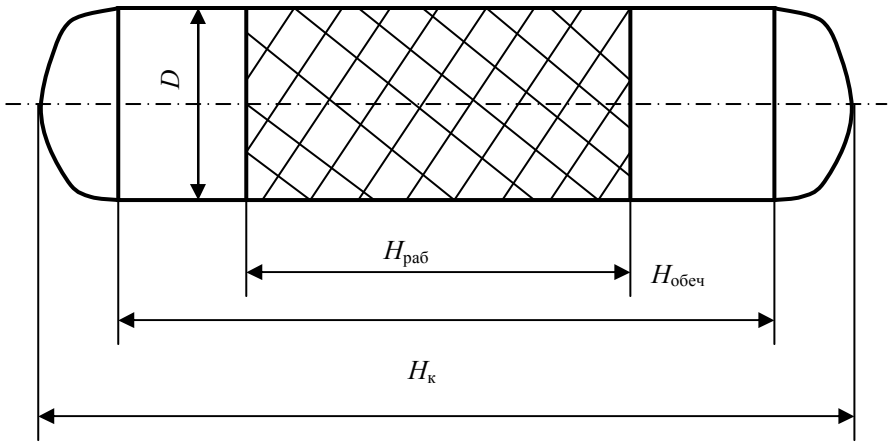



Рис. 2. Схема к расчету абсорбера
(аппарат условно показан горизонтально)

Прежде чем начать расчет опоры, найдем максимальный вес аппарата, соответствующий условиям его гидроиспытания (рис.2):

$G_{max} = G_{обеч} + G_Д + G_{нас} + G_{H_2O}$,

Где $G_{обеч} = V_{обеч}\rho_{CT}$ g –сила тяжести обечайки, МН;

$V_{обеч} = \pi D H_{обеч} S$ - объем листа обечайки; $\rho_{CT} = 7900 кг/м^3$ - плотность стали – листа обечайки; $H_{обеч}$ – высота обечайки.

Итак:

$G_{обеч} = \pi D H_{обеч} S \rho_{CT} g =$ $H =$ $MH$.

Далее определяем:

♦ сила тяжести днища

$G_Д = MH;$

♦ сила тяжести насадки

$$G_{нас} = V_{нас}\rho_{нас} g = \frac{\pi D^2}{4} H_{раб}\rho_{нас} g = H = MH,$$

где $V_{нас}$ – объем насадки, $м^3$; $\rho_{нас}$ – плотность насадки, $кг/м^3$.

Рассчитаем вес воды при гидроиспытании

$$G_{H_2O} = V_{H_2O}\rho_{H_2O} g,$$

где $\rho_{H_2O}$ - плотность воды, $кг/м^3$; $V_{H_2O}$ - объем воды, $м^3$, определяемый как сумма трех составляющих:

$$V_{H_2O} = V'_{H_2O} + V''_{H_2O} + V'''_{H_2O};$$

$$V'_{H_2O} = \frac{(H_{обеч} - H_{нас})\pi D^2}{4} = м^3$$

- объем воды в свободном объеме насадки,

где $V_{нас}$ – объем насадки, $м^3$; ε – свободный объем насадки, $м^3/м^3$;

$V''_{H_2O} = м^3$ - объем воды в днищах.

Следовательно,

$$G_{H_2O} = H = MH.$$

Итак:

$G_{max} = MH.$

Выбираем аппарат, установленный на лапы и подвешенный между перекрытиями. Выберем опорную лапу, показанную на рис. 3, с допускаемой нагрузкой на опору $25 \cdot 10^{-2}\, MH$.

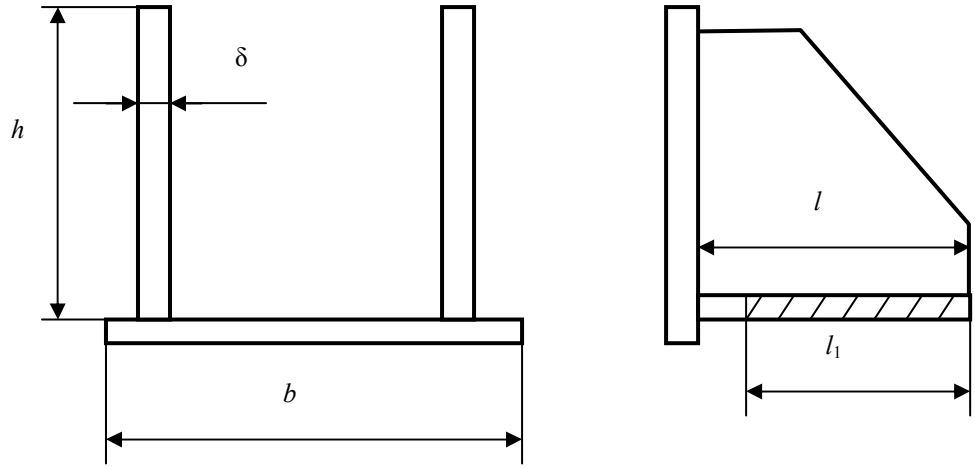



Рис. 3. Опорная лапа

Определим число опор:

$$n \geq \frac{G_{\max}}{G_{on}} =$$

Примем *n=4*. Так как аппарат устанавливается в помещении, будем считать, что нагрузка на лапы распределяется равномерно. Тогда требуемую толщину ребра определим , задавшись *K=0,6* :

$$\delta = \frac{2{,}24G}{KnZl[\sigma]} + C = м.$$

Так как отношение $\frac{l}{13} = м$ >δ=0,011*м*, уменьшим значение *K* до 0,275 и получим

$$\delta = м.$$

Поскольку $\frac{l}{21{,}5} = м$ <δ= *м*, примем толщину ребра δ= *мм.*

Принимаем отношение вылета лапы *l* к высоте ребра *h* равным *l/h = 0.5*. Тогда *h = м.*

Проверим прочность сварных швов, используя:

$$G / n \leq 0{,}7 L_ш h_ш [\tau]_ш,$$

где $h_ш = м; \quad [\tau]_ш = МПа; \quad L_ш = 4(h + \delta) = м;$

$$\frac{G}{n} = \quad MH.$$

Второй член в уравнении

$MH.$

Так как, например, *1,74 МН > 0,25 МН*, то прочность сварных швов обеспечена.

Принимая ширину опорной плиты лапы *b = 0,4 м;* длину $l_1 = 0{,}43$ *м*, проверим прочность фундамента из бетона марки 200 - $[\sigma]_{ф} = 14 МПа.$ Условие прочности

$$F_1 \geq \frac{G}{4[\sigma]_{ф}} = м^2.$$

Площадь поверхности нашей опоры

$$F_1 = l_1 b = м^2;$$

$$F_1 = м^2 > м^2.$$

## ЗАДАНИЕ 4.

Определить производительность сепаратора (зазор между тарелками 0,4 мм) типа УОВ-602К-2 с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка, предназначенного для отделения кристаллов $Na_2CO_3$ от маточного раствора плотностью $\rho_2$ =1000 кг/м$^3$.

***Исходные данные***

| Вариант | Объемная концентрация твердого вещества в суспензии $C_\upsilon$, % | Плотность кристалло в $Na_2CO_3$ $\rho_1$, кг/м$^3$ | Динамическая вязкость раствора $\mu$, Па·с | Минимальный размер улавливаемых твердых частиц $d$, мкм | Частота вращения ротора $n$, об/мин | Индекс производительности $\Sigma_т$, м$^2$ | Емкость шламового пространства ротора $V_{шл}$, м$^3$ | Пропускная способность по воде, м$^3$/ч |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 2700 | 0,001 | 1 | 4700 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 2 | 11 | 2500 | 0,002 | 0,8 | 4000 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 3 | 12 | 2300 | 0,001 | 1,1 | 4500 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 4 | 13 | 2100 | 0,002 | 1,2 | 4300 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 5 | 14 | 2000 | 0,003 | 1,3 | 4200 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 6 | 15 | 1800 | 0,004 | 1,4 | 4100 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 7 | 10 | 1850 | 0,001 | 0,9 | 3600 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 8 | 11 | 2010 | 0,002 | 0,85 | 3770 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 9 | 12 | 2200 | 0,001 | 0,88 | 3550 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 10 | 13 | 2500 | 0,002 | 0,95 | 3350 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 11 | 14 | 2250 | 0,003 | 0,97 | 3370 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 12 | 15 | 2350 | 0,004 | 0,96 | 3250 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 13 | 10 | 2390 | 0,001 | 1.11 | 3270 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 14 | 11 | 2450 | 0,002 | 1,12 | 3125 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 15 | 12 | 2550 | 0,001 | 1,23 | 3100 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 16 | 13 | 2600 | 0,002 | 1,25 | 3050 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 17 | 14 | 2650 | 0,003 | 1,27 | 3000 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 18 | 15 | 2750 | 0,004 | 1,3 | 2900 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 19 | 16 | 2730 | 0,006 | 1,32 | 2950 | 8100 | 0,008 | до 15 |
| 20 | 17 | 2580 | 0,007 | 1,35 | 2800 | 7900 | 0,005 | до 17 |

Критический диаметр частицы, определяющий стоксовский режим осаждения, находим:

$$d_{кр} = 2{,}62\left(\frac{\mu^2}{\omega^2 r \Delta\rho\rho_2}\right)^{\frac{1}{3}}, \quad мкм,$$

где $\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad рад/с$ - угловая скорость вращения ротора сепаратора $\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2$, кг/м$^3$ – разность плотностей фаз; r = 0,3 м – средний радиус ротора.

Предельный размер частицы, выделяемой в сепараторе:

$$r_{пред} = 2{,}6 \cdot 10^{-6} \sqrt[4]{\frac{T}{\Delta\rho\omega^2 r}}, \quad мкм,$$

где $T = 293\ К$ – температура процесса.

Поскольку, по условиям задачи, минимальный размер улавливаемых частиц составляет 1 мкм, то применение данного сепаратора представляется целесообразным, так как $d_{пр} < d < d_{кр}$.

Объемная производительность сепаратора при этом

$$Q_{сп} = \zeta_{эф} \frac{2}{3} \pi\omega^2 z_T ctg\alpha \left(r_{\max}^3 - r_{\min}^3\right) \frac{\Delta\rho}{18\mu} d^2 = \zeta_{эф} \sum_T \frac{\Delta\rho g d^2}{18\mu}.$$

$$\zeta_{эф} \sum_T \frac{\Delta\rho g d^2}{18\mu}, \quad м^3/ч.$$

Степень снижения производительности при изменении концентрации суспензии учитывается в расчете коэффициентом стеснения $K_{СТ}$:

$$K_{СТ} = \frac{\left(1 - C_v\right)^2}{10^{1{,}82 C_v}}.$$

Окончательно получаем: $Q_{СП} = K_{СТ} Q_{СП}, \quad м^3/ч.$

При этой производительности время непрерывной работы сепаратора между периодическими разгрузками ротора от осадка, составит

$$\tau_3 = \frac{V_{шл}}{Q_{СП} C_V}, \quad с.$$

# КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

## Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ПК 6.**

*Уметь:* проводить расчеты основных параметров технологического оборудования, определять его производительность;

осуществлять обработку полученных материалов на ЭВМ;

осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

оформлять информацию в доступном для других виде; владеть:навыками самостоятельного овладения новыми знаниями, используя современные образовательные технологии, активные и интерактивные методы обучения;

*Владеть:* профессиональной терминологией;

методами проведения расчетов рабочих нагрузок, основных параметров и производительности нефтегазовых агрегатов с использованием средств вычислительной техники, обработки полученной информации и физической интерпретации данных;

разработкой рабочей проектной и технической документации, оформлением законченных проектно-конструкторских работ.

***Контрольная работа по темам 1-10***

*Вариант 1*

Определить изменение состояния агрегата ГПА-Ц-6,3 в результате проведенной очистки осевого компрессора "на ходу", если агрегат до чистки компрессора работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $t_1$ = 10 °С; $Q_{\text{п}}$ = 30 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $Q$ = 4,0 МПа, $\Delta P$ = 5,12 МПа; частота вращения вала нагнетателя $n$ = 7000 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху $\Delta$ = 0,575. Температура газов перед ТВД $t_z$ = 646 °С определена при помощи графических зависимостей по температуре перед СТ. Температура и давление воздуха на входе осевого компрессора совпадают с номинальными ($T_{\text{а}} = T_{\text{ао}}, P_{\text{а}} = P_{\text{ао}}$).

После чистки осевого компрессора агрегат работал при следующих исходных данных: температура газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $t_1$ = 18 °С, $t_2$ = 40 °С; давление газа на входе и выходе нагнетателя, соответственно, $P_1$ = 4,2 МПа, $P_2$ = 5,4 МПа. Частота вращения вала нагнетателя $n$ = 7500 об/мин, содержание метана в газе $r_{\text{мет}}$ = 0,975, газовая постоянная R = 498 Дж/кг·К, относительная плотность по воздуху $\Delta$ = 0,575. Температура газа перед ТВД $t_z$ = 680 °С.

*Вариант 2*

Определить запас устойчивой работы нагнетателя ГПА-Ц-6,3/56М-1,45, имеющего следующие параметры рабочего режима: давление газа на входе нагнетателя $P_{\text{вх}}$ = 3,9 МПа, давление газа на выходе нагнетателя $P_{\text{вых}}$ = 5,3 МПа, температура газа на входе $t_1$ = 16 °С, частота вращения нагнетателя $n_0$ = 8100 об/мин, производительность нагнетателя $Q_{\text{комм}}$ = 475 тыс.н·м$^3$/ч, плотность газа $\rho_0$ = 0,676 кг/м$^3$.

*Вариант 3 в периоде*

*Задание*: внутреннее давление; диаметр эллиптического днища; допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению 2 для заданной марки стали при *T*, технологически приняв толщину свыше 32 мм и свыше 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва выбираем из приложения П1 по табл. П1.1 для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_{\text{р}}$ = 1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии $c_1$=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку $c_2$=0,002 м.

*Расчет* при *H*=0,25*D*, *R*=*D*.

*Исходные данные:*

| Вариант | Внутреннее | Диаметр | Марка стали | Расчетная |
|---|---|---|---|---|

| | давление $p$, МПа | эллиптического днища $D$, м | | температура стенки $T$, °С |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 1,6 | ВСт3 | 20 |
| 2 | 2,3 | 1,7 | 16ГС | 100 |
| 3 | 2,4 | 1,8 | 09Г2С | 20 |
| 4 | 2,6 | 1,9 | 20К | 150 |
| 5 | 2,8 | 2,0 | 10Г2С | 200 |
| 6 | 3,0 | 2,1 | 10 | 250 |
| 7 | 3,2 | 2,2 | 09Г2 | 300 |
| 8 | 3,4 | 2,3 | 17ГС | 350 |
| 9 | 3,8 | 2,4 | 17Г1С | 375 |
| 10 | 4,0 | 2,5 | 10Г2С1 | 400 |
| 11 | 4,2 | 2,6 | 10 | 20 |
| 12 | 4,4 | 2,7 | 09Г2 | 100 |
| 13 | 4,6 | 2,8 | 17ГС | 150 |
| 14 | 4,8 | 2,9 | 17Г1С | 200 |
| 15 | 5,0 | 3,0 | 10Г2С1 | 300 |
| 16 | 5,2 | 3,1 | ВСт3 | 350 |
| 17 | 5,4 | 3,2 | 16ГС | 375 |
| 18 | 5,6 | 3,4 | 09Г2С | 400 |

*Критерии оценивания:* оформление работы в соответствии с предъявляемыми требованиями – 1 балл; обоснование выбора методики решения задачи.. – 1 балл; точность в расчетах при определении – 1 балл…; полнота ответа на вопросы задания, наличие обоснования, вывода – 3 балл, использование профессиональной терминологии – 1 балл, логичность изложения материала- 1 балл

*Критерии оценки:*

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа оформлена аккуратно, в соответствии с требованиями; методика решения задач правильная и все действия обоснованы; все расчеты выполнены верно; ответ полный, имеется вывод по задаче, материал изложен профессиональным языком, логично – 7-8 баллов.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если работа оформлена аккуратно, с незначительными замечаниями (отступлениями от требований); методика решения задач правильная и все действия обоснованы; в расчетах имеются ошибки; ответ полный, имеется, вывод по задаче или его нет, материал изложен профессиональным языком, логично – 5-6 баллов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа оформлена с существенными замечаниями (отступлениями от установленных требований); методика решения задач правильная, однако действия не обоснованы; в расчетах имеются ошибки; ответ неполный, не имеет вывода по задаче, материал изложен без использования профессиональной терминологии, логично – 3-4 балла.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа оформлена неаккуратно, со значительными отступлениями от требований; методика решения задач не правильная и (или) действия не обоснованы; ответ полный или неполный, нет вывода по задаче, материал изложен без использования профессиональной терминологии, нелогично – 0-2 балла.

Составитель: Лагунова Ю.А., д-р техн. наук, профессор.

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОРНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра горных машин и комплексов

# ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Проверяемые компетенции: ПКД – 2*

*Задание 1.*

Определить вероятную температуру нефти после 30 суток хранения в нетеплоизолированном резервуаре **Р** со сферической кровлей. Высота взлива нефти $H_{взл}$ = 9 м. Температура закачки нефти в резервуар $T_{зал}$=323 К. Средняя толщина стенки резервуара 9 мм, кровли – $\delta_i$ = 4 мм. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{ст}$=40 Вт/(м·К). Температура воздуха в районе размещения резервуара в период хранения нефти $T_{возд}$ = 253 К, скорость ветра на уровне кровли – $v_{вет}$ = 2 м/с. Характеристики нефти таковы: плотность и кинематическая вязкость при 293 К $\rho_{293}$ ; $\nu_{293}$ = $28{,}8\cdot10^{-4}$ м$^2$/с; коэффициент крутизны вискограммы $u$ = 0,108 К$^{-1}$. Температура грунта под днищем резервуара $T_{гр}$ = 275 К, коэффициент его теплопроводности $\lambda_{гр}$=1,6 Вт/(м·К). Принять продолжительность дня $t_{дн}$ = 8,5 ч, интенсивность солнечной радиации в полдень $i_0$ = 200 Вт/м$^2$.

Таблица 1

Исходные данные

| Вариант | Р | $\rho_{293}$, кг/м$^3$ | Вариант | Р | $\rho_{293}$, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | РВС-1000 | 700-709 | 9 | РВС-1000 | 990-999 |
| 2 | РВС-2000 | 710-719 | 10 | РВС-2000 | 720-729 |
| 3 | РВС-3000 | 720-729 | 11 | РВС-3000 | 710-719 |
| 4 | РВС-5000 | 740-749 | 12 | РВС-5000 | 900-909 |
| 5 | РВС-10000 | 890-899 | 13 | РВС-10000 | 930-939 |
| 6 | РВС-15000 | 900-909 | 14 | РВС-15000 | 740-749 |
| 7 | РВС-20000 | 930-939 | 15 | РВС-20000 | 890-899 |
| 8 | РВС-30000 | 990-999 | 16 | РВС-30000 | 700-709 |

*Задание 2.*

Определить производительность сепаратора (зазор между тарелками 0,4 мм) типа УОВ-602К-2 с центробежной пульсирующей выгрузкой осадка, предназначенного для отделения кристаллов $Na_2CO_3$ от маточного раствора плотностью $\rho_2$ =1000 кг/м$^3$.

***Исходные данные***

| Вари | Объемная | Плотность | Динами | Минималь | Частота | Индекс | Емкость | Пропус |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| ант | концентрация твердого вещества в суспензии $C_υ$, % | кристаллов в $Na_2CO_3$ $ρ_1$, кг/м$^3$ | ческая вязкость раствора μ, Па·с | ный размер улавливаемых твердых частиц $d$, мкм | вращения ротора $n$, об/мин | производительности $Σ_т$, м$^2$ | шламового пространства ротора $V_{шл}$, м$^3$ | кная способность по воде, м$^3$/ч |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 2700 | 0,001 | 1 | 4700 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 2 | 11 | 2500 | 0,002 | 0,8 | 4000 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 3 | 12 | 2300 | 0,001 | 1,1 | 4500 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 4 | 13 | 2100 | 0,002 | 1,2 | 4300 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 5 | 14 | 2000 | 0,003 | 1,3 | 4200 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 6 | 15 | 1800 | 0,004 | 1,4 | 4100 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 7 | 10 | 1850 | 0,001 | 0,9 | 3600 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 8 | 11 | 2010 | 0,002 | 0,85 | 3770 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 9 | 12 | 2200 | 0,001 | 0,88 | 3550 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 10 | 13 | 2500 | 0,002 | 0,95 | 3350 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 11 | 14 | 2250 | 0,003 | 0,97 | 3370 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 12 | 15 | 2350 | 0,004 | 0,96 | 3250 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 13 | 10 | 2390 | 0,001 | 1.11 | 3270 | 8000 | 0,007 | до 10 |
| 14 | 11 | 2450 | 0,002 | 1,12 | 3125 | 7000 | 0,006 | до 20 |
| 15 | 12 | 2550 | 0,001 | 1,23 | 3100 | 7500 | 0,005 | до 15 |
| 16 | 13 | 2600 | 0,002 | 1,25 | 3050 | 7250 | 0,004 | до 17 |
| 17 | 14 | 2650 | 0,003 | 1,27 | 3000 | 7700 | 0,008 | до 18 |
| 18 | 15 | 2750 | 0,004 | 1,3 | 2900 | 7950 | 0,009 | до 19 |
| 19 | 16 | 2730 | 0,006 | 1,32 | 2950 | 8100 | 0,008 | до 15 |
| 20 | 17 | 2580 | 0,007 | 1,35 | 2800 | 7900 | 0,005 | до 17 |

*Критерии оценивания:* правильность и качество решения – 2 балла, полнота ответа – 1 балл, точность и обоснованность расчетов – 2 балла.

*Критерии оценки:*

Полный, правильный ответ с развернутым пояснением, с применением понятийного аппарата, профессиональной терминологии, расчеты точные и обоснованные – 5 баллов.

Ответ в целом правильный с развернутым пояснением, с применением понятийного аппарата, профессиональной терминологии, однако ответ неполон или неточен, имеются замечания по расчетам – 4 балла.

Ответ правильный, но неполный (без развернутого пояснения), без использования понятийного аппарата, профессиональной терминологии, имеются ошибки в расчетах и обоснованиях – 3 балла.

Ответ неправильный, неполный (без развернутого пояснения), без использования понятийного аппарата, профессиональной терминологии, расчеты не верны, нет необходимого обоснования – 1-2 балла.

*Правила оценивания:*

оценка «отлично» выставляется, если обучающийся получил за ответы 5 баллов;

оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся получил за ответы 4 балла;

оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 3 балла;

оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 1-2 балла.

Составитель: Лагунова Ю.А., д-р техн. наук, профессор

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**УТВЕРЖДАЮ**
Зав.кафедрой _____Н.М.Суслов)

# КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙАТТЕСТАЦИИ

# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

квалификация выпускника: **бакалавр**

Автор: Лагунова Ю.А., д-р техн. наук, профессор

Одобрено на заседании кафедры
Горных машин и кмоплексов
*(название кафедры)*
Протокол № 8 от 17.04.2019
*(Дата)*

Екатеринбург
2019

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТЫ

форма обучения: очная, заочная
промежуточная аттестация: экзамен

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 1

1. Какова теория движения жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои?
2. Какие существуют постоянные нагрузки на трубопровод и, каковы пути их снижения?
3. Тонкая пластина длиной $l_0$ = 2 м и шириной $a$ = 1,5 м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость набегающего потока $v_0$ = 3 м/с и его температура $t_0$ = 20 $^{o}$C. Температура поверхности пластины $t_c$ = 90 $^{o}$C. Определить средний по длине коэффициент теплоотдачи и количество теплоты, отдаваемое пластиной воздуху

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 2

1. Каковы особенности процесса перемешивания в жидких средах, способы перемешивания?
2. Какие существуют способы защиты труб от внутренней коррозии?
3. Железный электропровод диаметром $d$ = 10 мм охлаждается поперечным потоком воздуха, скорость и средняя температура которого $v$ = 2 м/с и $t_ж$ = 15°С. Определить коэффициент теплоотдачи поверхности провода воздуху и допустимую силу тока в электропроводе при условии, что температура провода не должна превышать $t_c$ = 95°С. Удельное сопротивление провода ρ = 0.038 Ом×мм$^2$/м.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 3

1. От чего зависит длина каналов в зернистом слое?
2. Каковы способы и методы выпаривания, агрегаты выпаривания?
3. Медный провод круглого сечения диаметром $d$ = 15 мм охлаждается поперечным потоком сухого воздуха. Скорость и температура набегающего потока воздуха $v$ =1 м/с, $t_ж$ = 20°С. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности провода к воздуху и допустимую силу тока в нем при условии, что температура его поверхности не должна превышать $t_c$ = 80°С. Удельное электрическое сопротивление меди ρ = 0,0175 Ом×мм$^2$/м.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 4

1. Что такое эффективность перемешивающего устройства и интенсивность перемешивания?
2. Теория разделения неоднородных смесей под действием электрического поля.
3. Вычислить потери теплоты в единицу времени с 1 м$^2$ поверхности горизонтального теплообменника, корпус которого имеет цилиндрическую форму и охлаждается свободным потоком воздуха. Наружный диаметр корпуса теплообменника $d$ = 400 мм, температура поверхности $t_c$ = 200$^o$C и температура воздуха в помещении $t_ж$ = 30$^o$C.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____И.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 5

1. Каковы достоинства и недостатки агрегатов с псевдоожиженным слоем?
2. По каким конструктивным признакам различают теплообменники смешения?
3. Определить плотность теплового потока через плоскую стенку водонагревателя и температуру на поверхности стенки, если заданы: температура греющих газов 1200$^{o}$С; температура воды в баке 200$^{o}$С; коэффициенты теплоотдачи соответственно равны 45 Вт/(м$^{2}$·К) и 6000 Вт/(м$^{2}$·К); толщина стенки 14 мм и коэффициент теплопроводности материала стенки 58 Вт/(м$^{2}$·К).

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 6

1. Каковы основные типы мешалок, их характеристики?
2. Как теплообменные агрегаты разделяют по принципу действия?

Определить степень сжатия по нагнетателю, коэффициент полезного действия ($\eta_{пол}$), производительность и мощность на муфте нагнетателя типа 370-18-1 при следующих исходных данных: частота вращения $n$ = 4500 об/мин, начальное абсолютное давление сжатия $P_н$ = 5,0 МПа, конечное абсолютное давление 6,1 МПа, температура газа на входе, $T$ = 288,2 К, газовая постоянная R = 510 Дж/кг·К.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 7

1. Какова характеристика псевдоожиженного слоя?
2. Какие агрегаты выполняют процессы центрифугирования, их характеристики?
3. Тонкая пластина длиной $l_0$ = 2 м и шириной $a$ = 1,5 м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость набегающего потока $v_0$ = 3 м/с и его температура $t_0$ = 20 $^{o}$C. Температура поверхности пластины $t_c$ = 90 $^{o}$C. Определить средний по длине коэффициент теплоотдачи и количество теплоты, отдаваемое пластиной воздуху.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 8

1. Теория тепловых процессов.
2. Что относится к массообменным процессам и агрегатам?
3. Алюминиевый провод диаметром 3 мм покрыт слоем резиновой изоляции толщиной 1,5 мм. Определить силу постоянного тока I, идущего по проводу, если температура провода 40$^{o}$С. Температура окружающего воздуха 15$^{o}$С. Коэффициент теплоотдачи к воздуху 12 Вт/(м$^2$·К), коэффициент теплопроводности изоляции 0,165 Вт/(м$^2$·К), удельное электрическое сопротивление провода $r$ = 0,029 Ом·мм$^2$·/ м.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 9

1. Из каких фаз состоят гетерогенные системы?
2. Что такое абсорбция, теория процесса?
3. В канале, по которому движется горячий газ, температура измеряется при помощи термопары. При установившемся тепловом режиме показание термопары $t_1$ = 300°С, а температура стенки $t_2$ = 200°С. Вычислить ошибку в измерении температуры газа, которая получается за счет лучистого теплообмена между корольком термопары и стенкой канала, и истинную температуру газа. Степень черноты спая термопары принять $\varepsilon_1$ =0,8, а коэффициент теплоотдачи от газа к поверхности спая $\alpha$ = 58 Вт/(м$^2$·К)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 10

1. Каковы особенности стационарных и нестационарных теплообменных процессов?
2. На чём основан процесс мокрой очистки газов?
3. Допускаемое напряжение на растяжение выбираем по приложению П2 для заданной марки стали при $T$, °С технологически приняв толщину свыше 32 мм и до 160 мм (сравнить); коэффициент прочности сварного шва для стыковой ручной сварки с двусторонним сплошным проваром и с длиной контролируемых швов 100 % $\varphi_p$=1; прибавка к расчетной толщине стенки на компенсацию коррозии $c_1$=0,002 м; прибавка к расчетной толщине стенки на вытяжку $c_2$=0,002 м. Известны: внутреннее давление $p$=4 МПа; диаметр днища $D$ = 3,1 м; марка стали ВСт3; расчетная температура стенки $T$ = 400 °С.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 11

1. Какова классификация процессов и агрегатов для разделения гетерогенных систем?
2. Как теплообменные агрегаты разделяют по принципу действия?
3. Определить допускаемое напряжение на растяжение, технологически приняв толщину свыше 32 мм; внутренний диаметр цилиндрической обечайки $D$=1,4 м; внутренний диаметр штуцера (отверстия) $d$=0,064 м; толщина стенки обечайки $S$=0,012 м; сумма прибавок к расчетной толщине стенки обечайки $c$=0,002 м; коэффициент прочности сварных соединений $\varphi$=1, $\varphi_1$=1; расчетное давление $p$=2 МПа; сумма прибавок к расчетной толщине стенки $c_S$=0,002 м; прибавка на коррозию к расчетной толщине стенки $c_{S1}$ =0,002 м; исполнительная толщина стенки штуцера $S_1$=0,01 м; исполнительная толщина внутренней стенки штуцера $S_3$=0,012 м. Известны: внутреннее давление $p$ = 4 МПа, вариант шва 4, диаметр $D$ = *0,1* м; марка стали 09Г2С; расчетная температура стенки $T$=400 °С.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра горных машин и комплексов**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ Н.М.Суслов

# ДИСЦИПЛИНА
# Б1.В.10 ПРОЦЕССЫ И АГРЕГАТЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## БИЛЕТ № 12

1. Каковы характеристики тепловых балансов?
2. Каковы особенности процессов центрифугирования и циклонного?
3. Медный провод круглого сечения диаметром $d$ = 15 мм охлаждается поперечным потоком сухого воздуха. Скорость и температура набегающего потока воздуха $v$ =1 м/с, $t_ж$ = 20°С. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности провода к воздуху и допустимую силу тока в нем при условии, что температура его поверхности не должна превышать $t_c$ = 80°С. Удельное электрическое сопротивление меди ρ = 0,0175 Ом×мм$^2$/м.

**К комплекту экзаменационных билетов прилагаются разработанные преподавателем и утвержденные на заседании кафедры критерии оценки по дисциплине.**

**Критерии оценки экзамена:**

**Оценка «отлично» –**
*письменный ответ на два теоретических вопроса* - ответ полный и правильный на основании полученных знаний и умений; материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком; ответ самостоятельный.
*практико-ориентированное задание* – обучающийся не испытывает затруднений:
- при создании расчетной схемы;
- при определении основных параметров технологических машин;
- при выполнении расчетов и анализе полученных результатов;
- при использовании справочных материалов.

**Оценка «хорошо» –**
*письменный ответ* - ответ полный и правильный на основании изученных знаний и умений; материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
*практико-ориентированное задание* –обучающийся испытывает небольшие затруднения:
- при создании расчетной схемы;
- при определении основных параметров технологических машин;
- при выполнении расчетов и анализе полученных результатов;
- при использовании справочных материалов.

**Оценка «удовлетворительно» –**
*письменный ответ* - ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка, или неполный, несвязный.
*практико-ориентированное задание – обучающийся испытывает существенные затруднения:*
- при создании расчетной схемы;
- при определении основных параметров технологических машин;
- при выполнении расчетов и анализе полученных результатов;
- при использовании справочных материалов.

**Оценка «неудовлетворительно»–**
*письменный ответ* - при ответе обнаружено непонимание обучающимся основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые обучающийся не смог исправить при наводящих вопросах преподавателя или ответ отсутствует.
*практико-ориентированное задание* – обучающийся не умеет:
- создавать расчетные схемы;
- определять основные параметры технологических машин;
- выполнять расчеты и анализировать полученные результаты;
- пользоваться справочными материалами;
или отказывается выполнять задание.

Для удобства работы:

*Матрица проверяемых компетенций и оценочных средств*

| Оценочное средство | Проверяемые компетенции | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ПК-6 | | | ПК - 11 | | | ПКД 2 | | |
| | знать | уметь | владеть | знать | уметь | владеть | знать | уметь | владеть |
| Текущий контроль | | | | | | | | | |
| тест | + | + | | | | | | | |
| расчетно-графическая работа | | | | + | + | + | + | + | + |
| Контрольная работа | | + | + | | + | + | | + | + |
| Промежуточная аттестация | | | | | | | | | |
| Теоретический вопрос | + | + | | | | | | | |
| Практико-ориентированное задание | | + | + | | + | + | | + | + |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.01 ФИЛОСОФИЯ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
| Философии и культурологии | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Беляев В. П. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол №1 от 01.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по написанию реферата | 17 |
| 8 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 19 |
| | Заключение | 21 |
| | Список использованных источников | 22 |


Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. Н

## 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, учебно-исследовательская, 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, учебно-исследовательская, 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 Интернет-ресурсов. 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].

---

[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

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы.

## 3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

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 научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*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 соответствовать 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 чем-то 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:

- информированность 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 написанию реферата

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.

Написание реферата - вид самостоятельной работы студента, содержащий информацию, дополняющую и развивающую основную тему, изучаемую на аудиторных занятиях. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на семинарах, конференциях.

При подготовке реферата необходимо соблюдать следующие правила.

Ясно и четко сформулировать цель и задачи реферата, отражающие тему или решение проблемы.

Найти литературу по выбранной теме; составить перечень источников, обязательных к прочтению.

Только после предварительной подготовки следует приступать к написанию реферата. Прежде всего, составить план, выделить в нем части.

*Введение.* В этом разделе раскрывается цель и задачи работы; здесь необходимо сформулировать 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.

*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.*

Написание рефератов является одной из форм обучения студентов, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы, а также на усиление контроля за этой работой.

В отличие от теоретических семинаров, при проведении которых приобретаются, в частности, навыки высказывания своих суждений и изложения мнений других авторов в устной форме, написание рефератов формирует навыки изложения своих мыслей в письменной форме грамотным языком, хорошим стилем.

В зависимости от содержания и назначения в учебном процессе рефераты можно подразделить на два основных типа: научно-проблемные и обзорно-информационные.

*Научно-проблемный реферат*. При написании такого реферата следует изучить и кратко изложить имеющиеся в литературе суждения по определенному, спорному в теории, вопросу (проблеме) по данной теме, высказать по этому вопросу (проблеме) собственную точку зрения с соответствующим ее обоснованием.

*Обзорно-информационный реферат*. Разновидностями такого реферата могут быть следующие:

1) краткое изложение основных положений той или иной книги, монографии, содержащих материалы, относящиеся к изучаемой теме по курсу дисциплины;

2) подбор и краткое изложение содержания статей по определенной проблеме (теме, вопросу), опубликованных в различных журналах за определенный период, либо в сборниках («научных трудах», «ученых записках» и т.д.).

Темы рефератов определяются преподавателем. Литература либо рекомендуется преподавателем, либо подбирается аспирантами самостоятельно, что является одним из элементов самостоятельной работы.

Объем реферата должен быть в пределах 15 страниц машинописного текста через 1,5 интервала. При оформлении реферата необходимо ориентироваться на правила и установленные стандарты для учебных и научных работ.

Реферат сдается в указанные преподавателем сроки.

Критерии оценивания:

- достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);
- уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);
- личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);
- культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);
- культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);
- знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;
- степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);
- качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);
- корректное использование литературных источников, грамотное оформление ссылок.

## 8. 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, логико-графическими 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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

## Б1.О.01 ФИЛОСОФИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по написанию реферата | 5 |
| 2 | Примерные темы рефератов | 8 |
| | Заключение | 9 |

## 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, учебно-исследовательская, 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, учебно-исследовательская, 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.

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.

Одним из видов самостоятельной работы является выполнение контрольной работы. В учебном плане специальности ***21. 05.04 Горное дело,*** специализации ***Открытые горные работы*** такой работой является реферат.

# 1. Методические рекомендации по написанию реферата

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.

Написание реферата - 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. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на определенную тему на семинарах, конференциях.

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.

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:

1) 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;

2) 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.).

Такой реферат может рассматриваться и как первоначальный этап в работе по теме курсовой работы.

Темы рефератов определяются преподавателем, ведущим занятия в студенческой группе. Литература либо рекомендуется преподавателем, либо подбирается студентом самостоятельно, что является одним из элементов самостоятельной работы.

Объем реферата должен быть в пределах 15-20 страниц машинописного текста через 1,5 интервала. При оформлении реферата необходимо ориентироваться на правила, установленные для оформления курсовых работ.

Написание реферата и его защита перед преподавателем или группой предполагает, что студент должен знать правила написания и оформления реферата, а также уметь

подготовить сообщение по теме своего реферата, быть готовым отвечать на вопросы преподавателя и студентов по содержанию реферата.

*Роль студента:* идентична при подготовке информационного сообщения, но имеет особенности, касающиеся:

- выбора литературы (основной и дополнительной);
- изучения информации (уяснение логики материала источника, выбор основного материала, краткое изложение, формулирование выводов);
- оформления реферата согласно установленной форме.

Реферат сдается в указанные преподавателем сроки. Выполнение этой работы является основанием для допуска студента к зачету/экзамену по Философии.

*Критерии оценивания:*

достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);

уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);

личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);

культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);

знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;

степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);

использование профессиональной терминологии;

использование литературных источников.

*Правила оценивания:* каждый показатель – 1 балл.

*Критерии оценки:*

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»

7-8 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»

5-6 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»

0-4 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

## 3. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Философия, мифология, религия и наука: понимание и соотношение в культуре.
2. Структура мировоззрения личности.
3. Особенности мифологического и религиозного мировоззрения.
4. От мифа к логосу (становление философского мировоззрения).
5. Философское учение буддизма.
6. Мировоззренческие различия между древнеиндийской и древнекитайской философией.
7. Концепция «идеального государства» Платона и современное учение об обществе.
8. Этика Аристотеля и современность.
9. Христианское понимание человека.
10. Соотношение веры и знания в западной средневековой философии.
11. Критика Ф. Бэконом «идолов» познания.
12. Происхождение государства в философии Т. Гоббса.
13. «Коперниканский переворот» И. Канта в философии.
14. Субъект и объект познания в философии И.Канта.
15. Роль нравственной антиномии личности в философии И. Канта.
16. Проблема свободы и необходимости в философии французских просветителей.
17. Система объективного идеализма Гегеля.
18. Социально-философские идеи К. Маркса и их историческая судьба.
19. «Русская идея» в отечественной философии.
20. Философские воззрения З. Фрейда: сознательное и бессознательное в человеке.
21. Универсальные символы сознания в теории К. Г. Юнга.
22. Экзистенциальная философия Ж.-П. Сартра и А. Камю.
23. Учение о бытии в истории философии.
24. Пространство и время в научной и религиозной картинах мира.
25. Проблема времени в философии. Социальное время.
26. Проблема реальности в современной науке и в современной философии.
27. Философские проблемы теории относительности.
28. Истина и заблуждение в истории познания.
29. Интуиция – одна из познавательных способностей человека.
30. Проблема взаимосвязи сознания и мозга.
31. Наука как специфическая познавательная деятельность.
32. Научно-технический прогресс и научные революции.
33. Влияние научно-технической революции на образ жизни человека.
34. Философия техники: проблемы, основные понятия, интерпретации.
35. Техническая деятельность человека.
36. Человек: тело, душа, дух.
37. Любовь и ненависть в интерпретациях философов.
38. Проблема личной свободы и социальной ответственности в современном мире.
39. Проблема смысла жизни, смерти и бессмертия в философии.
40. Свобода человека и ее понимание в различных философских системах.
41. Будущее России: социально-философский анализ.
42. «Конец истории» и «конфликт цивилизаций».
43. Будущее цивилизации: дискуссии и решения в современной философии.
44. Демографические проблемы в современном мире.
45. Проблемы войны и мира в современном обществе.

## 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

Автор: Гладкова И. В., доцент, к. ф. н.

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

# Б1.О.02.01 ВСЕОБЩАЯ ИСТОРИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
| Управления персоналом | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А. | Осипов П.А.. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И. О.)* |
| Протокол №1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Абрамов С. М., к.пед.н., доцент

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……..….3

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….…...6

ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ……10

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ...15

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……..18

ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ КЕЙСОВ…….19

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ……...22

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……24

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении – это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;

- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;

- объем задания должен соответствовать уровню студента;

- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе 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 «*Всеобщая история*» 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 *«Всеобщая история»* 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;
- решение кейс-задач;
- подготовка контрольной работы;
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## 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 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 «*Всеобщая история*» 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 К РЕШЕНИЮ КЕЙСОВ

Целью такого вида самостоятельной работы, как решение кейсов, является формирование умения анализировать в короткие сроки большой объем неупорядоченной информации, принятие решений в условиях недостаточной информации.

Кейс-задание (англ. case - случай, ситуация) - метод обучения, основанный на разборе практических проблемных ситуаций - кейсов, связанных с конкретным событием или последовательностью событий.

Различают следующие виды кейсов:

- иллюстративные,
- аналитические,
- кейсы, связанные с принятием решений.

Подготовка кейс-задания осуществляется в следующей последовательности:

1) подготовить основной текст с вопросами для обсуждения:

- титульный лист с кратким запоминающимся названием кейса;

- введение, где упоминается герой (герои) кейса, рассказывается об истории вопроса, указывается время начала действия;

- основная часть, где содержится главный массив информации, внутренняя интрига, проблема;

- заключение (в нем решение проблемы, рассматриваемой в кейсе, иногда может быть не завершено);

2) подобрать приложения с подборкой различной информации, передающей общий контекст кейса (документы, публикации, фото, видео и др.);

3) предложить возможное решение проблемы.

Планируемые результаты самостоятельной работы в ходе решения кейсов:

- способность студентов анализировать результаты научных исследований и применять их при решении конкретных исследовательских задач;

- готовность использовать индивидуальные креативные способности для оригинального решения исследовательских задач;

- способность решать нестандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.

Алгоритм решения кейс-задачи студентом можно представить, как взаимосвязь последовательных действий:

1. Понимание задачи:

- усвоение какой учебной темы предлагает решение кейса;

- какого рода результат требуется;

- нужно ли дать оценку тому, что произошло, или рекомендации в отношении того, что должно произойти;

- если требуется прогноз, на какой период времени вы должны разработать подробный план действий;

- какая форма презентации требуется, каковы требования к ней;

- сколько времени вы должны работать с кейсом?

2. Просмотр кейса. После того как студенты узнали, каких действий от них ждут, они должны "почувствовать" ситуацию кейса:

- посмотреть его содержание, старясь понять основную идею и вид предоставленной информации;

- если на этой стадии возникают вопросы, или "выскакивают" важные мысли, или кажутся подходящими те или иные концепции курса, прочитав текст до конца, следует их выписать;

- после этого прочитать кейс медленнее, отмечая маркером или записывая пункты, которые кажутся существенными.

3. Составление описания как путь изучения ситуации и определения тем. При просмотре кейса вы неизбежно начнете:

- структурировать ситуацию, оценивая одни аспекты как важные, а другие как несущественные;

- определить и отобразить все моменты, которые могли иметь отношение к ситуации. Из них можно построить систему взаимосвязанных проблем, которые сделали ситуацию заслуживающей анализа;

- рассмотреть факторы, находящиеся вне прямого контекста проблемы, поскольку они могут быть чрезвычайно важны;

- выделить "темы" – связанные группы факторов, которые могут воздействовать на каждый аспект ситуации. Например, одна их часть может иметь дело с воспринимаемым низким качеством, другая – с изменениями в поведении конкурента;

- описать ситуацию.

4. Диагностика проблемы. Процесс определения проблемы включает в себя следующие действия:

- вспомнить изученные ранее темы и провести по ним мозговой штурм для выявления потенциально соответствующих кейсу теоретических знаний;

- вертикально структурируйте вопрос, начиная с тех, которые касаются отдельных работников, затем группы или подразделения, организации в целом и, наконец, окружающей среды;

- изучите обстоятельства возникновения ситуации;

- не забывать возвращаться к информации кейса и более внимательно рассматривать факторы, ставшие важными в ходе анализа.

5. Формулировка проблем. На этой стадии следует:

- письменно сформулировать восприятие основных проблем;

- при наличии нескольких проблем следует установить их приоритетность, используя следующие критерии:

- важность – что произойдет, если эта проблема не будет решена;

- срочность – как быстро нужно решить эту проблему;

- иерархическое положение — до какой степени эта проблема является причиной других проблем;

- разрешимость – можете ли вы сделать что-либо для ее решения.

6. Выбор критериев решения проблемы. Сразу после выяснения структуры проблемы следует подумать о критериях выбора решений.

7. Генерирование альтернатив. Важно разработать достаточно широкий круг вариантов решения проблемы, опираясь на известные или изучаемые концепции, чтобы предложить лучшие способы действий, опыт решения других кейсов, креативные методы (мозговой штурм, аналогия, метафора и др.).

8. Оценка вариантов и выбор наиболее подходящего из них.

- необходимо определите критерии предпочтительности варианта;

- критерии выбора варианта должны быть основаны на том, в какой мере они способствуют решению проблемы в целом, а также по признакам выполнимости, быстроты, эффективности, экономичности;

- каждый из критериев необходимо проанализировать с позиций всех групп интересов;

- при оценке вариантов вы должны подумать о том, как они будут воздействовать не только на центральную проблему, но и на всю ситуацию в целом;

- определите вероятные последствия использования ваших вариантов.

9. Презентация выводов.

## 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 «*Всеобщая история*» 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 «*Всеобщая история*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

# Б1.О.02.01 ВСЕОБЩАЯ ИСТОРИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией факультета |
| *Управления персоналом* | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Абрамов С.М. , к. педаг. наук, доцент

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 4
1. Общие указания по написанию контрольной работы ..... 5
2. Структура и содержание контрольной работы ..... 6
3. Оформление контрольной работы ..... 6
4. Типичные ошибки студентов при написании контрольной работы ..... 11
5. Критерии оценивания контрольной работы ..... 12
6. План выполнения контрольной работы ( по вариантам) ..... 12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ..... 12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... 16

# ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа является одной из форм текущего контроля знаний студентов. Контрольная работа – это индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, она обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Контрольная работа – самостоятельный труд студента, который способствует углубленному изучению материала**.** Целью выполнения контрольной работы является:

- получить специальные знания по выбранной теме;

-углублённому изучению пройденного материала.

Основные задачи контрольной работы заключаются в:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;

2) выработке навыков самостоятельной работы;

3) выяснение подготовленности студента к будущей практической работе;

4) приобретение, систематизация и расширение знаний;

5) формирование умений н навыков работы с монографической и другой научной литературой, а также нормативными документами;

6) развитие умения правильно формулировать и раскрывать теоретические положения, аргументировать самостоятельные выводы и предложения на основе сопоставления различных мнений и взглядов;

7) овладение терминологией.

Учебным планом специальности, предусматривается написание контрольной работы по дисциплине. Данный вид письменной работы выполняется по темам выбранным самостоятельно. Перечень тем разрабатывается преподавателем.

## 1. Общие указания по написанию контрольной работы

Контрольная работа пишется на семинарском занятии по вариантам. Предполагается два варианта.

Процесс подготовки к написанию контрольной работы по можно разделить на ряд этапов:

-предварительного изучения источников;

-написания чернового варианта контрольной работы и его обработки, оформления контрольной работы;

-в случае отклонения работы кафедрой или её неудовлетворительной оценки, доработки и переработки исходного текста.

Первым этапом в действиях студента по подготовке к написанию контрольной работы должно стать изучение им необходимого минимума литературы. Для этого обучающийся должен собрать все те материалы – учебные пособия, справочники, словари и иные источники учебной или научной информации, которые рекомендованы кафедрой в перечне литературы, обязательной для ознакомления с данной темой. Кроме того, для расширения и детализации отдельных вопросов обучающийся может использовать дополнительную литературу (монографии, брошюры, статьи из газет и журналов, аналитические записки), которую он подбирает самостоятельно. При этом следует учитывать, что лучше подбирать литературу последних изданий, активно используя при этом библиографические справки и систематические каталоги, оглавления, аннотации и предметные указатели книг и брошюр. Изучая литературу и иные источники, необходимо делать заметки, записывать наиболее интересные высказывания авторов и свои собственные мысли.

При написании текста контрольной работы уже в черновом варианте изложение каждого вопроса необходимо начать с постановки проблемы, с выяснения её содержания. Затем нужно переходить к её анализу, при необходимости – для определения исходного пункта анализа, формулировки основополагающих положений, определений или понятий, либо для подтверждения своих. Излагаемый материал необходимо органически увязать с современностью, практической деятельностью.

Черновик контрольной работы целесообразно писать на отдельных листах и только с одной стороны, оставляя большие поля и просветы между абзацами. Это даст возможность легко внести необходимые поправки, дополнения, осуществить перестановку абзацев и убрать повторения. По окончании работы над черновым вариантом его следует внимательно прочесть, тщательно отредактировать и переписать (перепечатать) набело, соблюдая правила оформления, изложенные ранее в настоящих методических рекомендациях. Только в таком виде контрольная работа может быть представлена на кафедру.

Если содержание или оформление письменной контрольной работы будет признано преподавателем неудовлетворительным, то такая работа оценивается отметкой «не удовлетворительно». В этом случае на лицевой или оборотной стороне обложки контрольной работы, либо на прилагаемом к ней отдельном листе, пишется отзыв (рецензия), в котором указываются конкретные причины, по которым данная контрольная работа была оценена неудовлетворительно, и указываются пути устранения выявленных недостатков.

Последний обязан внимательно ознакомиться с письменным отзывом (рецензией) преподавателя, с его пометками в тексте и на полях работы. Если замечания касаются оформления, то ему следует переоформить работу в соответствии с указаниями преподавателя. Если замечания относятся к содержанию, то студенту путём дополнительного изучения необходимых источников и материалов необходимо следующим образом доработать или переработать исходный текст:

- на вопросы, которые были освещены неправильно, сформулировать правильные ответы;

- на неосвещённые вопросы дать ответы;

- на вопросы, освещённые неполно, подготовить дополнения к ответам.

Доработанная или переработанная контрольная работа представляется обучающимся на кафедру, при этом, если сроки её фактического предоставления не совпадут по времени с итоговой аттестацией студента по данной дисциплине, кафедра имеет право не допустить его до прохождения итоговой аттестации до завершения проверки указанной контрольной работы.

По всем возникшим вопросам студенту следует обращаться за консультацией к преподавателю. Срок выполнения контрольной работы определяется преподавателем и она должна быть выполнена в срок.

Перед сдачей контрольной работы студент проверяет его в системе «Антиплагиат» (http://www.antiplagiat.ru/), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования реферата в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования реферата в данной системе (с указанием процента авторского текста), студент в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста реферата, который не подлежит доработке или замене.

В случае отрицательной оценки, студент должен ознакомиться с замечаниями и, устранив недостатки, повторно сдать работу на проверку.

## 2. Структура и содержание контрольной работы

Работа должна включать титульный лист, оглавление, введение, основную часть, состоящую из нескольких разделов или параграфов, заключение, список источников и литературы.

Во **«введении»** необходимо кратко раскрыть значение и актуальность изучаемого вопроса (темы), назвать основные задачи работы, ее хронологические рамки, обосновать структуру, дать краткий обзор источников и литературы по теме.

Обзор источников и литературы не должен сводиться к перечислению использованного автором нормативного материала и опубликованных статей. В нем следует дать анализ источников и литературы. В зависимости от объема и целевого назначения работы, обзор источников и литературы может быть представлен отдельным параграфом или разделом в основной части работы.

**Основная часть** контрольной работы должна быть изложена в соответствии с планом, освещать состояние и содержать анализ рассматриваемых вопросов с учетом современного уровня развития теоретических знаний и опыта практической работы организаций.

При раскрытии той или иной темы студент должен стремиться подробно и глубоко изложить круг вопросов, входящих в нее. По мере рассмотрения материала отдельные положения контрольной работы следует иллюстрировать примерами из литературы и, по возможности, из практики работы конкретных архивов с обязательными ссылками на литературу и источники.

В **заключении** контрольной работы необходимо подвести итоги теоретической и практической разработки вопросов.

**Список источников и литературы** представляет собой перечень использованных работ по теме, в котором указываются фамилии и инициалы автора (авторов), название работы, место, время ее опубликования и страницы.

## 3. Оформление контрольной работы

Перед тем, как рассмотреть оформление заголовков, отметим, что работа обычно печатается 14-м размером шрифта Times New Roman (это не регламентируется ГОСТом, однако используется в большинстве отечественных высших учебных заведений). Общепринятый междустрочный интервал – 1,5. На каждой странице должны присутствовать стандартные поля (сверху и снизу – по 2 см, слева – 3 см, справа – 1 см). Объем контрольной работы-15-20 страниц машинописного текста.

Работа нумеруется с помощью арабских цифр, начиная со страницы введения. Она в общей структуре следует под номером «3».

Контрольная по ГОСТу 2018, пример которой (фрагменты) в иллюстративном виде подаем в данной статье, должна содержать заголовки первого и иногда второго уровней. Правила их присутствия в исследовании такие:

1. заголовки выравниваются по центру или по правому краю (этот момент выясняют у научного руководителя или в методичке);
2. названия структурных элементов (ОГЛАВЛЕНИЕ, ЗАДАНИЕ 1, ЗАДАНИЕ 2, ЗАКЛЮЧЕНИЕ) прописываются заглавными буквами;
3. используется тот же размер шрифта, что и для основного текста (по умолчанию – 14);
4. заголовки выделяют полужирным начертанием;
5. между заголовком и текстом оставляют две пустые строчки;
6. переносы, авторские сокращения, точки в конце заголовков не используются;
7. новые разделы и подразделы начинаются с чистого листа.

Каждый новый раздел основной части начинается с новой страницы. Это же правило относится и к другим структурным частям работы: введению, заключению, списку источников и литературы, приложениям.

Расстояние между заголовком и последующим текстом, а также расстояние между заголовком главы и параграфа должно быть равно одному межстрочному интервалу. Расстояние между последней строкой предыдущего параграфа и названием следующего параграфа – два межстрочных интервала. Точку в конце заголовка, расположенного в середине строки, не ставят. Подчеркивать заголовки и переносить слова в заголовке нельзя.

**Нумерация** страниц проставляется арабскими цифрами, в центре нижней части листа без точки, начиная с третьей страницы. На титульном листе и содержании номера страниц не ставятся. Необходимо соблюдать сквозную нумерацию во всей работе. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию.

**Иллюстрации.** Часть информации, содержащейся в курсовой работе, оформляется в виде иллюстраций (чертежи, схемы, графики, таблицы, фотоматериалы). Они могут располагаться в тексте или помещаться в приложении. Но в любом случае на каждую иллюстрацию в тексте должны быть ссылки. Иллюстрации, расположенные в тексте имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Причем, отдельно нумеруются рисунки, отдельно таблицы. Иллюстрации, расположенные в приложениях располагаются под номерами приложений. Ссылки на них в тексте предполагают обращение к соответствующим приложениям.

**Оформление рисунков и иллюстраций**

Иллюстрации размещаются в тексте по мере необходимости для пояснения текста. Они могут располагаться как в самом тексте, сразу после текста, к которому они относятся, или в конце. Иллюстрации должны соответствовать регламентам ЕСКД и СПДС. Иллюстрации пронумеровываются сквозной нумерацией арабскими цифрами. Исключение составляют иллюстрации, размещённые в приложениях. В этом случае применяется отдельная нумерация арабскими цифрами для иллюстраций приложения с добавлением обозначения данного приложения. Например,- Рисунок В-2.

Можно иллюстрации нумеровать в рамках раздела. При этом ее номер включает в себя номер раздела и номер самой иллюстрации в разделе. Пример,- Рисунок 3.2.

В случае необходимости иллюстрации могут иметь пояснения, образуя, так называемый, подрисуночный текст. Сначала идёт пояснительный текст к рисунку, затем сам рисунок с нумерацией и его наименование.

**Оформление рисунков по ГОСТ-образцу**

На рисунке 1 изображена схема работы двигателя внутреннего сгорания.

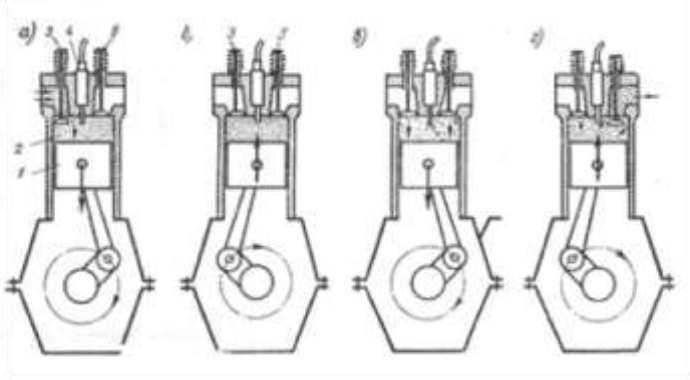


***Рисунок 1*- Рабочий процесс четырехтактного двигателя**

На все иллюстрации в документе в обязательном порядке должны быть даны ссылки в тексте с указанием порядкового номера.

Иллюстрации в виде чертежей, графиков, схем, диаграмм, размещённые в статье представляются отдельными графическими изображениями и файлами электронных документов.

Подсказки по оформлению рисунков. Эта подборка подсказок поможет ответить на наиболее популярные вопросы, которые возникают у студентов при оформлении рисунков в различных видах научных работ: если рисунков в работе немного, лучше размещать их в основном тексте, а не в приложениях; подписи к рисункам должны быть предельно лаконичными; рисунок должен быть качественным, чтобы все его элементы были четкими, при несоблюдении этого требования, работу могут вернуть на доработку; если размеры рисунков не позволяют поместить их на формат А4, уменьшите объекты до нужного размера, однако следите за тем, чтобы при этом сохранилась четкость изображения; очень большие схемы, разрешается печатать их на листах формата А3; рисунок, схема, чертеж и т.д. должны быть на одной странице с подписью к ним. Рисунки в научных работах могут размещаться в основном тексте или же в приложениях. Очень важно сразу определиться, какой формат подачи будет использоваться, чтобы потом не тратить время на переделывание.

**Таблицы**

Таблицы, задействованные в работе, должны быть ссылки в основном тексте. Их пишем так: см. Таблицу 1. Окошко таблицы вставляем сразу после абзаца, в котором на нее ссылаемся. У каждой таблички имеется номер. Его и проставляем. Как правило, применяется сквозная нумерация во всей работе, либо нумерация в рамках раздела. Если прибегаем к нумерации в рамках раздела проставляем два знака, разделенные точкой. Например: Таблица 4.7 . Четверка здесь говорит о разделе, семерка о номере таблицы по порядку в разделе.

Для текста таблицы берется шрифт Times New Roman, выполняемый 12 кеглем (используется для написания всего текста внутри таблицы) и 14 кеглем (для названий) с одинарным междустрочным интервалом. По ширине таблички заполняют все имеющееся поле.

Оформление таблиц по ГОСТу 2018 года выдвигает несколько иные требования к таблицам в приложениях – их следует нумеровать немного иначе. В нумерации здесь присутствует буква – наименование приложения и порядковый номер таблицы (арабская цифра). Пример: Таблица А.3

Понятно, что слово «Таблица» пишется полностью, без сокращений с большой буквы. Размещают его слева, над верхней ограничительной табличной линией. Каждая таблица имеет заголовок, который указывается рядом со словом «Таблица».

**Таблица 1.2 - Оценка платежеспособности организации**

| Показатели | На начало периода | На конец периода | Изменение |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Денежные средства и краткосрочные финансовые вложения, тыс.руб. | 4674 | 4259 | -415 |
| 2. Дебиторская задолженность, тыс.руб. | 108 | 535 | +427 |
| 3. Оборотные активы, тыс.руб. | 5920 | 5360 | -560 |
| 4. Краткосрочные кредиты и займы, тыс.руб. | 3616 | 1817 | -1799 |

**Выполнение заголовка таблицы по ГОСТу 2018**

Оформление таблиц по ГОСТу 2018 года предполагает, что заголовок таблицы содержит такие составляющие части:

1. Само название графического элемента – «Таблица»;
2. Номер таблицы по порядку арабскими цифрами;
3. Необходимый знак тире и название с большой буквы.

Наименование должно быть кратким, точным и отражать ее содержимое. При расположении его над самой таблицей абзацный отступ не соблюдается. Набирается предложение одной строкой, без точки в конце.

Пример: Таблица 2.8 – Наименование

**Ошибки при оформлении таблиц**

Когда речь идет об оформлении таблиц по ГОСТу 2018 года, существуют нюансы, которые ни в коем случае нельзя нарушать. Первое – запрещается ставить кавычки или схожие элементы вместо повторяющихся частей таблицы.

Второе – не рекомендуется оставлять ячейки без данных. Можно вставить прочерк (символ «тире»), но не бросать пустую.

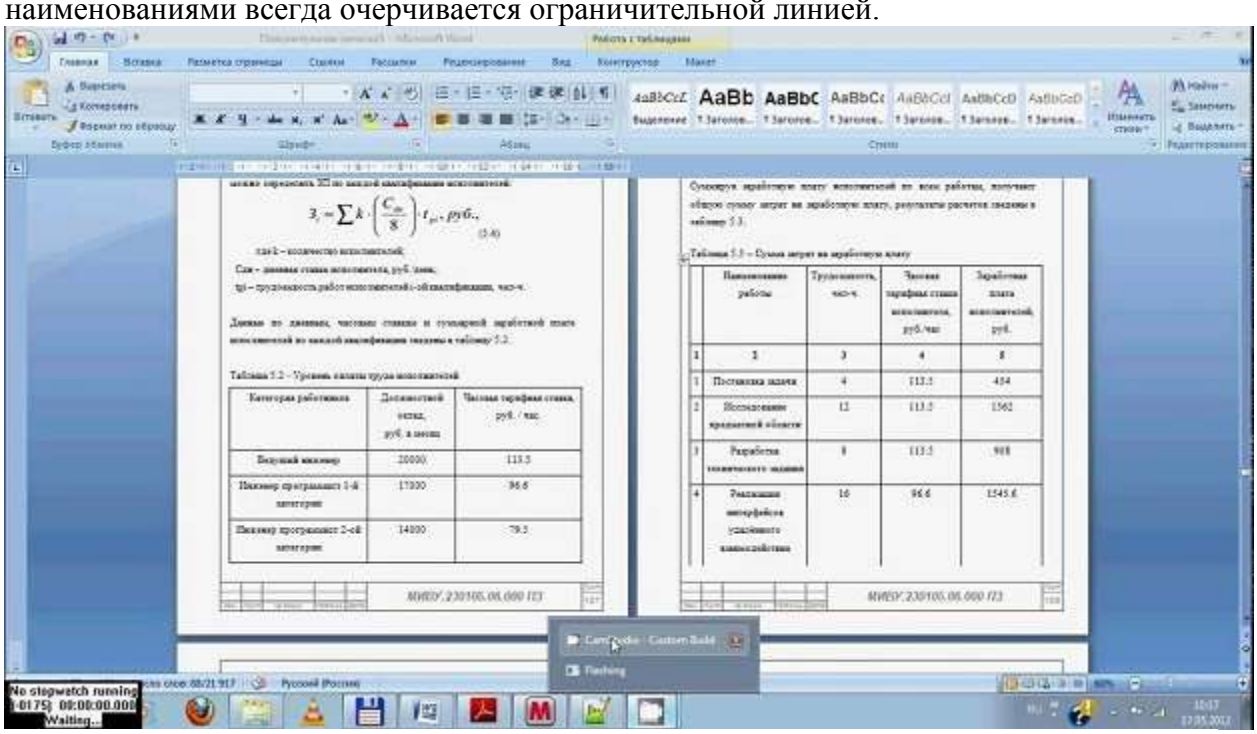
Третье – отрывать тему таблицы от самих ячеек при переносе с предыдущей страницы на следующую нельзя. Рекомендуется указывать наименование, делать «шапку», под ней пару – тройку табличных строчек, и лишь после переносить основную часть таблицы на новую страницу. Начальный кусочек горизонтальной чертой не подчеркиваем. Над второй частью таблицы набираем с левой стороны «Продолжение таблицы» с номером. Название помещают только над первой частью таблицы.

Например: Продолжение таблицы 3.

При подготовке текстовых документов с использованием программных средств надпись «Продолжение таблицы» допускается не указывать.

Запрещается заголовки набирать лишь строчными буквами. С заглавной буквы в единственном числе набирают наименования табличных столбцов и строчек; подзаголовки пишутся строчными буквами (когда имеется смысловое продолжение заголовка) или с прописной (в случаях указания самостоятельной смысловой составляющей). Не следует ставить в конце заголовков и подзаголовков точки. Разрешается надписывать столбцы и вертикально, и горизонтально.

Таблицу без графической сетки использовать не разрешается. Очерчивать строки с данными в некоторых редких случаях не обязательно, но верхушка таблицы с наименованиями всегда очерчивается ограничительной линией.



В работах не используют заимствованные таблицы без указания первоисточника. Информация располагается под таблицей, с абзаца.

**Ссылки**

Правила составления библиографических ссылок распространяющиеся на оформление цитирования интернет-источников, а также в случае специфичных текстов, как диссертация, манускрипты. Основные правила оформления ссылок на источники указаны в **ГОСТ Р 7.0.5-2008**.

1. Пример первичной ссылки на источник: Ссылки вставляются прямо в тексте научной работы в виде [1, С. 2] или просто [1]. Сами ссылки должны вести на список использованных источников, первая цифра – порядковый номер, вторая – страница местонахождения цитируемой информации
2. Список источников оформляется в алфавитном порядке в конце научной статьи.

В **список литературы и источников** помещаются только те произведения, которые привлекались автором в тексте основной части и во введении, что отражено в текстах сносок.

**Пример оформления списка литературы по ГОСТу 2018** демонстрирует, что все источники должны быть расположены в определенном порядке:

1. в первую очередь указываются законодательные акты (международные, государственные, муниципальные) и официальная статистика;
2. далее следуют источники на русском языке;
3. после них в алфавитном порядке располагают книги и документы, изданные на иностранных языках;
4. в завершение указываются электронные ресурсы, использованные для написания текста.

Стандартно, в ссответствии с ГОСТ, располагают книги и статьи в алфавитном порядке, по фамилии автора.

**Пример оформления списка литературы по ГОСТу 2018 (книги и статьи с одним или несколькими авторами)**

Приведем пример оформления списка литературы по ГОСТу 2018 для источников с одним или несколькими авторами (учебники, монографии и т.д.).

Общепринятая схема здесь такова: фамилия автора, инициалы (после запятой или без нее), наименование книги, косая черта, после которой указывается тип книги.

Далее город, где издана книга, наименование издательства, год и количество страниц.

Более наглядно эту схему демонстрирует пример:

1. Пример оформления книги: Галов, М. Т. История средних веков. Ч.2. Древние Греция и Рим / М. Т. Галов. – 2-е изд., доп. – М.: Юника, 2016. – 333 с.
2. Пример оформления журнальной статьи: Арманова, Л. Г. К вопросу об установлении империи в Риме / Л. Г. Арманова // Вопросы истории. – 2016. — №3. — С. 20-25. Здесь применяется стандартная схема оформления статьи: автор – название статьи – наименование журнала – год выпуска – номер страницы).
3. Пример оформления электронного источника: Протченкова, Т. М. Психологический словарь [Электронный ресурс] / Т.М. Протченкова / Р. М. Никеев // Психология: науч.-метод. журн. – 2014.— № 15. – Режим доступа: http://… – (Дата обращения: 20.09.2018).

**Оформление приложений**

Приложения бывают двух видов: информационные и обязательные. Информационные приложения могут носить справочный и рекомендуемый характер.

Требования редакции журналов ВАК В тексте обязательно даются ссылки на все приложения. А сами приложения располагаются в порядке очерёдности ссылок на них в тексте. Исключение составляет Приложение «Библиография», которое всегда следует последним.

Каждое приложение начинается на новой странице с указанием его названия и под ним в скобках помечают «обязательное», если оно обязательное и «рекомендуемое» или «справочное», ели оно информационное.

Приложения обозначаются русскими или латинскими заглавными буквами, которые следуют за его названием и имеют сквозную нумерацию страниц со всем текстом.

Документы, которые содержатся в приложении, обозначаются его заглавной буквой и имеют свой номер в этом приложении. Если имеется содержание текста, то в нём обязательно указываются все приложения с их номерами и заголовками.

Окончательный вариант текста работы необходимо распечатать и вставить в папку-скоросшиватель. Законченный и оформленный в соответствии с техническими требованиями реферат подписывается студентом и представляется в распечатанном и в электронном виде в срок, обозначенный преподавателем.

Перед сдачей контрольной работы студент проверяет его в системе «Антиплагиат» (http://www.antiplagiat.ru/), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования работы в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования работы в данной системе (с указанием процента авторского текста), студент в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста работы, который не подлежит доработке или замене.

## 4. Типичные ошибки студентов при написании контрольной работы

В студенческих контрольных работах присутствуют повторяющиеся ошибки, во избежание которых рекомендуется обратить внимание на следующие замечания:

1. Во введении работы не указаны цели и задачи исследования, в результате чего по внешним характеристикам она превращается в обычное сообщение. Цель работы должна соответствовать ее теме, а задачи, призванные раскрыть цель в соответствующих параграфах.

2. Заключение работы не соответствует поставленным во введении целям и задачам, в результате чего теряется логика исследования. Заключение должно включать обобщения, давать четкие и неоднозначные ответы (выводы) на цели и задачи.

3. Отсутствует собственный анализ нормативной базы,в то время как это должно лежать в основе вашего исследования. Без собственной интерпретации источников контрольная работа теряет свою авторскую позицию.

4. Иногда не совсем ясна логика в структуре работы, в распределении материала по параграфам. Это свидетельствует о том, что студент еще не полностью усвоил выбранную тему. Четкость структуры и изложения свидетельствует о четкости мысли,

5. Неправильное оформление списка литературы с библиографической точки зрения (что наиболее часто встречается в контрольных работах). Это замечание принципиально, так как научная жизнь имеет собственную культуру, приобщение к которой – одна из задач высшего образования.

6. Использование устаревшей литературы в качестве основной. Иногда студенты ссылаются на монографии даже 1960-80-х гг.Нужно понимать, что в научной литературе, изданной ранее 1990-х гг., существовали совершенно иные подходы, что было обусловлено идеологией того времени. Между тем эту литературу можно и нужно использовать качестве исторических источников, предварительно дав ей критический анализ.

7. Студенты оставляют недостаточно времени для написания работы. Хотя вопрос о сроках - индивидуальный, но качественная работа создается в течение недель и месяцев, а не дней или часов.

При написании контрольной работы каждый студент может получить индивидуальные консультации, которые проводятся раз в неделю.

## 5. Критерии оценивания контрольной работы

Критерии оценки письменной контрольной работы ·

- оформление работы в соответствии с предъявляемыми требованиями;
- правильное раскрытие содержание задания;
- самостоятельность выполнения задания;
- материал изложен профессиональным языком;
- логичность и аргументированность изложения материала.

Критерии оценки:

5 баллов (90-100%) - оценка «отлично»

4 балла (70-89%) - оценка «хорошо»

3 балла (50-69%) - оценка «удовлетворительно»

0-2 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

## 6. План выполнения контрольной работы

Сделать презентацию по предложенным темам. На каждую тему только 10-15 слайдов. Презентация предполагает раскрытие темы предложенного задания контрольной работы.

### Темы контрольных работ

Ключевые моменты антропогенеза.

Проблема происхождения языка.

Основные этапы становления культуры.

Ранние формы религии.

Каннибализм и человеческие жертвоприношения.
Неолитическая революция и ее причины.
Крито - микенская цивилизация.
Боги и герои Древней Греции.
Греко-персидские войны.
Фермопильская битва.
Величайший из македонцев: Александр Великий.
Эпоха Александра Македонского.
Эллинистический мир.
Ганнибал: верность клятве.
Пунический войны: противоборство Рима и Карфагена.
Публий Корнелий Сципион: драма победителя.
Октавиан – повелитель Средиземноморья.
Калигула – из ангелочков в палачи.
Нерон – актер на троне.
Гладиаторские бои – самое популярное развлечение римлян.
Иудейская война.
Варвары – германцы против Римской империи.
Древние кочевники Евразии.
Походы викингов: покорение мира.
Первый крестовый поход: от воззвания папы Урбана II в Клермоне до взятия Иерусалима.
Эпоха крестовых походов.
Крестовые походы: лидеры крестоносцев.
Первый Холокост или религиозный фанатизм крестоносцев.
Саладин: всемогущий султан и победитель крестоносцев.
Чингисхан (1155 или 1162 – 1227 гг.): основатель Монгольской империи.
Чингисхан – самый знаменитый монгол и сотрясатель вселенной.
Падение Константинополя или гибель Византийской империи под натиском османов.
Мартин Лютер (1483 – 1546 гг.): идеолог Реформации.
Реформация в Германии и других странах Европы.
Реформация в Англии.
Инквизиция – религиозный террор.
Король Англии Ричард Львиное Сердце (1189 – 1199 гг.). Королевство без короля.
Ричард III, король Англии.
Бастарды на троне: Вильгельм I Завоеватель, Елизавета I Английская.
Мария Тюдор – первая женщина на английском престоле.
Елизавета I (1533 – 1603 гг.): королева Англии.
Правители на эшафоте: Карл I Стюарт, Мария Стюарт, Людовик XVI.
Война Алой и Белой розы.
Великие мореплаватели: Фернан Магеллан, Христофор Колумб, Васко да Гама, Джеймс Кук, Витус Беринг.
Оливер Кромвель: знаменитый лорд-протектор Англии.
Война за независимость Нидерландов. Расцвет и упадок Голландской республики.
Англия в период правления Тюдоров.
Столетняя война: торговля знатными военнопленными.
Франция в эпоху Ренессанса и гугенотских войн.
Тридцатилетняя война.
Англия в XVII – XVIII вв.
Кардинал, который сделал власть короля Франции абсолютной.
Хроника Великой Французской революции. Нововведения революции.
100 дней Наполеона: последний шанс знаменитого полководца Франции.

Максимилиан Робеспьер - неподкупный и безжалостный. Друг гильотины.
Лидеры Французской революции: Жорж Жак Дантон, Жан-Поль Марат, Луи Антуан Сен-Жюст, Пьер Гаспар Шомет.
Наполеон – в императоры из республиканца.
Герои Франции: Наполеон I, Людовик XIV, Шарль де Голль.
Разделенная Речь Посполитая. История разделов.
Война за независимость. Образование США.
Крымская война.
Франко-Прусская война 1870-1871 гг.: причины, ход событий, итоги.
Отто фон Бисмарк – создатель единой Германии.
Первая мировая война: причины, основные события, итоги.
Версальско-Вашингтонская система международных отношений.
Советско-польская война 1920-1921 гг.
Гитлер и разрушение Версальской системы.
Бенито Муссолини – основатель фашизма.
Мюнхенский сговор: причины и уроки.
Вторая мировая войны: причины, основные события, итоги.
Решающие сражения Второй мировой войны.
СССР и нацистская Германия в 1939 – 1941 гг.
Прибалтика в годы Второй мировой войны.
Вторая мировая война – печальная участь военнопленных.
Пакт Молотова – Риббентропа (август 1939 г.): договор, сделка или сговор?
Берлинская встреча (ноябрь 1940 г.): ход и итоги советско-германских переговоров.
«Барбаросса» по-японски. Почему провалился план «Кантокуэн»?
Маршал Маннергейм: патриот или предатель?
Испания и Франко.
Китай и Мао.
Уинстон Черчилль: дни поражений и побед.
Битва за Британию.
Маршал Анри Филипп Петен: гордость Франции или символ предательства?
Генерал де Голль – символ французского сопротивления и основатель Пятой республики.
Лидеры антигитлеровской коалиции: мифы и реальность.
Сталин, Черчилль, Рузвельт. Совместная борьба с нацизмом.
Три подхода к миру. Рузвельт, Сталин и Черчилль во время Второй мировой войны.
Антигитлеровская коалиция: конфликт интересов.
Операция «Оверлорд».
От Нюрнберга к Токио: итоги судебных процессов (трибуналов).
Потсдамско-Ялтинская система международных отношений.
Американская бомба для Хиросимы и Нагасаки: военная необходимость или акт глобального устрашения.
Холодная война: причины, события, итоги.
Окончание холодной войны. Рейган и Горбачев.
Берлинский кризис 1958 – 1963 гг.
Корейская война.
Венгрия (1956 г.): бунт на корабле империи.
Карибский кризис. На грани войны.
Пражская весна 1968 г.
Падение Берлинской стены и объединение Германии: действующие лица.
Анвар Садат – президент Египта.
Арабо - израильская война 1948 – 1949 гг.
СССР на Ближнем Востоке (1948 – 1991 гг.).

Атрибуты государственной власти США (флаг, герб, гимн): магия символов.
Россия и Япония: узлы противоречий.
Курильские острова. 100 лет борьбы за острова.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контрольная работа, как одна из форм, способствующих успешному контролю учебного процесса, открывает для студента возможность проявить умение выполнять самостоятельную работу по сбору и анализу материала, научиться делать грамотные выводы, развить умение работать со специальными литературными источниками, научиться критически подходить к их осмыслению и сравнению с уже имеющимися у него знаниями. Также студент, создавая контрольную работу, учится грамотно и прилежно оформлять собственный труд. Таким образом, студент, используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) добросовестное выполнение заданий;

2) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

3) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

4) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями;

5) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Методические рекомендации по оформлению работы по ГОСТ-2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vyuchit.work/samorazvitie/sekretyi/oformlenie-risunkov-po-gostu.html

2.Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

3.Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

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

# Б1.О.02.02 ИСТОРИЯ РОССИИ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Одобрены на заседании кафедры
Управления персоналом
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
Ветошкина Т.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 16.09.2021
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией
Горно-механического факультета
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Осипов П.А.
*(Фамилия И. О.)*
Протокол № 2 от 12.10.2021
*(Дата)*

Екатеринбург

Автор: Железникова А.В.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……..……..3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ…….……..…..……..6

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……10

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….……18

ПОДГОТОВКА К ДОКЛАДУ…….22

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ….27

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……30

ПОДГОТОВКА ЭССЕ……31

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ……....34

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……36

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении – это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;

- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны – это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе 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 контрольной работы;
- 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. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян

1.Этногенез восточных славян.

2.Славяне: расселение, занятия, общественное устройство, верования.

3.Предпосылки образования государственности у восточных славян

4.Норманнская и антинорманнская теории.

5. Первые князья династии Рюриковичей.

6. Русь и Византия. Первые договоры.

### Тема 3. Киевская Русь

1. Социально-экономический и общественно-политический строй Киевской Руси (конец X – первая треть XII вв.).

2.Формирование системы государственного управления. Князья Игорь, Ольга, Святослав.

3. Князь Владимир. Крещение Руси и его значение.

4. Ярослав Мудрый. «Русская правда» - первый свод законов Древнерусского государства. Владимир Мономах.

### Тема 4. Русь в эпоху феодальной раздробленности

1.Предпосылки распада Киевской Руси и начала феодальной раздробленности.

2. Политическая раздробленность на Руси

а) Новгородская боярская республика.

б) Владимиро-Суздальская Русь. Юрий Долгорукий, Андрей Боголюбский, Всеволод Большое Гнездо.

в) Галицко-Волынская земля. Ростислав Мстиславич, Даниил Романович.

г) Киевская земля в период феодальной раздробленности.

3. Последствия раздробленности.

4. Завоевательные походы монголов и нашествие Батыя на Русь.

5. Борьба с немецко-шведской агрессией. Деятельность А.Невского

6. Золотоордынское влияние на развитие средневековой Руси: оценки историков.

## Тема 5. Складывание Московского государства в XIV - XVI вв. (XIV – начало XVI вв.)

1.Предпосылки и особенности процесса объединения русских земель.

2.Этапы политического объединения, их характеристика и содержание. Иван Калита, Дмитрий Донской.

3.Социально-экономическое развитие и формирование политических основ Российского государства при Иване III и Василии III.

4. Внутренняя и внешняя политика Ивана IV.

5. Культура Руси XIV – начала XVI вв.

## Тема 6. Российское государство в XVII в.

1.Смутное время начала XVII в.

2.Развитие Российского государства при первых царях династии Романовых:

а) новые явления в социально-экономической жизни;

б) движение социального протеста;

в) государственно-общественное развитие;

г) реформы патриарха Никона и церковный раскол;

д) внешняя политика России в XVII в., присоединение новых территорий

## Тема 7. Россия в XVIII в.

1. Реформы Петра I и начало российской модернизации

2. Внешняя политика Петра I. Рождение Российской империи.

3. «Эпоха дворцовых переворотов» (1725–1762 гг.).

4.Царствование Екатерины II:

а) социально-экономическое развитие России во 2-й половине XVIII в.;

б) «Просвещенный абсолютизм»: содержание, особенности, противоречия.

4.Российское государство в конце XVIII века. Павел I.

5.Внешняя политика России

6.Европеизация и секуляризация русской культуры: результаты и последствия.

## Тема 8. Россия в XIX в.

1. Александр I и его преобразования. М.М. Сперанский.

2. Внешняя политика в первой четверти XIX в.

3. Внутренняя и внешняя политика императора Николая I.

4. Александр II. Отмена крепостного права и ее влияние на социально-экономическое развитие страны.

5.Либерально-буржуазные реформы 60–70-х гг. XIX в. и их последствия.

6. «Контрреформы» Александра III: корректировка реформаторского курса.

7.Общественно-политические движения (консервативный, либеральный, революционный лагерь).

8.Внешняя политика России во второй половине XIX в.

9. Культура и общественная жизнь России в XIX в.

## Тема 11. Россия в XX в.

1.Проблемы российской модернизации на рубеже XIX –XX вв. Программа индустриализации С. Ю. Витте. Реформы П. А. Столыпина.

2.Революция 1905–1907 гг. в России. Становление многопартийности и парламентаризма в России.

3. Внешняя политика. Первая мировая война.

4.Февральская революция 1917 года. Октябрь 1917 года: приход к власти большевиков.

5.Гражданская война в России и первое десятилетие Советской власти

6. Новая экономическая политика: цели, направления, результаты.

7.Социально-экономические преобразования в СССР:

а) индустриализация страны: необходимость, источники, методы, итоги;

б) коллективизация сельского хозяйства;

в) формирование и упрочение административно-бюрократической системы.

8. Политическая система СССР в 1930-е годы. Завершение «культурной революции».

9. Образование СССР. Внешняя политика СССР в 1930-е гг.

10. СССР во Второй мировой войне

а) подготовка страны к войне, этапы войны;

б) крупнейшие сражения, партизанское движение, работа тыла;

в) СССР и союзники во Второй мировой войне;

г) итоги войны, цена Великой победы.

11. СССР в послевоенный период

12. Социально-экономическое и общественно-политическое развитие СССР в 1946–1953 гг.

13.Успехи и противоречия социально-экономического и внешне-политического развития страны под руководством Н. С. Хрущева

14. Советское общество в эпоху «застоя» в период руководства Л.И. Брежнева

15. СССР в середине 1980-1990 гг.

а) Экономические преобразования в стране. Политика «ускорения». «Перестройка» в СССР.

б) Концепция «Нового политического мышления» и ее претворение в жизнь.

в) Реформирование политической системы. Распад СССР.

## Тема 17. Россия и мир в начале XXI в.

1. Геополитические последствия распада СССР. Провозглашение суверенитета Российской Федерации. 2.Формирование новой государственности. Конституция 1993 г.

3. Социально-экономические преобразования. Рыночная модернизация страны.

4. Внешнеполитическая деятельность в условиях новой геополитической ситуации. Россия и мир на рубеже XX– XXI.

## ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тема 1. Объект, предмет, основные понятия и методы исследования истории

История
Исторический факт
Исторический источник
Интерпретация
Этнос
Менталитет
Государство
Цивилизация
Формация
Классы
Прогресс
Регресс
Общественно-экономическая формация
Геополитика

### Тема 2. Славянский этногенез. Образование государства у восточных славян

Великое переселение народов
Этногенез
Военная демократия
Язычество
Полюдье
Повоз
Погосты и уроки
Феодализм
Варяги
Вервь
Вече
Племенной союз
Государство
Князь
Русь
Волхвы
Анты и венеды
Отроки
Смерды
Закупы
Рядовичи
Холопы

### Тема 3. Киевская Русь

«Русская правда»
Вотчина
Боярская дума
Децентрализация
Уделы
Централизация
Поместье
Воевода
Ремесло
Феодализм
Феодальные отношения
Усложнение социальной структуры
Культура народная, культура религиозная
Фольклор
Храм
Икона фреска
Летописание
Эволюция государственности
Хазары, половцы, печенеги

**Тема 4. Русь в эпоху феодальной раздробленности**

Великий князь
Княжеский двор
Дружина
Междоусобные войны
Феодальная раздробленность
Феодальные центры
Боярская республика
Посадник
Тысяцкий
Сепаратизм
Последствия раздробленности
Держава Чингисхана
Золотая Орда
Монголо-татарское нашествие
Баскак
Выход
Подушная подать
Монголо-татарское иго
Ярлык
Проблема взаимовлияния
Вторжения с северо-запада
Ливонский орден
Рыцари

## Тема 5. Складывание Московского государства в XIV - XVI вв. (XIV – начало XVI вв.)

Централизация
Приказы
Поместье
Дворяне
Местничество
Кормление
Крепостное право
Боярская дума
Натуральное хозяйство
Судебник
Государев дворец
Государева казна
Государственные символы
«Москва – третий Рим»
Сословно-представительная монархия
Земский собор
Митрополит
Крепостное право
Венчание на царство
Избранная рада
Реформа
Приказы
Стрелецкое войско
Стоглав
Опричнина
Губные избы
Династический кризис

## Тема 6. Российское государство в XVII в.

Смутное время
Интервенция
Крестьянская война
Семибоярщина
Самозванство
Народное ополчение
Сословно-представительная монархия
Патриарх
«Бунташный век»
Тягло
Урочные и заповедные лета
Мануфактуры
Юридическое закрепощение крестьян
Личная зависимость

Внеэкономическая эксплуатация
Стрельцы
Казаки
Полки нового строя
Раскол в Русской православной церкви
Старообрядчество
Ярмарка
Абсолютная монархия

## Тема 7. Россия в XVIII в.

Абсолютизм
Империя
Регулярная армия
Синод
Сенат
Министерства
Коллегии
«Великое посольство»
Подушная подать
Табель о рангах
Рекруты
Ассамблеи
Кунсткамера
Протекционизм
Меркантилизм
Государственная монополия
Дворцовые перевороты
Гвардия
Верховный Тайный совет
Кондиции
«Бироновщина»
Просвещенный абсолютизм
Уложенная комиссия
Жалованная грамота
Приписные крестьяне
Обер-прокурор
Господствующее сословие
Податные сословия
Крестьянская война

## Тема 8. Россия в XIX в.

Либеральные реформы
Конституционализм
Негласный комитет
Государственный Совет

Отечественная война
Конституция
Монархия
Крестьянский вопрос
Либерализм
Аракчеевщина
Реакция
Консерватизм
Общественное движение
Декабристы
Западники
Славянофилы
Теория «официальной народности»
Восточный вопрос
Бюрократизация
Кодификация
Финансовая реформа Е.Ф. Канкрина
Буржуазия
Капитализм
Рабочий класс
Промышленный переворот
Крестьянская реформа
Выкупные платежи
Временно-обязанные крестьяне
Уставные грамоты
Крестьянская община
Народничество, радикализм
Рабочее движение
Марксизм
Социал-демократия
Контрреформы
Легитимность
Выкупная сделка
Мировой суд
Земство
Всесословная воинская повинность
Буржуазия, пролетариат
Индустриализация и модернизация
Союз трех императоров

## Тема 9. Россия в XX веке.

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

## Тема 17. Россия и мир в начале XXI в.

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
_____С.А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

# Б1.О.02.02 ИСТОРИЯ РОССИИ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
| Управления персоналом | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А. | Осипов П.А.. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Железникова А.В.

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для обучающихся при организации самостоятельной работы по дисциплине «История России» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

Контрольная работа является одной из форм текущего контроля знаний студентов. Контрольная работа – это индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания. Контрольная работа представляет собой самостоятельный труд студента, который способствует углубленному изучению материала**.** Целью выполнения контрольной работы является:

- формирование специальных знаний по выбранной теме;
- углубленное изучение освоенного материала по дисциплине.

Основные задачи контрольной работы:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;

2) выработка навыков самостоятельной работы;

3) выяснение подготовленности студента к будущей практической работе;

4) приобретение, систематизация и расширение знаний;

5) формирование умений и навыков работы с монографической и другой научной литературой, а также нормативными документами;

6) развитие умения правильно формулировать и раскрывать теоретические положения, аргументировать самостоятельные выводы и предложения на основе сопоставления различных мнений и взглядов;

7) овладение терминологией.

Учебным планом специальности, предусматривается написание контрольной работы по дисциплине. Данный вид письменной работы выполняется по темам выбранным самостоятельно. Перечень тем разрабатывается преподавателем.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы, требования к ее оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнение контрольной работы по дисциплине «История России» призвано стимулировать самостоятельную работу студентов; направлено на формирование знаний основных категорий, развитие навыков логического мышления.

Работа должна включать титульный лист, оглавление, введение, основную часть, состоящую из нескольких разделов или параграфов, заключение, список источников и литературы.

Во **«введении»** необходимо кратко раскрыть значение и актуальность изучаемого вопроса (темы), назвать основные задачи работы, ее хронологические рамки, обосновать структуру, дать краткий обзор источников и литературы по теме.

Обзор источников и литературы не должен сводиться к перечислению использованного автором нормативного материала и опубликованных статей. В нем следует дать анализ источников и литературы.

**Основная часть** контрольной работы должна быть изложена в соответствии с планом, освещать состояние и содержать анализ рассматриваемых вопросов с учетом современного уровня развития теоретических знаний и опыта практической работы организаций.

При раскрытии той или иной темы студент должен стремиться подробно и глубоко изложить круг вопросов, входящих в нее. По мере рассмотрения материала отдельные положения контрольной работы следует иллюстрировать примерами из литературы и, по

возможности, из практики работы конкретных архивов с обязательными ссылками на литературу и источники.

В **заключении** контрольной работы необходимо подвести итоги теоретической и практической разработки вопросов.

**Список источников и литературы** представляет собой перечень использованных работ по теме, в котором указываются фамилии и инициалы автора (авторов), название работы, место, время ее опубликования и страницы.

## 1. Оформление контрольной работы

Перед тем, как рассмотреть оформление заголовков, отметим, что работа обычно печатается 14-м размером шрифта Times New Roman (это не регламентируется ГОСТом, однако используется в большинстве отечественных высших учебных заведений). Общепринятый междустрочный интервал – 1,5. На каждой странице должны присутствовать стандартные поля (сверху и снизу – по 2 см, слева – 3 см, справа – 1 см). Объем контрольной работы-15-20 страниц машинописного текста.

Работа нумеруется с помощью арабских цифр, начиная со страницы введения. Она в общей структуре следует под номером «3».

Контрольная по ГОСТу 2018, пример которой (фрагменты) в иллюстративном виде подаем в данной статье, должна содержать заголовки первого и иногда второго уровней. Правила их присутствия в исследовании такие:

1. заголовки выравниваются по центру или по правому краю (этот момент выясняют у научного руководителя или в методичке);
2. названия структурных элементов (ОГЛАВЛЕНИЕ, ЗАДАНИЕ 1, ЗАДАНИЕ 2, ЗАКЛЮЧЕНИЕ) прописываются заглавными буквами;
3. используется тот же размер шрифта, что и для основного текста (по умолчанию – 14);
4. заголовки выделяют полужирным начертанием;
5. между заголовком и текстом оставляют две пустые строчки;
6. переносы, авторские сокращения, точки в конце заголовков не используются;
7. новые разделы и подразделы начинаются с чистого листа.

Каждый новый раздел основной части начинается с новой страницы. Это же правило относится и к другим структурным частям работы: введению, заключению, списку источников и литературы, приложениям.

Расстояние между заголовком и последующим текстом, а также расстояние между заголовком главы и параграфа должно быть равно одному межстрочному интервалу. Расстояние между последней строкой предыдущего параграфа и названием следующего параграфа – два межстрочных интервала. Точку в конце заголовка, расположенного в середине строки, не ставят. Подчеркивать заголовки и переносить слова в заголовке нельзя.

**Нумерация** страниц проставляется арабскими цифрами, в центре нижней части листа без точки, начиная с третьей страницы. На титульном листе и содержании номера страниц не ставятся. Необходимо соблюдать сквозную нумерацию во всей работе. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию.

**Иллюстрации.** Часть информации, содержащейся в курсовой работе, оформляется в виде иллюстраций (чертежи, схемы, графики, таблицы, фотоматериалы). Они могут располагаться в тексте или помещаться в приложении. Но в любом случае на каждую иллюстрацию в тексте должны быть ссылки. Иллюстрации, расположенные в тексте имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Причем, отдельно нумеруются рисунки, отдельно таблицы. Иллюстрации, расположенные в приложениях располагаются под

номерами приложений. Ссылки на них в тексте предполагают обращение к соответствующим приложениям

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Порядок защиты контрольной работы.

1.Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.

2.Ответы студента на вопросы преподавателя.

**Советы обучающемуся:**

- Вступление должно быть кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Вариант 1. Тема: Древняя Русь

План

1. Проблема этногенеза восточных славян.
2. Восточные славяне в древности: общинные традиции и порядки.
3. Языческая культура древних славян.

### Вариант 2. Тема: Киевская Русь.

План

1.Политическое устройство Киевской Руси.

2. Первые русские князья.

2.Социально-экономическое развитие.

3.Культура Древнерусского государства.

### Вариант 3. Тема: Крещение Руси.

План

1.Языческая реформа князя Владимира.
2.Принятие православного христианства.
3.Развитие культуры и искусства под влиянием новой религии.
4.Роль церкви в общественной и государственной жизни страны.

**Вариант 4. Тема: Объединение русских земель и образование Московского государства (XIV–XV вв.).**

План
1.Предпосылки и начало объединения русских земель вокруг Москвы.
2.Борьба Великого московского князя с удельными князьями.
3.Образование российского централизованного государства. Иван III. Василий III.

**Вариант 5. Тема: Иван Грозный. Попытки централизации государства.**

План
1.Реформы 1549–1560 гг.: причины, содержание, результаты.
2.Опричнина: истоки, содержание, последствия.
3.Место Ивана Грозного в российской истории.

**Вариант 6. Тема: Смутное время в России.**

План
1. Смутное время, его причины, сущность и проявления.
2. Проблемы исторического выбора в период Смуты, возможные альтернативы развития.
3. Национально-патриотический подъем в начале XVII века. Земское ополчение.
4. Возникновение новой династии: исторический выбор.

**Вариант 7. Тема: Церковная реформа середины XVII в.**

План
1. Церковная реформа патриарха Никона.
2. Раскол и возникновение старообрядчества.
3. Последствия церковной реформы для духовной жизни и культурного развития страны.

**Вариант 8. Тема: Реформы Петра I**

1. Предпосылки преобразований Петра I.
2. Петровские реформы: содержание и характеристика.
3. Методы проведения реформ, их результаты и цена

**Вариант 9. Тема: Внешняя политика российской империи во второй половине XVIII в.**

План
1. Русско-турецкие войны.
2. Разделы Польши.
3. Значение присоединения новых территорий.
4. Выдающиеся полководцы XVIII века.

**Вариант 10. Тема: Проблема эволюции и революции в истории России**

План
1. Реформы и реформаторы в России.
2. Попытки либеральных реформ при Александре I.
3. Декабристы.
4. Буржуазно-демократические реформы Александра II и их последствия.

5. Общественная мысль и движение народников.

**Вариант 11. Тема: Великие реформы Александра II.**

План

1.Предпосылки и подготовка реформ.

2.Содержание реформ 60-70-х гг.:

а) манифест и "Положения 19 февраля" 1861 г.;

б) земская и городская реформа;

в) судебная реформа;

г) военная реформа;

д) реформа в области просвещения.

**Вариант 12. Тема: Общественно-политические движения XIX века в России.**

План

1. Общественное движение начала XIX века. Декабристы.

2. Общественное движение середины XIX века. Славянофилы. Западники. Либеральное направление.

3. Развитие общественно-политических сил в середине XIX в. народничество.

3. Проникновение марксизма в Россию.

**Вариант 13. Тема: Россия в условиях первой мировой войны и общенационального кризиса.**

План:

1. Начало, причины, характер и масштабы первой мировой войны.

2. Цели вступления России в мировую войну. Отношение к войне классов и партий России.

3. Последствия войны для России.

**Вариант 14.Тема: От реформ к революциям.**

План

1. Российские реформы в контексте общемирового развития.

2. Революция 1905-1907 гг. и ее итоги.

3. Социальная трансформация общества.

4. Реформы П.А. Столыпина

5. Россия в условиях первой мировой войны и общенационального кризиса.

6. Революция 1917 года: от февраля к октябрю: результаты и последствия

**Вариант 15. Тема: Гражданская война в России.**

План

1.Причины и начало гражданской войны.

2.Характеристика основных противоборствующих сил:

а) «демократическая контрреволюция»;

б) антисоветские силы;

в) стратегия и тактика большевиков.

3. Завершение гражданской войны, ее итоги и уроки.

**Вариант 16. Тема: Образование СССР.**

План:

1. Образование самостоятельных Советских республик и отношения между ними (1918-1922 гг.).

2.Причины, предпосылки и процесс образования СССР. Дискуссия по вопросу о форме союзного государства.

3. I Всесоюзный съезд Советов.
4. Конституции СССР.

**Вариант 17. Тема: Поиски моделей советского общества.**

План

1. «Военный коммунизм» как модель советского общества.
2. Новая экономическая политика.
3. Формирование однопартийной системы.
4. Курс на строительство коммунизма в одной стране.
5. Формирование культа личности Сталина.

**Вариант 18. Тема: Политическая система советского общества.**

План

1.Формирование политической системы СССР в 20-30-е гг. Становление режима личной власти Сталина.

2.Политика репрессий. Политические процессы 30-х гг.

3.Попытки сопротивления сталинскому режиму и их последствия.

**Вариант 19. Тема: СССР в годы Второй мировой и Великой Отечественной войны. 1939–1945 гг.**

План

1. Причины и основные этапы второй мировой и Великой Отечественной войны.
2. Антигитлеровская коалиция: взаимодействие и противоречия.
3. Итоги и уроки мировой войн

**Вариант 20. Тема: Советское общество: либеральные реформы и консервативные тенденции. 1953–1985 гг.**

План

1. Смерть Сталина и борьба за власть. Начало десталинизации общества.
2. Реформы Н. С. Хрущева: планы, противоречия, итоги.
3. Политическое, социально-экономическое и духовно-нравственное развитие страны: конец 60-х-начало 80-х гг.

**Вариант 21. Тема: Основные тенденции государственно-политического и общественного развития СССР в 1985–1993 гг.**

План

1. Попытки совершенствования социализма. Перестройка: расчеты и просчеты.
2. Кризис власти. Августовские события 1991 г. и конец перестройки.
3. Формирование государственно-политической системы Российской Федерации. Становление гражданского общества.

**Вариант 22. Тема: Русская культура (X-XIII вв., XVIII в., «Золотого века», «Серебряного века», советского периода** (на выбор).

План

1. Основные направления и жанры.
2. Искусство и литература как отражение жизни общества.
3. Традиции и новаторство в культуре.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Знать:*

- основные факты, явления, процессы, понятия, теории, гипотезы, характеризующие целостность исторического процесса,

- современные версии и трактовки важнейших проблем отечественной и всемирной истории,

- взаимосвязь и особенности истории России и мира; всемирной, региональной, национальной и локальной истории,

- методы исторического анализа (теоретические основы в области источниковедения и историографии для объективной оценки достижений выдающихся деятелей отечественной и всеобщей истории),

- роль России в мировом сообществе;

*Уметь:*

- пользоваться источниками информации (проводить комплексный поиск исторической информации в источниках разного типа; критически анализировать источник исторической информации (характеризовать авторство источника, время, обстоятельства и цели его создания),

- анализировать историческую информацию, представленную в разных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд),

- устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, пространственные и временные рамки изучаемых исторических процессов и явлений,

- систематизировать разнообразную историческую информацию на основе своих представлений об общих закономерностях всемирно-исторического процесса,

- формировать собственный алгоритм решения историко-познавательных задач, включая формулирование проблемы и целей своей работы, определение адекватных историческому предмету способов и методов решения задачи, прогнозирование ожидаемого результата и сопоставление его с собственными историческими знаниями;

*Владеть:*

- методами сбора, обработки и анализа информации (могут использовать при поиске и систематизации исторической информации методы электронной обработки, отображения информации в различных знаковых системах (текст, карта, таблица, схема, аудиовизуальный ряд) и перевода информации из одной знаковой системы в другую),

- навыками исторического анализа при критическом восприятии получаемой извне социальной информации, собственной позицией по отношению к явлениям современной жизни, исходя из их исторической обусловленности,

- навыками участия в дискуссиях по историческим проблемам, могут формулировать собственную позицию по обсуждаемым вопросам, используя для аргументации исторические сведения,

- нормами взаимодействия и сотрудничества; толерантностью, социальной мобильностью, осознавать себя как представителей исторически сложившегося гражданского, этнокультурного, конфессионального сообщества граждан России.

**Критерии оценивания:**

- качество содержания текста;
- описание различных подходов, точек зрения;
- аргументированность своей точки зрения, логичность;
- грамотность;
- соответствие требованиями оформления.

**Правила оценивания:**

Каждый показатель оценивается в 2 балла

**Критерии оценки:**

6-10 баллов (50-100%) - оценка «зачтено»

0-5 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Контрольная работа,** как одна из форм, способствующих успешному контролю учебного процесса, **открывает для студента возможность** проявить умение выполнять самостоятельную работу по сбору и анализу материала, научиться делать грамотные выводы, развить умение работать со специальными литературными источниками, научиться критически подходить к их осмыслению и сравнению с уже имеющимися у него знаниями. Также студент, **создавая контрольную работу**, учится грамотно и прилежно оформлять собственный труд. Таким образом, студент, используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) добросовестное выполнение заданий;

2) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

3) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

4) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

5) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам.

Приложение

**Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра управления персоналом

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
«История России»

## ВАРИАНТ 1

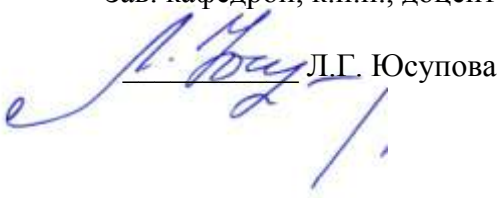
**Руководитель:**
Железникова А.В.
**Студент** гр. ТМО-21
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Зав. кафедрой, к.п.н., доцент



_____ Л.Г. Юсупова

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

*по дисциплине*

## Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Направление подготовки:

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрен на заседании кафедры
*Иностранных языков и деловой коммуникации*
*(название кафедры)*
Протокол № 1 от 28.09.2021 г.
*(Дата)*

Екатеринбург

**Содержание**

Цели и задачи дисциплины …….…….....3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..4
Содержание контрольной работы…….....4
Выполнение работы над ошибками……...…8
Критерии оценивания контрольной работы ……8
Образец титульного листа ……..…10

## Цель и задачи дисциплины

**Цель дисциплины**: повышение исходного уровня владения иностранным языком, достигнутого на предыдущей ступени образования, и достижение уровня иноязычной коммуникативной компетенции достаточного для общения в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах, а также для дальнейшего самообразования.

**Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:**

*универсальные:*

- способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) (УК-4).

*Для достижения указанной цели необходимо* (задачи курса):

- владение иностранным языком как средством коммуникации в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах;
- развитие когнитивных и исследовательских умений с использованием ресурсов на иностранном языке;
- развитие информационной культуры;
- расширение кругозора и повышение общей гуманитарной культуры студентов;
- воспитание толерантности и уважения к духовным ценностям разных стран и народов.

Методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности.

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации.* Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.О.03 Иностранный язык. А именно, в результате освоения дисциплины студент должен:

*Знать:*

- особенности фонетического строя иностранного языка;
- лексические единицы социально-бытовой и академической тематики, основы терминосистемы соответствующего направления подготовки;
- основные правила грамматической системы иностранного языка;
- особенности построения устных высказываний и письменных текстов разных стилей речи;
- правила речевого этикета в соответствии с ситуациями межличностного и межкультурного общения в социально-бытовой, академической и деловой сферах;
- основную страноведческую информацию о странах изучаемого языка;
- лексико-грамматические явления иностранного языка профессиональной сферы для решения задач профессиональной деятельности;

*Уметь:*

- вести диалог/полилог и строить монологическое высказывание в пределах изученных тем;
- понимать на слух иноязычные тексты монологического и диалогического характера с различной степенью понимания в зависимости от коммуникативной задачи;
- читать аутентичные тексты прагматического, публицистического, художественного и научного характера с целью получения значимой информации;
- передавать основное содержание прослушанного/прочитанного текста;
- записывать тезисы устного сообщения, писать эссе по изученной тематике, составлять аннотации текстов, вести личную и деловую переписку;
- использовать компенсаторные умения в процессе общения на иностранном языке;
- пользоваться иностранным языком в устной и письменной формах, как средством профессионального общения;

*Владеть:*

- основными приёмами организации самостоятельной работы с языковым материалом с использованием учебной и справочной литературы, электронных ресурсов;
- навыками выполнения проектных заданий на иностранном языке в соответствии с уровнем языковой подготовки;
- умением применять полученные знания иностранного языка в своей будущей профессиональной деятельности.

## Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные 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, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «Иностранный язык (английский)» представлено три варианта контрольной работы.

Номер варианта контрольной работы определяется для студентов в соответствии с начальными буквами их фамилий в алфавитном порядке. Например, студенты, у которых фамилии начинаются с букв А, выполняют контрольную работу № 1 и т.д. (см. таблицу №1).

Таблица №1

| ***начальная буква фамилии студента*** | ***№ варианта контрольной работы*** |
|---|---|
| А, Г, Ж, К, Н, Р, У, Ц, Щ | №1 |
| Б, Д, З, Л, О, С, Ф, Ч, Э, Я | №2 |
| В, Е, И, М, П, Т, Х, Ш, Ю | №3 |

## Содержание контрольной работы №1

Контрольная работа проводится по теме *1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья) и теме 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: 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 №2:

Таблица №2

| ***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 |

## *АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК*

### Вариант №1

***Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.***

***Пример:*** Michael _____ everyone he meets because he is very sociable and easygoing. He has five brothers and two sisters, so that probably helped him learn how to deal with people.

A. gets divorced; **B. gets along well with;** C. gets married;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Заполните пропуски местоимениями some, any, no или их производными.***

***Пример:*** A: Is ***anything*** the matter with Dawn? She looks upset.

B: She had an argument with her friend today.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неопределённые местоимения».*

***Задание 3. Заполните пропуски личными местоимениями (I, we, you, he, she, it, they, me, us, him, her, them).***

***Пример:*** My teacher is very nice. I like … . – I like **him**.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «личные и притяжательные местоимения».*

***Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках, обращая при этом внимание на использованные в предложениях маркеры.***

***Пример:*** Every morning George **eats** (to eat) cereals, and his wife only **drinks** (to drink) a cup of coffee.

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».*

***Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.***

***Пример:*** Paul was tired when he got home. – ***Was Paul tired when he got home? Yes, he was.***

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

**Контрольная работа**
**Вариант №2**

***Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.***

***Пример:*** A British university year is divided into three _____.

1) conferences; 2) sessions; **3) terms**; 4) periods;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Выберите правильную форму глагола.***

***Пример:*** A: I have a Physics exam tomorrow.

B: Oh dear. Physics **is/**are a very difficult subject.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя существительное, функции и спряжение глаголов to be и to have».*

***Задание 3. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Continuous, Past Continuous или Future Continuous.***

***Пример:*** I **shall be studying** (study) Japanese online from 5 till 6 tomorrow evening.

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».*

***Задание 4. Составьте вопросы к словам, выделенным жирным шрифтом.***

***Пример:*** **The Petersons** have bought a dog. – *Who has bought a dog?*

The Petersons have bought **a dog. –** *What have the Petersons bought?*

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

***Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.***

***Пример:*** A: You haven't seen my bag anywhere, haven't you/**have you**?

B: No. You didn't leave it in the car, **did you**/didn't you?

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

**Контрольная работа**
**Вариант № 3**

***Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.***

***Пример:*** The University accepts around 2000 new ____ every year.

**1) students;** 2) teachers; 3) pupils; 4) groups;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.*

***Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:***

as red as a beet (свекла), as slow as a turtle, as sweet as honey, as busy as a bee, as clumsy as a bear (неуклюжий), as black as coal, as cold as ice, as slippery as an eel (изворотливый как угорь), as free as a bird, as smooth as silk (гладкий)

***Пример:*** Your friend is so unemotional, he is **as cold as ice**.

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя прилагательное и наречие».*

***Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.***

***Пример:*** Это самая ценная картина в Русском музее. **This is the most valuable picture in Russian Museum.**

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «степени сравнения имени прилагательного и наречий».*

***Задание 4. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Perfect, Past Perfect или Future Perfect.***

***Пример:*** Sam **has lost** (lose) his keys. So he can't open the door.

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».*

***Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.***

***Пример:*** There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which *book is Sue's*?' 'The one on the table.'

b) 'Whose *book is on the table*?' 'Sue's.'

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».*

## *НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК*

***Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.***

***Пример:*** Mein Bruder ... Arzt geworden

A. hat; **B. ist**; C. wird;

*Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Пассивный залог».*

***Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.***

***Пример:*** **Was** machen Sie am Wochenende?

*Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные местоимения».*

***Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.***

***Пример:*** Wo wohnen d**eine** Eltern?

*Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные местоимения».*

***Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках.***

***Пример:*** **Kannst** du mir bitte die Marmelade geben? (können)

*Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».*

***Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.***

***Пример:*** Sie wohnen in Berlin.

**Ответ: Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?**

*Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные предложения».*

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Работа с оценкой «неудовлетворительно» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

**Выполнение работы над ошибками**

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

**Критерии оценивания контрольной работы**

***Оценка за контрольную работу*** определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Максимум 44 балла.

**Результат контрольной работы**

*Контрольная работа оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:*

35-44 балла (80-100%) - оценка «отлично»;

29-34 балла (65-79%) - оценка «хорошо»;

22-28 баллов (50-64%) - оценка «удовлетворительно»;

0-21 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

*Образец оформления титульного листа*

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

Кафедра иностранных языков и деловой коммуникации

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1**

**по дисциплине**
**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК**

Направление подготовки:
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа ТМО-22

Преподаватель: Петров Петр Петрович,
к.т.н, доцент

**Екатеринбург**
**2022**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров
13.10.2021 г.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

# Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

год набора: 2022

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры
Иностранных языков и деловой коммуникации
*(название кафедры)*
Зав.кафедрой _____
*(подпись)*
к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 28.09.2021 г.
*(Дата)*

Рассмотрена методической комиссией
горно-механического факультета
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Осипов П.А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 2 от 12.10.2021 г.
*(Дата)*

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)……..... 3
*1.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 3
*1.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 5
*1.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 6

ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование) ……..... 35
*2.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 35
*2.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 36
*2.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 38

ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир) ……..... 53
*3.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 53
*3.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 54
*3.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 58

ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность) ……..... 74
*4.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы* ……..... 74
*4.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции* ……..... 82
*4.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения* ……... 82

## *ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)*

***Тематика общения:***

1. Я и моя семья.
2. Дом, жилищные условия.
3. Мой рабочий день.
4. Досуг и развлечения.

***Проблематика общения:***

1. Взаимоотношения в семье, семейные традиции.
2. Устройство квартиры/загородного дома.
3. Рабочий день студента.
4. Досуг в будние и выходные дни, активный и пассивный отдых.

***1.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

**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
**однояйцевые близнецы** identical twins
**тройняшки** triplets
**бабушка и дедушка** grandparents
**бабушка** grandmother (grandma, granny, grandmamma)
**дедушка** grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
**внуки** grandchildren
**внучка** granddaughter
**внук** grandson
**прабабушка** great-grandmother
**прадедушка** great-grandfather
**прабабушка и прадедушка** great-grandparents
**правнуки** great-grandchildren
**тётя** aunt
**дядя** uncle
**крестный (отец)** godfather
**крестная (мать)** godmother
**отчим, приемный отец** stepfather
**мачеха, приемная мать** stepmother
**сводный брат** stepbrother
**сводная сестра** stepsister
**брат по одному из родителей** half-brother
**сестра по одному из родителей** half-sister

**приемный, усыновленный сын** adopted son
**приемная, удочеренная дочь** adopted daughter
**приемный ребенок** adopted child
**патронатная семья, приемная семья** foster family
**приемный отец** foster father
**приемная мать** foster mother
**приемные родители** foster parents
**приемный сын** foster son
**приемная дочь** foster daughter
**приемный ребенок** foster child
**неполная семья (с одним родителем)** single-parent family
**родня** the kin, the folks
**племянница** niece
**племянник** nephew
**двоюродный брат** cousin (male)
**двоюродная сестра** cousin (female)
**двоюродный брат (сестра), кузен (кузина)** first cousin
**троюродный брат (сестра)** second cousin
**четвероюродный брат (сестра)** third cousin
**родня со стороны мужа или жены** in-laws
**свекровь** 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)
**невестка, сноха** daughter-in-law
**зять** son-in-law
**шурин, свояк, зять, деверь** brother-in-law
**свояченица, золовка, невестка** sister-in-law
**семейное положение** marital status
**холостой, неженатый, незамужняя** 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

***1.2 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.

***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.

***My flat***

I live in Ekaterinburg in a sixteen-storied dwelling house in the center of the city.
Five years ago our old wooden house was pulled down & we moved here into three-room flat with all modern conveniences.

Now we have running water, gas, electricity, central heating & a refuse chute. We live on the top floor & from the balcony we have a good view of the park. Besides we needn't mount the staircase because there is a lift to take us up.

The entrance hall is rather small. There is a hallstand & a mirror-stand there.

The sitting-room is a spacious simply furnished room. The floor spacious is about 15 square meters. It is not overcrowded with furniture. Everything fits in well. Nothing is out of place here. Next to the window there is a sofa with a stand – lamp. The bookcase in the corner of the room is full of books. On the left there are two comfortable arm-chairs opposite the TV-set & leaf – table.

In the bedroom we have dark brown suite of furniture of the latest model & thick carpet. Near the wall there is a divan-bed. In the built-in-wardrobe we keep our clothes & bed linen.
The adjoining room is the children's room. The bright pattern of the curtains & of wall paper makes the room look gay. There is a writing desk with a desk lamp, a small sofa & a lot of toys there.

In the kitchen there is a fridge, a cupboard, a kitchen table & a gas-stove. Over the sink there is a plate-rack. All kitchen utensils are close at hand.

In the corridor there is a built-in-closet, where we keep our vacuum-cleaner, electric iron & other household objects.

In the bathroom there is a bath-tub & a shower, a towel-rack & a wash-basin with a shelf above it. There tooth-brushes, a cake of soap & some shaving articles on it. Near the bath-room there is a lavatory.

There is nothing special about our flat, no rich decorations but we are accustomed to it & cannot compare it to the old one.

***1.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях. Порядок слов в вопросительном предложении. Безличные предложения.
2. Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные).
3. Имя существительное. Артикли (определенный, неопределенный, нулевой).
4. Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have.* Оборот *there+be.*
5. Имя прилагательное и наречие. Степени сравнения. Сравнительные конструкции.
6. Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат).

**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<br>Мы | study<br>изучаем | | math<br>математику | | |
| He<br>Он | gives<br>дает | us<br>нам | lessons<br>уроки | | in this room.<br>в этой комнате |
| She<br>Она | reads<br>читает | | her notes<br>свои заметки | to Peter<br>Петру | every day.<br>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?

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Write questions and answers for the following statements, as in the example.***

1 Paul was tired when he got home.
*…Was Paul tired when he got home? Yes, he was…*
2 They live in London.
3 She can't play the piano.
4 The film starts at nine o'clock.
5 You had an English lesson last night.
6 She has got blue eyes.
7 We didn't want to go to the beach.
8 He should follow the doctor's advice.

***2. Write the short form of the following negative questions***

1 Can they not decide where to go on holiday?

*...Can't they decide where to go on holiday?...*

2 Did Claire not invite you to her party?

3 Do you not enjoy watching horror films?

4 Have you not finished your homework yet?

5 Can she not go to town on her own?

6 Does he not know where we live?

7 Has Sue not done the shopping for you?

8 Did he not give you any details?

***3. Fill in the gaps with the correct question word(s).***

A: Now for the general knowledge part of the quiz.

1) ...*What*... is the capital of Egypt?

B: Cairo.

A: That's correct. 2) … can you see the Mona Lisa?

B: In the Louvre, in Paris.

A: Well done, that's right. 3) … wrote 'Romeo and Juliet'?

B: Charles Dickens.

A: No, that's incorrect. It was Shakespeare. 4) … are the Olympic Games held?

B: Every four years.

A: Correct. 5) … did the Second World War begin?

B: I think it was in 1939.

A: Yes, you're right. And the final question in this round is: 6) … players are there in a hockey team?

B: Eleven.

A: Correct. Well, at the end of that round, Contestant 2 has the most points, so he goes through to the final round to play for our star prize.

***4. Fill in who, whose, what, which, where, when, how long, how often, what time, why, how much or how many.***

is your jacket?' 'It's the red one.'

1. '...*Which*... is your jacket?' 'It's the red one.'
2. '…is your birthday?' 'It's next week.'
3. '… is Mary?' 'She's in her bedroom.'
4. '… have you been waiting?' Only five minutes.'
5. '… do you go shopping?' Once a week.'
6. '… are you doing at the moment?' I'm watching TV.'
7. ' … are you writing to?' 'Uncle Tom.'
8. '…do you start work?' At nine o'clock in the morning.'
9. '… pieces of toast do you want?' Two, please.'
10. '… isn't she at work today?' Because she's ill.'
11. '… did you spend last month?' About £500.'
12. ' … party are you going tonight?' 'Alison's'

***5. Fill in the gaps with what, which or how.***

1 A: ...*What*... do you want to do when you leave school?
B: I'm not really sure. I'd like to be a vet.

2 A: … bag do you prefer - the black one or the brown one?
B: I like the black one best.

3 A: … old are you?
B: It was my birthday last week. Now I'm fifteen.

4 A: … did you get my telephone number?
B: I looked in the staff address book.

5 A: … shall we do on Saturday?
B: Let's just stay at home and watch a video.

6 A: … house did you prefer — the one we saw first or second?
B: I didn't like either. We'll have to keep looking.
7 A: … many pairs of shoes did you buy last year?
B: Only two. One in the summer and one in the winter.
8 A: … is your favourite food?
B: Roast chicken.

***6. Write questions to which the words in bold are the answers.***

1 **The tiger** is the largest member of the cat family.
*…Which is the largest member of the cat family?...*
2 A mature male tiger weighs **between 160 and 230 kg**.
3 Tigers are usually **orange with black stripes**.
4 Tigers live **in Russia, China, India and South-East Asia.**
5 **The Javan tiger, the Bali tiger and the Caspian tiger** are extinct.
6 Tigers eat **a variety of smaller animals, including deer.**
7 Tigers can produce young **at any time of year.**
8 Tigers usually have **two or three** cubs at a time.
9 Tigers live **for an average of eleven years.**
10 Tigers are hunted **for sport or for their fur**.

***7. Write questions to which the words in bold are the answers.***

Claudette is **32 years old**. She lives **in Paris, France**, and has lived there **since she was 5 years old.** Claudette works as **a lawyer** for a successful law firm, and she travels to work **by car** every day. Claudette is married. Her husband's name is **Jean**. They have **two** dogs. She loves **to take the dogs for long walks** every evening **after work.** Claudette has several hobbies, such as **reading and playing the piano**, but her **favourite hobby is cooking**. Jean thinks this is good, too, **because he gets to eat the wonderful meals she makes.**

***8. Write questions to which the words in bold are the answers.***

1 **The Petersons** have bought a dog.
*…Who has bought a dog?...*
2 The Petersons have bought **a dog.**
*…What have the Petersons bought?...*
3 Rachel is writing **a letter**.
4 **Rachel** is writing a letter.
5 **Brian** likes this car.
6 Brian likes **this car**.
7 Dad broke **the window**.
8 **Dad** broke the window.
9 **Mother** will make a birthday cake.
10 Mother will make **a birthday cake**.
11 **Robin** is going to bake some biscuits.
12 Robin is going to bake **some biscuits**.

***9. Write questions to which the words in bold are the answers.***

1 Wendy doesn't agree with **her friend's decision**.
*…What doesn't Wendy agree with?...*
2 James is listening to **some old records**.
3 Sharon is waiting for **the bus**.
4 The boys were talking about **football**.
5 She has got a letter from **her pen-friend**.
6 Martin is thinking about **his holiday**.
7 This jacket belongs to **Stacey.**
8 Pauline was married to **Nigel.**

***10. Complete the questions.***

1 There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which …*book is Sue's*...?' 'The one on the table.'
b) 'Whose …*book is on the table*…?' 'Sue's.'
2 Steven wrote four letters.
a) 'Who … ?' 'Steven.'
b) 'How many … ?' 'Four.'
3 Teresa is going to wash the car.
a) 'Who … ?' Teresa.'
b) 'What … ?' 'The car.'
4 Kate visited John in hospital yesterday.
a) 'Who … ?' 'Kate.'
b) 'Who … ?' 'John.'
5 David has taken Frank's new CD.
a) 'Whose …?' 'Frank's.'
b) 'Who …?' 'David.'
6 Alice is going to the cinema tonight.
a) 'Who …?' 'Alice.'
b) 'Where …?'The cinema.'

**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<br>**a man –** мужчина<br>**brother –** брат<br>**father –** отец<br>**Nick –** Николай<br>**Mr Grey –** мистер Грей | **a girl –** девочка<br>**a woman –** женщина<br>**sister – с**естра<br>**motherч–** мама<br>**Kate –** Катя<br>**Mrs Grey –** миссис Грей | **a cat –** кот<br>**a wall –** стена<br>**rain –** дождь<br>**love –** любовь<br>**a hand –** рука<br>**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<br>**he –** он<br>**she –** она<br>**it – оно,** это<br>**we –** мы<br>**you –** ты, вы<br>**they -** они | **my (toy) -** моя (игрушка)<br>**his (toy) -** его (игрушка)<br>**her (toy) -** ее (игрушка)<br>**its (toy) -** его (не о человеке)<br>**our (toy) -** наша (игрушка)<br>**your (toy) -** ваша, твоя (игрушка)<br>**their (toy) -** их (игрушка) | **his -** его<br>**hers -** ее<br>**its -** его (этого)<br>**ours -** наша<br>**yours -** ваша, твоя<br>**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*<br>**many boys -** *много мальчиков*<br>**many books -** *много книжек* | **much snow -** *много снега*<br>**much money -** *много денег*<br>**much time -** *много времени* |
| **How many?** } **сколько?**<br>**How much?** } **сколько?** | **How many girls? -** *Сколько девочек?*<br>**How much sugar? -** *Сколько сахара?*<br>**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<br>**a lot of**<br>sugar - много сахара |
| **Сравните**: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.*<br>He writes **a lot.** *Он много пишет.* | |
| В утвердительных предложениях используйте **a lot of.**<br>В отрицательных и в вопросительных **many/much,**<br>**Сравните:**<br>(+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*.<br>(-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?*<br>Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":**<br>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<br>**few girls -** мало девочек<br>**few boys -** мало мальчиков | **little time -** мало времени<br>**little money -** мало денег<br>**little snow -** мало снега |
| **little** } **мало (т.е. надо еще)** | **a little** } **немного (т.е. пока хватает)** |

| few | a few |
|---|---|

### *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)**<br>**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)**<br>**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**<br>**The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.* |
| **whose** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.* |
| **that** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**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-определение (ни тот, ни другой) | **Neither of examples is correct.** | Ни один из примеров не верен. |
| | 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** |

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***. Fill in the gaps with the correct subject or object pronoun.***

1 A: Do your brothers play football?
B: Yes, ...*they*... play … all the time … think …'s a brilliant game.
2 A: Does Susan eat chocolate?
B: Yes … eats … all the time … says …'s her favourite food.
3 A: Do your parents know Mr. Jones?
B: Yes, … know … very well … lives next door to … .
4 A: Does Claire like David?
B: No, … doesn't like … very much. … says …'s too noisy.
5 A: Do you listen to rock music?
B: Yes, … listen to … all the time. … think …'s fantastic.
6 A: Does Tony enjoy fishing?
B: Oh, yes … enjoys … very much. .... says … relaxes him.

***2. Fill in the gaps with there or it.***

1 By the time I got home, ...*it*… was nearly ten o'clock.
2 'Is … your birthday today?" No, … was last week.'
3 Come here, Simon … is someone here to see you. I think … is your friend, Rod.
4 … wasn't warm enough to go to the beach, so we went to the cinema.
5 … wasn't very much money left after I had paid for the shopping.

***3. Fill in the gaps with one or it.***

1 A: I need a loaf of bread.
B: I'll buy ...*one*... this afternoon.
2 A: Is the phone ringing?
B: I can't hear … .
3 A: 'Titanic' is an amazing film.
B: I know. I've seen … twice.
4 A: When was the last time you read a book?
B: I haven't read … for months.

5 A: Have you got a car?
B: No. I can't afford … .
6 A: Do you like the new Rolling Stones CD?
B: I haven't heard … yet.
7 A: I need a dress for the party.
B: I'll lend you … .

***4. Fill in the correct possessive adjective or pronoun.***

1 A: Have you met ...*your*... new neighbours yet?
B: No. I've seen … children in the garden, though.
2 A: You took … coat home last night.
B: I know, I'm sorry. I thought it was … because they're both black.
3 A: What's wrong with Rosie?
B: Oh, she's been having problems with … back recently.
4 A: James is doing well at school.
B: I know … teacher says he's very advanced for his age.
5 A: Is this bag … ?
B: Oh, yes, thank you. I nearly forgot it.
6 A: Julie and Frank are so lucky … house is beautiful.
B: Yes, and it's so much bigger than … I envy them.
7 A: I like … shirt. It's like Sandra's.
B: Actually, it is … I borrowed it from her yesterday.
8 A: Why did you lend Tom … car?
B: Because … is being repaired at the moment.

***5. Fill in its or it's.***

1 The car is nice to drive, but I don't like ...its... colour.
2 This town is wonderful … got lots of shops!
3 I'm staying at home today because … cold outside.
4 Let's go in here … my favourite restaurant.
5 A bird has built … nest in our garden.
6 The company I work for has changed … name.

***6. Fill in a possessive adjective or the.***

1 A dog bit him on ...*the*... leg.
2 I banged … head on the cupboard door.
3 Karen put … arm around Jane's shoulder.
4 Don't put … feet on the tablel
5 You shouldn't have punched Tom in … stomach.
6 Paul patted Lisa on … shoulder.

***7. Fill in the gaps with of where necessary, and my, your, etc. own.***

1 John doesn't live with his parents any more. He's got a flat ...*of his own*...
2 She doesn't travel by bus any more because she's got … car.
3 I don't need to borrow your umbrella. I've got one … .
4 Haven't you got … pen? You're always borrowing mine.
5 My job includes doing research in … time.
6 Sam is tired of using his friend's computer, so he is going to buy one… .
7 The couple moved into … house after they got married.
8 Don't let the dog sleep on your bed. It's got a bed … .

***8. Connect the nouns using -'s, -' or ...of…***

1 car/Helen ...*Helen's car*…
2 the manager/the restaurant
3 shoes/women
4 the results/the test
5 bicycles/my daughters

6 secretary/the assistant manager
7 the corner/the room
8 house/their parents
9 the back/the classroom
10 shoes/William
11 walk/an hour
12 partner/Jim
13 Rome/the streets
14 UN/headquarters

***9. Rewrite the sentences using the correct possessive form.***

1 Nobody went to **the meeting last week**.

*...Nobody went to last week's meeting....*

2 The **drive** to the airport takes **two hours**.
3 They will get their exam results **six weeks from now**.
4 I look after **James - Karen — children**.
5 I received the letter in **the post - yesterday**.
6 It's autumn. **The tree - the leaves** are falling off.
7 Graham never listens to **his doctor - the advice.**
8 Are you going to **Jane - Paula - the party**?
9 He has never done a hard **day of work** in his life.
10 At the moment I'm staying with **a friend - my**.
11 I think I'll order **the special of today**.
12 The man knocked on **the house - the door**.
13 The ticket inspector looked at **the people – the tickets.**
14 **Mrs Jones - Miss Smith - cars** are being serviced.
15 **The sales target this month** is two million pounds.

***10. Fill in the gaps with the correct reflexive pronoun.***

1 The girl has hurt … *herself...* .
2 He put the fire out by …
3 She is looking at … in the mirror.
4 They are serving …
5 He cooked the food by …
6 They bought this house for …
7 They are enjoying …
8 He introduced …

## The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

| Способ образования | Примеры | Перевод |
|---|---|---|
| **после глухих согласных** | **a book - books**<br>**a cup - cups** | **книга - книги**<br>**чашка - чашки** |
| **после звонких согласных и гласных -** | a name - names<br>a girl - girls | **имя - имена**<br>**девочка - девочки** |
| после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es | a palace - palaces<br>a bush - bushes<br>a box - boxes<br>a church - churches | дворец - дворцы<br>куст - кусты<br>коробка - коробки церковь - церкви |
| слово заканчивается на -y: 1) гласная +y | **a toy - toys**<br>**a boy - boys** | игрушка - игрушки мальчик - мальчики |

| | | |
|---|---|---|
| **2)** согласная + y | **a family - families**<br>**a story - stories** | **семья - семьи**<br>**история - истории** |
| слово заканчивается на *-file* | **a leaf - leaves**<br>**a shelf - shelves** | лист - листья<br>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?**<br>**Какое ты хочешь яблоко?**<br>**The red one. Красное.** | **What apples do you want?**<br>**Какие яблоки ты хочешь?**<br>**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**<br>**child’s ball** | домик птички<br>мячик ребенка |
| существительные во множественном числе (группа исключений} | **’s** | **children’s bail**<br>**women’s rights** | мячик детей<br>права женщин |
| существительное во множественном числе | **’** | **girls’ toy**<br>**birds’ house** | игрушка девочек<br>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,

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Fill in the gaps with an appropriate noun + of to indicate quantity.***

1 a ... carton/glass/jug of ... orange juice
2 a … cheese
3 a … bread
4 a … coffee
5 a … water
6 a … wine
7 a … chocolate
8 a … crisps
9 a … honey
10 a … meat
11 a … spaghetti
12 a … flour

***2. Fill the gaps with a, an, or some where necessary.***

1 a) We had ...some... delicious food last night,
b) We had ...a... delicious meal last night.
2 a) There is … beautiful furniture in that shop,
b) There is … beautiful table in that shop.
3 a) I'm thirsty. I need … drink.
b) I'm thirsty. I need … water.
4 a) She's just bought … expensive clothes.
b) She's just bought … expensive dress.
5 a) They booked … room in advance.
b) They booked … accommodation in advance
6 a) The band played … lovely song.
b) The band played … lovely music.
7 a) We had … heatwave last week.
b) We had … hot weather last week.
8 a) I can't do this job alone. I need … assistant
b) I can't do this job alone. I need … help.
9 a) He has got … heavy luggage to carry.
b) He has got … heavy suitcase to carry.
10 a) I need … cutlery to eat this food with.
b) I need … knife and fork to eat this food with.
11 a) She has got … important job to do.
b) She has got … important work to do.
12 a) He found … coin on the ground.
b) He found … money on the ground.

***3. Complete the sentences using the noun in brackets in the singular or plural form and a/an where necessary.***

1. He gave me a box' of my favourite ...chocolates.... (chocolate)
2. His favourite food is … . (chocolate)
3. She bought … on her way to work. (paper)
4. He placed all the important … in his briefcase. (paper)
5. I need some … to write this message on. (paper)
6. Hurry up! We don't have much …. (time)
7. She has visited us several … this month. (time)
8. He has no … but he is keen to learn. (experience)
9. She had a lot of exciting … during her travels. (experience)
10. We went far a walk in the … after lunch. (wood)
11. His desk is made of ……. . (wood)
12. Jane is in her… reading a book. (room)
13. We have got plenty of … for a party in here. (room)
14. I am going to have my … cut tomorrow. (hair)
15. There was …in my soup. (hair)
16. I'm thirsty. I need … of water. (glass)
17. Susan only wears her … when she reads. (glass)
18. This ornament is made of coloured …. . (glass)
19. Helen bought … in the sale at the electrical store. (iron)
20. The old gate was made of … .(iron)

***4. Cross out the expressions which cannot be used with the nouns, as in the example.***

1 There are **several, many, <u>much,</u> plenty of, <u>too little</u>** things you can do to help.
2 He has met **a couple of, a few, very little, plenty of, too much** interesting people.
3 She earns **few, hardly any, plenty of, several, a great deal** of money.
4 We have got **no, many, lots of, a great deal of, a few** work to do.
5 Don't worry, there's **a little, plenty of, a couple of, many, a lot of** time.
6 **Both, Several, A large quantity of, Plenty of, Too much** students applied for the course.
7 He's got **no, hardly any, a little, some, a small amount of** qualifications.
8 She's got **hardly any, several, a little, a few, a lot of** experience in dealing with customers.
9 There is **too much, a lot of, hardly any, few, several** salt in this soup.
10 There is **a little, many, too much, a great number of, some** traffic on the roads today.

***5. Underline the correct word.***

1 A: I have a Physics exam tomorrow.
B: Oh dear. Physics **<u>is</u>/are** a very difficult subject.
2 A: My office is three miles from my house.
B: Three miles **is/are** a long way to walk to work.
3 A: My little brother has got measles.
B: Oh dear. Measles **is/are** quite a serious illness.
4 A: Jane looked nice today, didn't she?
B: Yes. Her clothes **were/was** very smart.
5 A: I've got two pounds. I'm going to buy a CD.
B: Two pounds **is/are** not enough to buy a CD.
6 A: The classroom was empty when I walked past.
B: Yes. The class **was/were** all on a school outing.
7 A: Have you just cleaned the stairs?
B: Yes, so be careful. They **is/are** very slippery.
8 A: Did you ask John to fix your car?
B: Yes. His advice **was/were** that I take it to a garage.

9 A: Did you enjoy your holiday?
B: Yes, thank you. The weather **was/were** wonderful.
10 A: These trousers **is/are** very old.
B: You should buy a new pair.
11 A: How **is/are** the company doing lately?
B: Great. We opened up two more branches.
12 A:' I am going to travel for two years when I finish school.
B: Two years **is/are** a long time to be away from home.

***6. Finish the sentences, as in the example.***

1 You need a lot of experience to do this job. A lot of experience ...is needed to do this job...
2 They gave us some interesting information. The information …
3 She likes Maths more than any other subject. Maths …
4 We had mild weather this winter. The weather …
5 We called the police immediately. The police …
6 I told them some exciting news. The news …
7 He was irritated because of the bad traffic. He was irritated because the …
8 I stayed in very luxurious accommodation. The accommodation …
9 The driver took the luggage out of the car. The luggage …
10 She gave me very sensible advice. The advice she gave me …
11 These shorts are too big for me. This pair of shorts …
12 The hotel is in magnificent surroundings. The hotel surroundings …
13 She's got long blonde hair. Her hair …

## 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!<br>What a surprise! |

| | |
|---|---|
| | Such a fine room! |
| вместо слова один | She is coming for a weak. |
| в определенных конструкциях<br>there is a...<br>I have a…<br>he has a...<br>I see a...<br>this is a...<br>that is a…<br>It is a...<br>Iama…<br>he/she is a… | There is a book here.<br>I have got a nice coat.<br>He has a kind smile.<br>I see a wolf.<br>This is a dog.<br>That is a doctor.<br>It is a red pen.<br>I am a good swimmer.<br>He/she is a tourist |
| в ряде устойчивых словосочетаний<br>at a quarter..,<br>in a loud, (a low, an angry voice)<br>to have a good time<br>a lot of<br>to go for a walk<br>such a...<br>after a while<br>in a day (a month, a week, a year) | Come at a quarter to 8.<br>Don't speak to him in an angry voice.<br>We had a good time in the country.<br>She has got a lot of presents.<br>Let's go for a walk.<br>He is such a clever boy.<br>You'll see them after a while.<br>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<br>the main road<br>to the left, to the right<br>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<br>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<br>in the morning, In the evening, in the afternoon<br>what’s the use?<br>to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market | The table is in the middle of the room.<br>I never drink coffee in the evening.<br>What's the use of going there so late?<br>Do you like going to the theatre?<br>He works at the shop. |

| | |
|---|---|
| at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market<br>the fact is (was) that...<br>where is the…?<br>in the country, to the country | The fact is that I have no money at all.<br>Where is the doctor?<br>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<br>a dog - his dog<br>the teacher - our teacher<br>the apple - her apple |
| если перед существительным стоит указательное местоимение | the cats - those cats<br>the books - these books<br>a mouse - this mouse |
| если стоит другое существительное в притяжательном падеже | a car - father's car<br>the horse - farmer's horse<br>a bike - brother's bike<br>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.<br>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.<br>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 | what animals can swim? I know what thing you have lost! |

| | |
|---|---|
| местоимение | |

## 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 | We're | We are not | We aren't | Are you? |
| You are | You're | You are not | You aren't | Are they? |
| They are | They're | They are not | They aren't | |

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 форма | Полная форма | Краткая форма | Have I (got)? |
| I have (got) | I've (got) | I have not (got) | I haven't (got) | Have you (got)? |
| You have (got) | You've (got) | You have not (got) | You haven't (got) | Has he (got)? |
| He has (got) | He's (got) | He has not (got) | He hasn't (got) | Has she (got)? |
| She has (got) | She's (got) | She has not (got) | She hasn't (got) | Has it (got)? |
| It has (got) | It's (got) | It has not (got) | It hasn't (got) | Have we (got)? |
| We have (got) | We've (got) | We have not (got) | We haven't (got) | Have you (got)? |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| You have (got)<br>They have (got) | You've (got)<br>They've (got) | You have not (got)<br>They have not (got) | You haven't (got)<br>They haven't (got) | Have they (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**<br>doubt**ful** | **полезный**<br>**сомневающийся** |
| **- less** | help**less**<br>use**less** | **беспомощный**<br>**бесполезный** |
| **- ous** | fam**ous**<br>danger**ous** | **известный**<br>**опасный** |
| **- al** | form**al**<br>centr**al** | **формальный**<br>**центральный** |
| **- able** | eat**able**<br>cap**able** | **съедобный**<br>**способный** |

**Приставочный способ образования имен прилагательных**

| Приставка | Пример | Перевод |
|---|---|---|
| **un -** | **un**cooked<br>**un**imaginable | **невареный**<br>**невообразимый** |
| **in -** | **in**capable<br>**in**human | **неспособный**<br>**негуманный** |
| **il -** | **il**legal<br>**il**liberal | **нелегальный**<br>**необразованный** |
| **im -** | **im**possible<br>**im**practical | **невозможный**<br>**непрактичный** |
| **dis -** | **dis**honest<br>**dis**agreeble | **бесчестный**<br>**неприятный** |
| **ir -** | **ir**regular<br>**ir**responsible | **неправильный**<br>**безответственный** |
| Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый,<br>**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<br>**easy -** простой<br>**able -** способный<br>**busy -** занятой | clever**er - умнее**<br>eas**ier - проще**<br>abl**er - способнее**<br>bus**ier - более занятой** | **the** clever**est - самый умный**<br>**the** easi**est - самый простой**<br>**the** abl**est - самый способный**<br>**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 – larg**er - **the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – brav**er **– 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**gest /** большой – больше – самый большой

**hot –** hot**ter –** hot**test /** 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 – bus**iest / **занятой – более занятой – самый занятой**

**easy –** eas**ier –** eas**iest / 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**<br>**interesting – интересный**<br>**important - важный** | **more beautiful -** красивее<br>**more interesting -** интереснее<br>**more important -** важнее | **the most beautiful -** самый красивый<br>**the most interesting -** самый интересный<br>**the most important -** самый важный |

**Особые формы**

| **Положительная степень** | **Сравнительная степень** | **Превосходная степень** |
|---|---|---|
| **good -** хороший<br>**bad -** плохой<br>**little -** маленький<br>**much/many -** много<br>**far -** далекий/далеко<br>**old -** старый | **better -** лучше<br>**worse -** хуже<br>**less -** меньше<br>**more -** больше<br>**farther/further -** дальше<br>**older/elder -** старше | **the best -** самый лучший<br>**the worst -** самый плохой<br>**the least -** самый маленький, меньше всего<br>**the most -** больше всего<br>**the farthest/furthest -** самый дальний<br>**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<br>**interesting -** интересный | **less beautiful -** менее красивый | **the least beautiful –** самый некрасивый |

| | | |
|---|---|---|
| **important -** важный | **less interesting –** менее интересный<br>**less important -** менее важный | **the least interesting –** самый неинтересный<br>**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<br>Он такой же сильный, как лев.<br>She is **as** clever **as** an owl**.**<br>Она такая же умная, как сова. |
| **Not so…as (не такой, как)** | **в отрицательных предложениях** | He is **not so** strong **as** a lion.<br>Он не такой сильный, как лев**.**<br>She is **not so** clever **as** an owl.<br>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.<br>**The more** I learn this rule **the less** I understand it.<br>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]

***ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)***

***Тематика общения:***

1. Высшее образование в России и за рубежом.
2. Мой вуз.
3. Студенческая жизнь.

***Проблематика общения:***

1. Уровни высшего образования.
2. Уральский государственный горный университет.
3. Учебная и научная работа студентов.
4. Культурная и спортивная жизнь студентов.

***2.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:***

**The Ural State Mining University**

| | |
|---|---|
| **Mining University** – Горный университет;<br>**higher educational institution** - высшее учебное заведение;<br>**to provide** - зд. Предоставлять;<br>**full-time education** - очное образование;<br>**extramural education** - заочное образование;<br>**to award** – награждать;<br>**post-graduate courses** – аспирантура; | **scientific research centre** - центр научных исследований;<br>**master of science** - кандидат наук;<br>**capable** – способный;<br>**to take part in** - принимать участие;<br>**graduate** – выпускник;<br>**to dedicate** – посвящать;<br>**to carry out scientific work** - выполнять научную работу; |

| | |
|---|---|
| **Faculty of Mining Technology** - горно – технологический;<br>**Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический;<br>**Institute of World Economics** – Институт мировой экономики;<br>**Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический;<br>**Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты;<br>**Faculty of City Economy** – городского хозяйства; | **Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики;<br>**Faculty of extramural education** – заочный;<br>**department** – кафедра;<br>**dean** – декан;<br>**to train specialists in** - готовить специалистов;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**preparatory** – подготовительный;<br>**additional** – дополнительный;<br>**to offer** – предлагать; |

| | |
|---|---|
| **to house** - размещать /ся/;<br>**building** – здание;<br>**Rector's office** – ректорат;<br>**Dean's office** – деканат;<br>**department** – кафедра;<br>**library** – библиотека;<br>**reading hall** - читальный зал;<br>**assembly hall** - актовый зал;<br>**layout** - расположение, план;<br>**administrative offices** - административные отделы; | **computation centre** - вычислительный центр;<br>**canteen** – столовая;<br>**to have meals** – питаться;<br>**hostel** – общежитие;<br>**to go in for sports** - заниматься спортом;<br>**wrestling** – борьба;<br>**weight lifting** - тяжелая атлетика;<br>**skiing** - катание на лыжах;<br>**skating** - катание на коньках;<br>**chess** – шахматы; |

| | |
|---|---|
| **academic work** - учебный процесс;<br>**academic year** - учебный год;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**bachelor's degree** - степень бакалавра; | **general geology** - общая геология;<br>**foreign language** - иностранный язык;<br>**to operate a computer** - работать на компьютере; |

| | |
|---|---|
| **course of studies** - курс обучения;<br>**to last** - длиться;<br>**term** - семестр;<br>**to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия;<br>**period** - пара, 2 – х часовое занятие;<br>**break** - перерыв;<br>**subject** - предмет;<br>**descriptive geometry** - начертательная геометрия; | **to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен;<br>**to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен;<br>**to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен;<br>**to fail in chemistry** - не сдать химию;<br>**holidays, vacations** - каникулы;<br>**to present graduation paper** - представлять дипломные работы;<br>**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, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

***2.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:***

This text is dedicated to the history of the Ural State Mining University formerly called the Sverdlovsk Mining Institute. It was founded in 1917. It is the oldest higher technical educational institution in the Urals. In 1920 the Mining Institute became a faculty of the Ural State University and in 1925 of the Ural Polytechnical Institute. In 1930 this faculty was reorganized into the Mining Institute. The Institute was named after V.V. Vakhrushev the USSR Coal Industry Minister in 1947. It was awarded the Order of the Red Banner of Labour in 1967.

In 1993 the Sverdlovsk Mining Institute was reorganized into The Ural State Academy of Wining and Geology. In 2004 The Ural State Academy of Mining and Geology was reorganized into The Ural State Mining University. The University provides full-time and extramural education in many specialities. There are post graduate courses at the University as well.

The University is an important scientific research center. Many doctors and masters of Science teach and carry out scientific work at the University. Capable students take part in research projects. The graduates of the University work all over the country.

There are six faculties at the Ural State Mining University: Faculty of Mining Technology; Faculty of Mining Mechanics; Faculty of Geology & Geophysics; Faculty of Civil Protection; Faculty of City Economy; Faculty of Extramural Education; and The Institute of World Economics.

Besides there is a Preparatory faculty where young people get special training before taking entrance exams. The Faculty of Additional Education offers an opportunity to get the second higher education.

Each faculty trains mining engineers in different specialities.

There are many specialities at the Faculty of Extramural Education where students have to combine work with studies. Very often the Ural State Mining University organizes training specialists in new modern specialities.

Faculties consist of Departments. Each faculty is headed by the Dean. The head of the Academy is the Rector.

The University is housed in four buildings. Building, One houses - the Rector's office, the Deans' offices, number of administrative offices, Faculty of City Economy, the Faculty or Mining Mechanics with its numerous departments and laboratories (labs).

Building Two houses the Faculty of Mining Technology, Faculty of Civil Protection, the Deans' offices, many departments, labs and the computation centre.

Building Three houses the Faculty of Geology & of Geophysics, the Faculty of Extramural Education, the Dean's offices, many departments and labs. The Ural Geological Museum, the Museum of the History of the Ural State Mining University and some administrative offices are also housed in this building.

Building Four houses The Institute of World Economics, the Dean's office, departments and labs, the library, reading halls, the Assembly hail, the students cultural centre and a large canteen where students can have their meals.

The library and the reading halls provide students with all kinds of reading: textbooks, reference books / справочники/ dictionaries, magazines and fiction/ художественная литература/.

Besides not far from the University there are four five-storied buildings of the student hostel, where most students live. Near the hostels there is a House of Sports. There students can go in for- different kinds of sports: chess, badminton, table tennis, boxing, wrestling, weight lifting, basketball, volleyball, handball.

The Ural State Mining University offers students three different programs of higher education such as: Bachelors, Diplomate Engineers and Magisters.

The course of studies for a bachelor's degree lasts four years. The academic year begins in September and ends in June. It consists of two terms - September to January and February to June. Students attend lectures and practical classes. As a rule, there are three or four periods of lectures and Classes a day with 20 minutes break between them.

During their first two years students take the following subjects: higher mathematics, physics, chemistry, theoretical air-mechanics, descriptive geometry, general geology, mineralogy, geodesy, history, a foreign language (English, French or German). Besides all the students learn to operate a computer.

Students take their tests and exams at the end of each term. After exams students have their holidays or vacations. At the end of the academic year the students of the academy have practical work at mines, mineral dressing plants, geological & geophysical parties. At the end of the final year students present their graduation papers for approval. After getting the Bachelor's degree the graduates have a possibility to continue their education. They can enter a Diplomate Engineer's course or studies

which lasts one academic year or the graduates can take a two-year program of Magister's degree. After defending final papers these graduates can enter the post-graduate courses.

***2.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Образование видовременных форм глагола в активном залоге.

**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).

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Put the verbs in brackets into the present simple or the present continuous.***

1 A: *Do you know* (you/know) that man over there?
B: Actually, I do. He's Muriel's husband.

2 A: Are you doing anything tomorrow evening?
B: Yes. I … (see) Jack at nine o'clock.

3 A: I … (see) you're feeling better.
B: Yes, I am, thank you.

4 A: What's that noise?
B: The people next door … (have) a party.

5 A: Graham … (have) a new computer.
B: I know. I've already seen it.

6 A: This dress …. (not/fit) me any more.
B: Why don't you buy a new one?

7 A: Your perfume … (smell) nice. What is it?
B: It's a new perfume called Sunshine.

8 A: What is Jane doing?
B: She … (smell) the flowers in the garden.

9 A: What … (you/look) at?
B: Some photos I took during my holidays. They aren't very good, though.

10 A: You … (look) very pretty today.
B: Thank you. I've just had my hair cut.

11 A: I … (think) we're being followed.
B: Don't be silly! It's just your imagination.

12 A: Is anything wrong?
B: No. I … (just/think) about the party tonight.

13 A: This fabric … (feel) like silk.
B: It is silk, and it was very expensive.

14 A: What are you doing?

B: I … (feel) the radiator to see if it's getting warm.

15 A: She … (be) generous, isn't she?
B: Yes, she has never been a mean person.

16 A: He … (be) very quiet today, isn't he?
B: Yes, I think he has some problems.

17 A: Would you like some cherries?
B: Yes, please. I … (love) cherries. They're my favourite fruit.

18 A: I'm sorry, but I … (not understand) what you mean.
B: Shall I explain it again?

19 A: The children are making lots of noise today.
B: I know, but they … (have) fun.

20 A: This cake … (taste) awful.
B: I think I forgot to put the sugar in it!

***2. Fill in the gaps with recently, how long, yet, for, always, ever, already, since, so far or just. Sometimes more than one answer is possible.***

1 A: Has Tom finished his exams ...yet...?
B: No. He finishes them next Thursday.

2 A: … has Janet been working at the hospital?
B: She has been working there … she left school.

3 A: How are you finding your new job?
B: Great. I haven't had any problems … .

4 A: Is John at home, please?
B: No, I'm afraid he's … gone out.

5 A: Have you been waiting long?
B: Yes, I've been here … two hours.

6 A: Has Martin … been to Spain?
B: No. I don't think so.

7 A: Have you spoken to Matthew … ?
B: Yes. I phoned him last night.

8 A: Can you do the washing-up for me, please?
B: Don't worry. Mike has … done it.

9 A: Lucy has … been musical, hasn't she?
B: Yes, she started playing the piano when she was five years old.

10 A: Shall we go to that new restaurant tonight?
B: Yes. I have … been there. It's really nice.

11 A: Your dog's been barking … three hours!
B: I'm sorry. I'll take him inside.

12 A: Have you finished reading that bodk yet?
B: No. I've … started it.

***3. Put the verbs in brackets into the present perfect or continuous, using short forms where appropriate.***

1 A: How long ...*have you known*... (you/know) Alison?
B: We ... (be) friends since we were children.

2 A: Who … (use) the car?
B: I was. Is there a problem?

3 A: What are Andrew and David doing?
B: They … (work) in the garden for three hours.

4 A: Why is Sally upset?
B: She … (lose) her bag.

5 A: I … (always/believe) that exercise is good for you.

B: Of course, it's good to keep fit.

6 A: Emily … (teach) maths since she left university.
B: Yes, and she's a very good teacher, too.

7 A: Fred … (open) a new shop.
B: Really? Where is it?

8 A: This pie is delicious.
B: Is it? I … (not/taste) it yet.

9 A: Have you found your umbrella yet?
B: No, I … (look) for it for an hour now.

10 A: You look exhausted.
B: Well, I … (clean) the windows since 8 o'clock this morning.

11 A: Can I have some more lemonade, please?
B: Sorry, your brother … (just/drink) it all.

12 A: Have you got new neighbours?
B: Yes, they … (just/move) to the area.

***4. Put the verbs in brackets into the present perfect or the present perfect continuous.***

Dear Connie,

I hope you are enjoying yourself at university. I'm sure you 1)...*'ve been studying*... (study) hard. Everything is fine here at home. Billly 2) … (just/receive) his school report. It was bad, as usual. He 3) … (decide) to leave school next year and find a job. Fiona 4) … (go) to the gym every day for the past two weeks. She 5) … (try) to get in shape for the summer. She 6) … (already/plan) her holiday in the sun. Your father 7) … (sell) the old car and he 8) … (buy) a new one. It's lovely — much nicer than the old one.

Anyway, write soon.

Love, Mum

***5. Fill in the gaps with have/has been (to) or have/has gone (to).***

Jack: Hi, Jill. Where's Paul?

Jill: Oh, he 1) ...*has gone to*... London for a few days.

Jack: Really! I 2) … London recently. I came back yesterday. 3) … you … there?

Jill: No, I haven't. Paul 4) … twice before, though. Where's Sarah?

Jack: She 5) … Spain for two weeks with her parents. They 6) … there to visit some friends.

Jill: When is she coming back?

Jack: They'll all be back next weekend.

***6. Choose the correct answer.***

1 'What time does the train leave?'
'I think it ..*A*... at 2 o'clock.'
A leaves
B has been leaving
C has left

2 'Where are Tom and Pauline?'
They … e supermarket.'
A have just gone
B have been going
C go

3 What is Jill doing these days?'
She … for a job for six months.'
A is looking
B has been looking
C looks

4 Is Mandy watching TV?'
No. She … her homework right now.'
A is always doing
B is doing
C does

5 'Have you been for a walk?'
'Yes. I often … for walks in the evenings.'
A have gone
B am going
C go

6 'Have you seen any films lately?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have seen
B am seeing
C see

7 'What … ?'
'It's a piece of cherry pie. Mum made it yesterday.'
A are you eating
B do you eat
C have you eaten

8 'Are you going on holiday this summer?'
'Yes. I … enough money.'
A am saving
B have already saved
C save

9 'Is Todd reading the newspaper?'
'No. He … dinner at the moment.'
A has been making
B makes
C is making

10 'Have you bought any new CDs recently?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have bought
B have been buying
C am buying

11 'What time does the play start?'
'I think it … at 8 o'clock.'
A has been starting
B starts
C has started

12 'Where is Mark?'
'He … to the library to return some books.'
A has gone
B has been
C is going

13 'What … ?'
'It's a letter to my pen-friend. I'm telling her my news.'
A have'you written
B do you write
C are you writing

***7. Underline the correct tense.***

1. Liz and I are good friends. We **know/<u>have known</u>** each other for four years.
2. Sarah is very tired. She **has been working / is working** hard all day.
3. Where is John?' 'He's upstairs. He **does/is doing** his homework.'
4. I can't go to the party on Saturday. I **am leaving/ have been leaving** for Spain on Friday night.
5. Jane **has finished/is finishing** cleaning her room, and now she is going out with her friends.
6. I didn't recognise Tom. He **looks/is looking** so different in a suit.
7. I don't need to wash my car. Jim **washes/has washed** it for me already.
8. Ian **has been talking/is talking** to his boss for an hour now.
9. Claire's train **arrives/has arrived** at 3 o'clock. I must go and meet her at the station.
10. 'Would you like to borrow this book?' 'No, thanks. I **have read/have been reading** it before.'
11. 'Where **are you going/do you go**?' To the cinema. Would you like to come with me?'
12. Have you seen my bag? I **am searching/have been searching** for it all morning.
13. 'Is Colin here?' 'I don't know. I **haven't seen/ haven't been seeing** him all day.'
14. Sophie is very clever. She **is speaking/speaks** seven different languages.
15. We **are moving/have moved** house tomorrow. Everything is packed.

***8. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 Who …*has been using* … (use) my toothbrush?
2 'What … (you/do)?' 'I … (write) a letter.'
3 Samantha … (play) tennis with friends every weekend.
4 Tim and Matilda … (be) married since 1991.
5 Uncle Bill … (just/decorate) the bathroom.
6 Pauline and Tom … (sing) in the school choir twice a week.
7 Who … (you/speak) to?
8 Sarah is very happy. She … (win) a poetry competition.
9 He … (drink) two cups of coffee this morning.
10 My friend … (live) in America at the moment.
11 They … (usually/change) jobs every five years.
12 I … (normally/cut) my hair myself.
13 Linda … (study) in the library for three hours.
14 We … (play) in a concert next weekend.
15 Who … (read) my diary?
16 Tim … (leave) the house at 7 o'clock every morning.
17 … (your mother/work) in a bank?
18 … (you/drink) coffee with your breakfast every day?
19 We … (make) plans for our summer holidays right now.
20 They… (move) house in September.

***9. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 A: What ***...are you doing...*** (you/do)?
B: Nothing. I … (just/finish) my lunch.
2 A: Where … (you/be) all morning?
B: I … (clean) my house since 8 o'clock.
3 A: … (you/do) anything next weekend?
B: No, I … (not/make) any plans yet.
4 A: Jane looks great. … (she/lose) weight?
B: Yes, she … (exercise) a lot recently.
5 A: … (be/you) busy right now?
B: Yes, I … (just/start) typing this report.
6 A: Where is Peter?
B: He … (wash) the car at the moment.
7 A: Who … (be) your favourite actor?

B: I … (like) Sean Connery since I was a child.

8 A: … (you/do) your homework yet?

B: Almost; I … (do) it now.

***10. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

Dear Nick,

This is just a short note to tell you I 1) ...*'m arriving/arrive*... (arrive) at the airport at 5 pm on Saturday, 10th December. I 2) … (be) very busy recently, and that's why I 3) … (not/write) to you for a while. I 4) … (plan) this trip for months, so now I 5) … (look forward) to spending some time with you and your family. I 6) … (hope) you will be able to meet me at the airport. Please give my love to your wife and the children.

See you soon,
James

**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.

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous. Which was the longer action in each sentence?***

1. They ...*were cleaning*... (clean) the windows when it …*started*... (start) to rain.
*Cleaning the windows was the longer action.*
2. As he … (drive) to work, he … (remember) that his briefcase was still at home.
3. Melanie … (cook) dinner when her husband … (come) home.
4. I … (hear) a loud crash as I … (sit) in the garden.
5. She … (type) a letter when her boss … (arrive).
6. While the dog … (dig) in the garden, it … (find) a bone.
7. Mary … (ride) her bicycle when she … (notice) the tiny kitten.
8. While I … (do) my homework, the phone … (ring).

***2. A policeman is asking Mrs Hutchinson about a car accident she happened to see yesterday. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.***

P: What 1) ...*were you doing*... (you/do) when you 2) … (see) the accident, madam?
H: I … (walk) down the street.
P: What exactly 4) … (you/see)?
H: Well, the driver of the car 5)… (drive) down the road when suddenly the old man just 5) … (step) in front of him! It 6) … (be) terrible!
P: 8) … (the driver/speed)?
H: No, not really, but the old man 9) … (not/look) both ways before he ... (try) to cross the road.
P: 11) ... (anyone else/see) the accident?
H: Yes, the lady in the post office.
P: Thank you very much.

***3. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.***

**A** As soon as Margaret 1) ...*got*... (get) off the train, she 2) … (pull) her coat around her. Rain 3) … (fall) heavily and a cold wind 4) … (blow) across the platform. She 5) … (look) around, but no one 6)

… (wait) to meet her. She 7) … (turn) to leave when she 8) … (hear) footsteps. A man 9) … (walk) towards her. He 10) … (smile) at her, then he 11) … (say), 'You're finally here.'

**B** George 1) … (pick) up his bag then, 2) … (throw) it over his shoulder. It 3) … (get) dark and he 4) … (have) a long way to go. He wished that he had let someone know that he was coming. It 5) … (start) to rain, and he was feeling cold and tired from the long journey. Suddenly, he 6) … (hear) a noise, then he 7) … (see) two bright lights on the road ahead. A car 8) … (head) towards him. It slowed down and finally 9) … (stop) beside him. A man 10) … (sit) at the wheel. He 11) … (open) the door quickly and 12) … (say) 'Get in, George.'

**C** Andy 1) … (step) into the house and 2) … (close) the door behind him. Everything 3) … (be) quiet. His heart 4) … (beat) fast and his hands 5) … (shake) as he crept silently into the empty house, but he was trying not to panic. He soon 6) … (find) what he 7) … (look) for. He smiled with relief as he put on the clothes. The men who 8) … (follow) him would never recognise him now.

***4. Imagine that you were present when these things happened, then, in pairs, ask and answer questions, as in the example.***

SA: What were you doing when the burglar broke in?
SB: I was watching TV.
SA: What did you do?
SB: I called for help.

1 The burglar broke in.
2 The storm broke.
3 The lights went out.
4 The boat overturned.
5 The earthquake hit.
6 The building caught fire.

***5. Rewrite each person's comment using used to or didn't use to.***

1 Sally - 'I don't walk to work any more.'
*I used to walk to work.*
2 Gordon - 'I've got a dog now.'
3 Lisa - 'I don't eat junk food any more.'
4 Jane - 'I go to the gym every night now.'
5 Paul - 'I'm not shy any more.'
6 Edward - 'I live in a big house now.'
7 Helen - 'I haven't got long hair any more.'
8 Frank - 'I eat lots of vegetables now.'

***6. Choose the correct answer.***

1 'I find it hard to get up early.'
'You ...*3*... to getting up early once you start working.'
A are used
B will get used
C were used
2 'Do you often exercise now?'
'No, but I … to exercise a lot when I was at school.'
A used
B will get used
C am used
3 'Aren't you bothered by all that noise?'
'No, we … to noise. We live in the city centre.'
A were used
B will get used

C are used

4 'Does your sister travel a lot?'
'No, but she … to before she got married.'
A didn't use
B used
C wasn't used

5 'I don't like wearing a suit every day.'
'Don't worry, you … to it very soon.'
A are used
B will get used
C were used

6 'Sandra … to using a computer, but now she enjoys it.'
'It's a lot easier for her now.'
A isn't used
B will get used
C wasn't used

7 'Do you remember the things we … to do when we were kids?'
'Of course I do. How could I forget what fun we had!'
A used
B were used
C got used

8 'Do you like living in the city?'
'Well, I … to it yet, but it's okay.'
A am not used
B wasn't used
C am used

***7. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the correct form. Use each verb twice.***

wash, walk, play, work

1 I used to ...*work*... in a shop, but now I work in an office.
2 I can't concentrate. I'm not used to … in such a noisy office.
3 Tom lived in the country for years. He used to … miles every day.
4 I'm exhausted. I'm not used to … such long distances.
5 Mary used to … her clothes by hand, but now she uses a washing machine.
6 We haven't got a washing machine, so we're used to … our clothes by hand.
7 The children are bored with the bad weather. They're used to … outside.
8 When we were younger, we used to … cowboys and Indians.

***8. Put the verbs in brackets into the past simple or the present perfect.***

**1.** A: Do you know that man?
B: Oh yes. He's a very good friend of mine. I 1) ...*'ve known*... (know) him for about ten years.
A: I think I 2) … (meet) him at a business meeting last month.

**2**. A: Mum 1) … (lose) her purse.
B: Where 2) … (she/lose) it?
A: At the supermarket while she was shopping.

**3.** A: Who was on the telephone?
B: It 1) … (be) Jane.
A: Who is Jane?
B: Someone who 2) … (work) in my office for a few years. She's got a new job now, though.

**4.** A: Who is your favourite singer?
B: Freddie Mercury. He 1) … (have) a wonderful voice.
A: Yes, I agree. He 2) … (enjoy) performing live, too.

***9. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the past perfect continuous.***

read, scream, argue, try, eat, watch

1. Emily was angry. She ...*had been arguing*… with her parents for an hour.
2. Hannah felt sick. She … chocolates all afternoon.
3. Allan had a headache. His baby sister … for half an hour.
4. Emily was frightened. She … a horror film for half an hour.
5. Simon was confused. He … to win the game for hours.
6. John was very tired. He … all night.

***10. Put the verbs in brackets into the correct past tense.***

**A:** On Monday morning, Jo 1) ... *missed*... (miss) the bus and had to walk to school. When she 2) … (arrive), the bell 3) … (already/ring)', and lessons 4) … (start). The children 5) … (work) quietly when Jo 6) … (walk) into the'classroom.

**B:** When Jamie 1) … (get) to the party, a lot of people 2) … (dance) to pop music. Everyone 3) … (wear) jeans and T-shirts. Jamie 4) … (buy) a new suit for the party and he 5) … (wear) that. He 6) … (feel) quite silly because everyone 7) … (look) at him.

**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.

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Tanya Smirnoff is a famous astrologer. She's been invited on a TV show to give her astrological predictions for next year. Using the prompts below, make sentences, as in the example.***
*e.g. An eartyhquake will strike Asia.*

1 earthquake/strike/Asia
2 Tom Murray/win/elections
3 economy/not improve/significantly
4 number of road accidents/increase
5 America/establish/colony/on Mars
6 scientists/not discover/cure for common cold

***2. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the examples.***
SA: Are you going to pay the bill?
SB: Yes, that's what I'm going to do.
SA: Are you going to complain to the manager?
SB: No, that's not what I'm going to do.

1. pay the bill (√)
2. complain to the manager (X)
3. take the skirt back to the shop (√)
4. buy the jumper (√)
5. ask the bank manager for a loan (X)
6. order the food (√)
7. book the airline tickets (X)

***3. Fill in the gaps with the correct form of will or be going to and the verb in brackets.***

1 A: Why are you buying flour and eggs?
B: Because I ...*'m going to make*... (make) a cake.
2 A: I have decided what to buy Mum for her birthday.
B: Really. What … (you/buy) for her?
3 A: Did you ask Jackie to the party?
B: Oh no! I forgot! I … (ask) her tonight.
4 A: Could I speak to Jim, please?
B: Wait a minute. I … (get) him for you.
5 A: What are your plans for the weekend?

B: I … (spend) some time with my friends.

6 A: What are you doing on Friday night?
B: Oh, I … (probably/stay) at home with my family.

7 A: Have you tidied your room yet?
B: No, but I promise I … (do) it this afternoon.

8 A: Look at that boy!
B: Oh yes! He … (climb) the tree.

9 A: Jason is very clever for his age.
B: Yes. He says he … (become) a doctor when he grows up.

10 A: I'm too tired to cut the grass.
B: Don't worry! I (cut) it for you.

***4. Fill in the gaps with shall, will or the correct form of be going to.***

1 A: It's too hot in here.
B: You're right. I ...*will*... open a window.

2 A: … I put the baby to bed, now?
B: Yes, he looks a little tired.

3 A: Have you seen Lucy recently?
B: No, but I … meet her for lunch later today.

4 A: Have you done the shopping yet?
B: No, but I … probably do it tomorrow, after work.

5 A: … we ask Mr Perkins for help with the project?
B: That's a good idea. Let's ask him now.

***5. Replace the words in bold with will/won't or shall I/we, as in the example.***

1 I've asked Paul to talk to the landlord, but he **refuses to** do it.
*I've asked Paul to talk to the landlord, but he won't do it.*

2 **Do you want me** to make a reservation for you?

3 **Can** you call Barry for me, please?

4 **Why don't we** try this new dish?

5 Where **do you want me** to put these flowers?

***6. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.***

SA: *When will you do the gardening?*
SB: *I'll do it after I've done the shopping.*

1 do the gardening / do the shopping
2 post the letters / buy the stamps
3 iron the clothes / tidy the bedroom
4 water the plants / make the bed
5 do your homework / have my dinner
6 pay the bills / take the car to the garage

***7. Put the verbs in brackets into the present simple or the future simple***.

1 A: I'm going to the gym tonight.
B: Well, while you ...*are*... (be) there, I … (do) the shopping.

2 A: … (you/call) me when you … (get) home?
B: Yes, of course.

3 A: As soon as John … (come) in, tell him to come to my office.
B: Certainly, sir.

4 A: I'm exhausted.
B: Me too. I wonder if David … (come) to help tonight.

5 A: Are you going to visit Aunt Mabel this afternoon?

B: Yes, I ... (visit) her before I … (do) the shopping.

6 A: Is George going to eat dinner with us?
B: No, by the time he … (get) home it … (be) very late.

7 A: When … (you/pay) the rent?
B: When I … (get) my pay cheque.

8 A: What are your plans for the future?
B: I want to go to university after I … (finish) school.

9 A: If you … (pay) for dinner, I … (pay) for the theatre.
B: Okay, that's a good idea.

10 A: Can you give this message to Mike, please?
B: Well, I'll try, but I doubt if I … (see) him today.

***8. Put the verbs in brackets into the future simple, the present simple or the present continuous.***

1 A: I ...*am seeing*... (see) Roger at seven o'clock tonight.
B: Really? I thought he was out of town.

2 A: … (you/do) anything on Friday morning?
B: No, I'm free.

3 A: I … (go) to the cinema. There's a new film on. Do you want to come with me?
B: What time … (the film/start)?

4 A: Helen … (have) a party the day after tomorrow. … (you/go)?
B: As a matter of fact, I haven't been invited.

5 A: The new exhibition … (open) on April 3rd and … (finish) on May 31st.
B: I know. I … (go) on the first day.

6 A: Aunt Maggie … (come) to visit us tomorrow.
B: I know. What time … (she/arrive)?

7 A: Excuse me, what time … (the train/leave)?
B: At half past three, madam.

8 A: Michael Jackson … (give) a concert at the Olympic Stadium next week.
B: I know. I … (want) to get a ticket.

9 A: I'm really thirsty.
B: I … (get) you a glass of water.

10 A: Are you looking forward to your party?
B: Yes. I hope everyone … (enjoy) it.

11 A: How old is your sister?
B: She .. (be) twelve next month.

12 A: What are you doing tonight?
B: I … (probably/watch) TV after dinner.

***9. A) Cliff Turner has his own business and it is doing well. He has already decided to expand. Look at the prompts and say what he is going to do, as in the example.***

1. employ more staff

*He's going to employ more staff.*

2. advertise in newspapers and magazines
3. equip the office with computers
4. increase production
5. move to bigger premises
6. open an office abroad

***B) Cliff is always busy. Look at his schedule and say what his arrangements are for the next few days. Make sentences, as in the example.***

Wednesday 12th: fly to Montreal

*He is flying to Montreal on Wednesday*.
Thursday 13th: give an interview to The Financial Times
Friday 14th: have lunch with sales representatives
Saturday 15th: have a meeting with Japanese ambassador
Sunday 16th: play tennis with Carol

***10. ln Pairs, ask and answer the following questions using I (don't) think/expect I will or I hope /'m sure/'m afraid I will/won't, as in the example.***
SA: *Do you think you will pass your exams?*
SB: *I hope I will/I'm afraid I won't.*
1 pass/exams
2 move house
3 take up / new hobby
4 make / new friends
5 start having music lessons
6 have / party on / birthday
7 learn/drive

***ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир)***

***Тематика общения:***

1. Екатеринбург – столица Урала.
2. Общее и различное в национальных культурах.

***Проблематика общения:***

1. Мой родной город.
2. Традиции и обычаи стран изучаемого языка.
3. Достопримечательности стран изучаемого языка.

***3.1 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

***3.2 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.

## The History of Ekaterinburg

The famous Soviet poet V. Mayakovsky called out city "A Worker and a Fighter" and these words most fully reflect the features of Ekaterinburg.

Ekaterinburg is nowadays one of the leading industrial cities of Russia, an administrative & cultural centre of the Sverdlovsk region. It is the capital of the Urals.

Ekaterinburg has sprung up in the upper reaches of the Iset River in the middle part of the Urals Mountains near the border of Europe and Asia. It stretches from North to South for 25 km. and 15 km. from East to West.

The history of our city is very interesting. It was founded at the beginning of the XVIII century as a fortress-factory in connection with the construction of the Urals iron works. The works was constructed under the supervision of Tatishchev, a mining engineer, who was sent to the Urals by Peter the first. It was put into operation in November 1723. This date is considered to be the date of the birthday of city. It was named Ekaterinburg. On the place of the first works there is the Historical Square now.

The town grew and developed as the centre of an important mining area where the mining administration office was located. Ekaterinburg was an ordinary provincial town like many others in Russia before the October Revolution. It had only one theatre, four hospitals, one mining school and not a single higher school.

At the end of the XIX century Ekaterinburg became one of the centres of the revolutionary struggle. Many squares, streets and houses of the city keep the memory of the revolutionary events and the Civil War in the Urals. They are: the 1905 Square, a traditional place of the revolutionary demonstrations of the working people, the rocks "Kamenniye Palatki", a memorial park now, which was the place of illegal meetings of Ekaterinburg workers, the Opera House where the Soviet power was proclaimed in November 8, 1917 and many others.

Ekaterinburg is closely connected with the life and activities of many famous people. Here Y.M. Sverdlov, the leader of the Urals Party organization before the Revolution and the first President of the Soviet state, carried out his revolutionary work. In 1924 Ekaterinburg was renamed in his memory.

The name of such a famous scientist and inventor of the radio as Popov, and the names of such writers as Mamin-Sibiriyak and Bazhov are also connected with Ekaterinburg.

After the October Socialist Revolution the town has changed beyond recognition. It grew quickly in the years of the first five-year plan periods. Nowadays our city is constantly growing and

developing. Modern Ekaterinburg is a city of wide straight streets, multistoried blocks of flats, big shops, beautiful palaces of culture, cinemas, fine parks and squares.

The centre of the city is 1905 Square with the monument to V.I. Lenin and the building of the City Soviet. The main street is Lenin Avenue. The total area of the city is over 400 sq. km. The population is about two million.

In connection with its 250th anniversary and for its outstanding achievements in the development of the national economy of our country Ekaterinburg was awarded the Order of Lenin.

## Ekaterinburg – a Center of Science & Education

Ekaterinburg is one of the largest & most important centers of science & education in our country. The city has 15 higher schools. The oldest of them are the Mining & the Polytechnical Institutes, the Urals State University founded in 1920, the Medical & Pedagogical & many others. Ekaterinburg higher schools train specialists for practically all branches of industry, economy, education & science. The city has a student population of about 80 thousand. Besides, there are many secondary and vocational schools and over 50 technical schools (colleges). The oldest of them is the Mining Metallurgical College named after Polzunov, founded in 1847.

Much important scientific research work is carried on in Ekaterinburg. The Urals Branch of Sciences, now called the Urals Scientific Centre (UNZ), was founded in 1932. Its first chairman was the famous Soviet scientist, mineralogist and geochemist A.E. Fersman. UNZ is the main centre of scientific work now. It contains nine institutes which solve the most important theoretical and practical problems in the field of geology, mining, metallurgy, biology, economy and others.

The city has more than 120 research and designing institutions, among them Uralmechanobr, Unipromed, Nipigormash and others. It is worth mentioning that important scientific and research work is also carried on in educational establishments and at the industrial enterprises of the city, such as the Uralmash, Uralelectrotyazmash and others.

Thousands of research workers, among them 5 academicians, 10 Corresponding members of the Russian Academy of Sciences, many Doctors and Masters of Science are engaged in scientific and research work. Ekaterinburg has contributed greatly to the development of Russian science.

## Ekaterinburg - a Cultural Centre

Ekaterinburg is not only an industrial and educational, but also a large cultural centre. There is a lot to be seen in the city. There are many theatres, cinemas, museums, clubs, libraries, palaces of culture, the Art Gallery and the Circus in it.

The Art Gallery houses a splendid collection of paintings of Russian and Soviet artists such as Repin, Polenov, Levitan, Perov, Slusarev, Burak, Pimenov and many others. Here you will see one of the world famous collections of metal castings made in Kasli and especially a cast Iron pavilion. It was shown in Paris at the World Exhibition and awarded the Highest Prize.

Ekaterinburg is famous for its theaters. They are the Opera & Ballet House, the Drama Theatre, the Musical Comedy, the Children's and Puppet Theatres, the Cinema and Concert Hall "Cosmos". The Opera House was built in 1912. Many famous singers such as S. Lemeshev, I. Koslovsky, I. Arkhipova, B. Shtokolov and many others sang in that theatre. Ekaterinburg has a Philharmonic Society, film and television studios, the Urals Russian Folk Choir which is well known both at home and abroad.

There are many museums in the city: the Museum of Local Studies, the Sverdlov Museum, the Museum of Mamin-Sibiriyak, the Bazhov Museum, the Museum of Architecture. But the Urals Geological Museum is the most famous one. It is a real treasure-house of the Urals riches. The museum was opened in 1937.

Ekaterinburg is a green city with its squares, gardens and parks. The largest and the best of the parks is the Central Park of Culture and Rest. The Central Square of the City is the 1905 Square. Besides, there are some others: the Labor Square, one of the oldest of the city, located in front of the House of Trade Unions, the Komsomolskaya Square with the monument to the Urals Komsomol, the Paris Commune Square with the monument to Y.M. Sverdlov.

There are lots of monuments in the city. They are: the monument dedicated to the students and teachers of the Urals Polytechnical Institute who perished in the Great Patriotic War, the monument to the Urals Tank Corps, the monuments to Bazhov, Popov, Ordjonikidze, Malishev and many others.

There are a lot of places of interest in our city. Any visitor who comes to our city is invited to take sightseeing around it. We will be shown the historical places such as the rocks "Kamenniye Palatki", the Pupils' Creation Palace, the Historical Square, the 1905 Square.

There are several memorials to those who gave their lives in the struggle against fascism, the obelisk in the Square of Communards with the eternal flame. Such famous places of interest at the city pond with granite-lined embankment, the Palace of Youth, the lake Shartash, the Uktus Mountains and some others are most popular with the citizens of Ekaterinburg as well as with its visitors.

Ekaterinburg is a city of sports. There are a lot of sports grounds, stadiums, sports halls and a beautiful Palace of Sport in it. Ekaterinburg is often called the Winter Sports Capital. All sorts of important skiing & skating events are held in the Uktus Mountains.

***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.

***3.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Модальные глаголы и их эквиваленты.
2. Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге.
3. Основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь.

**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 момент. |
| | 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 вы 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 должны 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 будут 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 этот вопрос. |
| | вежливая просьба | Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со 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. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить 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. (Моей 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. (Им 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. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника |

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Rephrase the following sentences using must, mustn't, needn't, has to or doesn't have to.***

1 **You aren't allowed** to park your car in the college car park.

*...You mustn't park your car in the college car park...*

2 **I strongly advise** you to speak to your parents about your decision.

3 **It isn't necessary** for Emma to attend tomorrow's staff meeting.

4 **Jack is obliged** to wear a suit and a tie at work because the manager says so.

5 **I'm sure** Antonio is from Milan.

6 **It's necessary** for Roger to find a job soon.

7 **It's forbidden** to use mobile phones inside the hospital.

8 Susan **is obliged to** work overtime because her boss says so.

***2. Rephrase the following sentences using didn't need to or needn't have done.***

1 It wasn't necessary for him to wash the car. It wasn't dirty.

*…He didn't need to wash the car…*

2 It wasn't necessary for her to buy so many oranges, but she did.

3 It wasn't necessary for us to take an umbrella. It wasn't raining.

4 It wasn't necessary for us to turn on the light. It wasn't dark.

5 It wasn't necessary for him to call me today, but he did.
6 It wasn't necessary for you to make sandwiches for me, but you did.
7 It wasn't necessary for them to make reservations at the restaurant, but they did.

***3. Rewrite the sentences using the word in bold.***

1 It isn't necessary for Mark to buy new clothes for the reception.
**need** ...*Mark doesn't need to/needn't buy new clothes for the reception…*
2 You aren't allowed to pick these flowers. **must**
3 Sarah is obliged to type her compositions at university. **has**
4 It wasn't necessary for Paula to make the beds. **need**
5 It is your duty to obey the law. **must**
6 It wasn't necessary for Bob to wait for me, but he did. **need**
7 It is forbidden to throw litter on the beach. **must**
8 I'm sure Ronald is at home. **must**
9 It wasn't necessary for Alice to bake a cake for the party. **need**
10 It wasn't necessary for George to stay at work late last night, but he did. **have**

***4. Fill in the gaps with an appropriate modal verb.***

1 A: ... *May/Can/Could*... I borrow your pen, please?
B: No, you … .I'm using it.
2 A: I'm bored. What shall we do?
B: We … go for a walk.
A: No, we … because it's raining.
B: Let's watch a video, then.
3 A: My parents told me I … go to the party tonight.
B: Never mind, I … go either. We … stay at home together, though.
4 A: Sir, … .I speak to you for a moment, please?
B: Certainly, but later today; I'm busy now.
5 A: Excuse me?
B: Yes?
A: … you tell me where the post office is, please?
B: Certainly. It's on the main road, next to the school.
6 A: Is anyone sitting on that chair?
B: No, you … take it if you want to.

***5. Choose the correct answer.***

1 " Todd was a very talented child.'
I know. He ..*B*... play the piano well when he was seven.'
A couldn't B could C can
2 I've just taken a loaf out of the oven.
Oh, that's why I … smell fresh bread when I came home.
A was able to B can't C could
3 'How was the test?'
Easy. All the children … pass it.'
A were able to B could C can't
4 What are you doing this summer?'
'I hope I'll … go on holiday with my friends.'
A could B be able to C can

***6 Rewrite the sentences using the words in bold.***

1 Do you mind if I leave the door open for a while?
**can** ...*Can I leave the door open for a while?*...

2 You're obliged to take notes during the lecture. **have**
3 I'm sorry, but you aren't allowed to enter this room. **must**
4 Jack managed to unlock the door. **able**
5 It wasn't necessary for Ann to cook dinner, but she did. **need**
6 Let's play a game of chess. **could**
7 I'm certain Sarah is bored with her work. **must**
8 I strongly advise you to take up sport. **must**
9 I'm certain Liz isn't interested in your ideas. **can**
10 You may take the car tonight if you want. **can**

***7. Study the situations and respond to each one using an appropriate modal verb.***

1 You want to go on holiday with your friends this year. Ask your parents for **permission.**
*...Can I go on holiday with my friends this year?...*
2 You are at a job interview. You type fast, you use computers and you speak two foreign languages. Tell the interviewer about your **abilities**.
3 Your brother is trying to decide what to buy your mother for her birthday. You **suggest** a box of chocolates.
4 Your jacket is dirty and you want to wear it next week. It is **necessary** to take it to the dry cleaner's.
5 You want to have a day off work next week. Ask for your boss' **permission.**
6 You are in the car with your uncle. It's hot and you want him to open the window. Make a **request.**
7 Your mother is going to the shops. She asks you if you want anything. You tell her it **isn't necessary** to get anything for you.

***8. Complete the sentences using must or can't.***

1 I'm certain they go to bed early on Sunday nights. They …*must go to bed early on Sunday nights…*
2 I'm sure John didn't stay late at the office. John **...***can't have stayed late at the office…*
3 I'm certain he hasn't arrived yet. He …
4 I'm certain they are working together. They …
5 I'm sure Amy hasn't finished her homework. Amy …
6 I'm certain she was having a bath when I rang. She …
7 I'm sure he hasn't won the prize. He …
8 I'm sure she is looking for a new house. She …
9 I'm certain Paul didn't invite Linda to the party. Paul …
10 I'm certain you have been planning the project. You …
11 I'm sure she was writing a letter. She …
12 I'm certain they hadn't paid the bill. They …
13 I'm sure he had been fixing the pipe. He …

***9. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.***

1 Perhaps Laura has left the phone off the hook. ***...****Laura may/might/could have left the phone off the hook…*
2 Surgeons are obliged to scrub their hands before operating on patients.
3 Do you mind if I open the window?
4 It wasn't necessary for Peter to wash the dog, so he didn't.
5 Emily managed to reach the top shelf, even though she didn't have a ladder.
6 It's forbidden to copy files without the manager's permission.
7 Why don't we spend this evening at home?
8 I'm certain Patrick misunderstood my instructions.
9 I'm sure Helen didn't know about her surprise party.

**10. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.**

1 Perhaps they are at work.

They ...*may/might/could be at work*…

2 Perhaps he is waiting outside. He …

3 It's possible she will work late tonight. She …

4 It's likely he was driving too fast. He …

5 It's possible they made a mistake. They …

6 Perhaps he has missed the bus. He …

7 It's possible she has been playing in the snow. She …

8 It's likely we will be leaving tomorrow. We …

9 It's likely he will stay there. He …

10 Perhaps she had been trying to call you. She …

11 It's likely they had seen the film already. They …

12 It's possible he is studying in the library. He …

## 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.

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. What happens to a car when it is taken for a service? Look at the prompts and make sentences using the present simple passive, as in the example.***

1. the oil / change

*The oil is changed.*

2. the brakes / test

3. the filters / replace

4. air / put / in the tyres

5. the battery / check

6. the lights / test
7. broken parts / repair
8. it / take / for a test drive
9. the radiator / fill / with water

***2. Mr Sullivan, who is a director, is preparing a scene for his new film. Read the orders and respond using the present continuous passive, as in the example.***

1. Move that scenery, please.
*It's being moved now, Mr Sullivan.*
2. Put those props in place, please.
3. Call the actors, please.
4. Check their costumes, please.
5. Turn on the lights, please.

***3. Detective Maguire is talking to a police officer about a burglary which happened early yesterday morning. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example***

1. Have you dusted the house for fingerprints yet?
the house / dust / for fingerprints yesterday
*Yes, the house was dusted for fingerprints yesterday.*
2. Have you found any evidence yet?
a piece of material / find / this morning
3. Have you interviewed the house owners yet?
they / interview / last night
4. Have you questioned the neighbours yet?
they / question / this morning
5. Have you arrested any suspects yet?
two men / arrest / yesterday evening
6. Have you interrogated the suspects yet?
they / interrogate / last night
7. Have you recovered the stolen goods yet?
they / recover / this morning
8. Have you written your report yet?
it / complete / an hour ago

***4. Helen and Chris moved house two years ago. Yesterday, they drove past their old house and saw that it looked very different. Describe the changes using the present perfect simple passive, as in the example.***

1. the outside walls / paint
*The outside walls have been painted.*
2. new windows / put in
3. a garden pond / make
4. the trees / cut down
5. a lot of flowers / plant
6. the old gate / replace

***5. A young actress is hoping to star in a new film. Her friend is asking her what is going to happen. Respond to her questions using the passive infinitive, as in the example.***

1. Will they audition you for the new film?
*Well, I hope to be auditioned.*
2. Will they give you a leading role?
3. Will they pay you a lot of money?
4. Will they send you to Hollywood?

5. Will they introduce you to all the stars?
6. Will they ask you to give a TV interview?
7. Will they give you an award?

***6. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.***

1. A: Who looks after your garden for you?
B: It ...*is looked after*... (look after) by my brother.
2. A: That's a beautiful dress. Where did you buy it?
B: Actually, it … (make) for me by my aunt.
3. A: Have you typed that letter yet, Miss Brown?
B: It … (type) right now, sir.
4. A: Did you make the coffee when you got to work this morning?
B: No, it …. (already/make) by the time I got there.
5. A: Are you going to pick up the children today?
B: No, they … (pick up) by Roger. I've already arranged it.
6. A: Where is your watch?
B: I broke it. It … (repair) at the moment.
7. A: Has the new furniture for my bedroom arrived?
B: No, it … (not/deliver) yet.
8. A: They are building a new sports centre in town.
B: I know. It … (open) by the mayor next month.

***7. Rewrite the sentences in the passive, where possible.***

1. John opened the door.
...*The door was opened by John.*
2. They didn't come home late last night.
...*It cannot be changed.*
3. Their nanny takes them to the park every day.
4. I left very early yesterday afternoon.
5. Meg asked the policeman for directions.
6. Charles is moving house next month.
7. The letter arrived two days ago.
8. Sam took these photographs.

***8. Fill in by or with.***

1. The lock was broken ...*with*... a hammer.
2. This book was written … my favourite author.
3. The cake was decorated… icing.
4. The tiger was shot … a gun.
5. Claire was shouted at … her teacher.
6. He was hit on the head … an umbrella.

***9. Rewrite the sentences in the passive.***

1. Someone is repairing the garden fence.
...*The garden fence is being repaired*....
2. Do they teach Latin at this school?
3. I don't like people pointing at me.
4. She hit him on the head with a tennis racquet.
5. Michael has made the preparations.
6. Is Tim cleaning the house?
7. Who built the Pyramids?
8. The boss is going to give us a pay rise.

9. I expect they will deliver my new car soon.
10. The police are questioning the suspects.
11. Did your next door neighbours see the thieves?
12. Paul remembers his teacher asking him to star in the school play.
13. A lot of children use computers nowadays.
14. Who smashed the kitchen window?
15. They won't have completed the work by the end of the month.
16. The children will post the letters.
17. People make wine from grapes.
18. Had Helen closed the windows before she left the house?
19. Jill hasn't done the housework yet.
20. They may not deliver the parcel today.

***10. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.***

A: Do you still work at Browns and Co?
B: Yes, I do. I 1) ...*have been employed*... (employ) by Mr Brown for five years now, you know.
A: Oh. Do you still enjoy it?
B: Oh yes! I 2) … (give) a promotion last year and I'm very happy.
A: A promotion? So, what is your job now?
B: I 3) … (make) Head of European Sales.
A: So, what do you do?
B: Well, sometimes I 4) … (send) to other countries on business.
A: I see. Do they pay you well?
B: Well, I 5) … (pay) quite well and I expect I 6) … (give) a pay rise soon.
A: Good for you!

**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.***

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Fill in the gaps with the correct pronoun or possessive adjective.***

1. James said, 'My boss wants me to go to London tomorrow.'
James said ...*his*... boss wanted to go to London the following day.
2. Mary said, 'I'm waiting for my son to come out of school.'
Mary said that … was waiting for … son to come out of school.
3. George said, 'I've bought a new car for my mum.'
George said … had bought a new car for … mum.
4. Julie said to me, 'I need you to help me with the shopping.'
Julie told me that … needed … to help … with the shopping.
5. John said, 'I'd like to take you out to dinner.'
John said … 'd like to take … out to dinner.
6. Helen said to Jane, 'I think your new haircut is lovely.'
Helen told Jane that … thought … new haircut was lovely.

***2. Turn the following sentences into reported speech.***

1. Robin said, These biscuits taste delicious.' ...
*Robin said (that) the biscuits tasted delicious....*

2. “I can't see you this afternoon because I've got a lot to do,' Ann told me.
3. She came into the room holding some letters in her hand and said, 'I found these while I was tidying the desk drawers.'
4. Fiona said, That picture was painted by my great-grandfather.'
5. “Those were good times for my family,' Jack said.
6. 'I received a parcel this morning, but I haven't opened it yet,' Tom said.
7. "You mustn't do that again,' Mum said to Bob.
8. “These shoes are worn out. You'd better throw them away,' Mum said to me.

***3. Turn the following sentences into reported speech.***

1 He said, 'I'm going to the station.'

*...He said (that) he was going to the station....*

2 Tina said, 'You should exercise regularly.'
3 They said, 'We had booked the room before we left.'
4 Tom said, This meal is delicious.'
5 'I've written you a letter,' she said to her friend.
6 'We've decided to spend our holidays in Jordan,' they told us.
7 Jill said, “I’ll go to the bank tomorrow.'
8 She said to him, 'We've been invited to a wedding.'
9 She told me, 'You must leave early tomorrow.'
10 They've gone out for the evening,' Jessie said to me.
11 They said, 'We may visit Joe tonight.'
12 She said, 'I can meet you on Tuesday.'
13 Keith said, There is a letter for you on the table.'
14 'We won't be visiting Tom this evening,' Sam told us.
15 Eric said, They had been talking on the phone for an hour before I interrupted them.'
16 'I haven't spoken to Mary since last week,' Gloria said.
17 They delivered the letters this morning,' she said.
18 He said, 'I'd like to buy this jumper.'
19 They aren't going on holiday this year,' he said.
20 Jane said, 'I haven't finished my homework yet.'
21 'I'm going to bed early tonight,' Caroline said.
22 'My mother is coming to visit us,' I said.
23 'We don't want to watch a film tonight,' the children said.
24 'He's playing in the garden now,' his mother said.
25 She said, 'You must do your homework now.'

***4. Turn the sentences into reported speech. In which of the following sentences do the tenses not change? In which do they not have to be changed? Why?***

1 The article says, “The artist only uses oil paints.'

*...The article says (that) the artist only uses oil paints....*

*... The tenses do not change because the introductory verb is in the present simple....*

2 'They are working hard today,' he said.
3 'I've done the things you asked me to do,' Mary said.
4 The sun rises in the east,' she said.
5 'He broke the window,' they said.
6 'We've never been on holiday abroad,' they said.
7 Mum says, 'Dinner is ready.'
8 “I’ll start cooking at six o'clock,' she said.
9 'We went to the supermarket yesterday,' he said.
10 Mrs Jones says, 'My daughter is going to have a baby.'
11 'You're never going to get a job,' Dad always says.

12 'Fish live in water,' he said.
13 'We went to the beach last weekend,' they said.
14 'He showed me his photographs,' she said.
15 'I'm working on my project now,' Billy said.

***5. Turn the following sentences into reported speech.***

1 'Seaweed grows in the sea,' the teacher said to the students.

*...The teacher said to the students/told the students (that) seaweed grows/grew in the sea....*

2 'I saw Amanda at the cinema,' she said, (up-to-date reporting)
3 They don't live here any more,' he said to me. (out-of-date reporting)
4 "Canada is a large country,' he said.
5 The Statue of Liberty is in America,' she said to us
6 "I'll help you with your homework,' he said, (out-of-date reporting)
7 'I would go on holiday if I had enough money,' Bill said, (up-to-date reporting)
8 'If I'm free, I'll call you,' Tom said, (up-to-date reporting)
9 'You should make a decision,' he said to us.
10 'You can ask John for advice,' she said, (up-to-date reporting)

***6. Turn the following into reported questions.***

1 'Where do you live?' I asked her.

*...I asked her where she lived....*

2 'How old will you be on your next birthday?" he asked me.
3 'Where is your umbrella?' she asked her daughter.
4 'Do you like playing football?' John asked us.
5 The boss asked, 'What time are you going home today?'
6 'Will you take the children to school today?' he asked.
7 'Who called you today?' she asked.
8 'When will you decorate the kitchen?' Martha asked.
9 'Who broke my vase?' I asked.
10 Father asked, 'Will you help me lift these boxes, please?'
11 'Can you speak a foreign language?' she asked her.
12 'Where is the tourist information centre?' we asked.

***7. Yesterday, Marion met a couple who were on holiday in London. They were looking at a map. She asked them some questions. Turn them into reported questions.***

1 'Are you lost?'

*...Marion asked them if/whether they were lost....*

2 'Can you speak English?'
3 'Where are you from?'
4 'Is your hotel near here?'
5 'Where do you want to go?'
6 'Were you looking for Big Ben?'
7 'Have you been to the British Museum?'
8 'Have you visited Buckingham Palace?'
9 'Do you like London?'

***8. Fill in the gaps with the introductory verbs in the list in the correct form.***

order, tell, ask, beg, suggest

1 'Please visit me in hospital,' Joan said to Colin.

Joan *...asked...* Colin to visit her in hospital.

2 'Let's eat out this evening,' Paul said to her.

Paul … eating out that evening.

3 'Please, please be careful,' she said to him.
She … him to be careful.
4 'Don't go near the fire,' Dad said to us.
Dad … us not to go near the fire.
5 'Be quiet!' the commander said to the troops.
The commander … the troops to be quiet

***9. Turn the following sentences into reported speech.***

1 'Let's try the exercise again.'
*The ballet teacher suggested trying the exercise again.*
2 'Lift your leg higher please, Rachel.'
3 'Turn your head a little more.'
4 'Don't lean back.'

***10. Turn the following sentences into reported speech.***

1 The doctor said to the patient, 'Come back to see me again next week.'
*... The doctor told the patient to go back and see him again the following week/the week after.*
2 The guard said to the driver, 'Stop!'
3 He said, 'Shall we go for a walk?'
4 She said to him, 'Please, please don't leave me!'
5 Jenny said to Dave, 'Please help me with this
6 She said to him, 'Open the window, please.'
7 Mother said, 'How about going for a drive?'
8 She said, 'Let's eat now.'

***ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность)***

***Тематика общения:***

1. Избранное направление профессиональной деятельности.

***4.1 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

***4.2 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.

***4.3 Систематизация грамматического материала:***

1. Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий.
2. Основные сведения о сослагательном наклонении.

**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.*

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Complete the sentences with the correct infinitive tense.***

1 She has grown taller. She seems ...*to have grown taller*.
2 He is getting used to his new job. He appears
3 Kate makes friends easily. She tends
4 He has finished the report. He claims
5 It is raining over there. It seems
6 He is on a diet. He appears
7 They have sailed round the world. They claim
8 She is feeling better. She seems

***2. Fill in the correct infinitive tense.***

1 A: What would you like ...*to do*... (do) tonight?
B: Let's … (go) to an Italian restaurant.
2 A: What's Liz doing?
B: She seems … (look) for something in her bag.
3 A: Alan has been offered a new job!
B: No, he hasn't. He just pretended … (offer) a new job.
4 A: Colin claims … (meet) lots of famous people.
B: I know, but I don't believe him.
5 A: Look at those two men outside. What are they doing?
B: They appear … (empty) the rubbish bins.
6 A: Would you like to go to the cinema tonight?
B: Not really. I would prefer … (go) to the theatre.
7 A: Tara seems … (work) hard all morning.
B: Yes, she hasn't even stopped for a cup of coffee.
8 A: Why is Tom at work so early this morning?
B: He wants … (finish) early so that he can go to the concert tonight.

***3. Rephrase the following sentences, as in the example.***

1 He must wash the car. I want ...*him to wash the car*...
2 You mustn't be late for work. I don't want …
3 Claire must tidy her bedroom. I want …

4 She mustn't go to the disco. I don't want …
5 They must go to school tomorrow. I want …
6 Gary mustn't make so much noise. I don't want …
7 You mustn't make a mess. I don't want …
8 He must mend his bike. I want …

***4. Complete the sentences with too or enough and the adjective in brackets.***

1 A: Would you like to come to the disco?
B: Oh no. I'm ...*too tired*... to go to a disco, (tired)
2 A: Can you reach that top shelf?
B: No, I'm not … to reach it. (tall)
3 A: Did they go on a picnic yesterday?
B: No. It was … to go on a picnic, (cold)
4 A: Did Jane enjoy the horror film?
B: No. She was … to enjoy it. (scared)
5 A: Does Tom go to school?
B: No. He isn't … to go to school yet. (old)
6 A: Will you go to London by bus?
B: No. The bus is … . I'll take the train, (slow)
7 A: Did she like the dress you bought?
B: Yes, but it was … .(big)
8 A: Take a photograph of me!
B: I can't. It isn't … in here, (bright)

***5. Rewrite the sentences using too.***

1 This music is so slow that I can't dance to it.
...*This music, is too slow for me to dance to…*
2 The bird is so weak that it can't fly.
3 She's so busy that she can't come out with us.
4 The car was so expensive that he couldn't buy it.
5 These shoes are so small that they don't fit me.
6 The book is so boring that she can't read it.
7 I was so tired that I couldn't keep my eyes open.
8 The coffee was so strong that he couldn't drink it.

***6. Underline the correct preposition and fill in the gaps with the -ing form of the verb in brackets.***

1 He is ill. He is complaining **with/<u>about</u>** ...*having*... (have) a headache.
2 Marcus went out instead **for/of** … (do) his homework.
3 Tracy was very excited **with/about** … (go) to the party.
4 I hope you have a good excuse **of/for** … (be) so late.
5 Sam is interested **in/for** … (take up)French lessons.
6 You can't stop him **to/from** … (take)the job if he wants to.
7 Susie ran because she was worried **about/of** … (miss) the bus.
8 Thank you **to/for** … (help) me with my homework.
9 She felt tired because she wasn't used **to/with** … (work) so hard.
10 His boss blamed him **for/of** … (lose) the deal.
11 I am in charge **in/of** … (make) the Christmas deliveries.
12 We are thinking **of/from** … (buy) a new car next month.
13 Sandra apologised **for/about** … (ruin) the performance.
14 Ian was talking **with/about** … (open) a shop in York.

***7. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

1 It's no use ...*talking*… (talk) to Bob; he won't change his mind.
2 She will … (return) the books next weekend.
3 It was good of you … (help) me fix my bicycle.
4 The man suggested … (call) the police in, to investigate.
5 I can't get used to … (live) in such a hot country.
6 He admitted … (rob) the bank.
7 You had better … (hurry), or you'll be late for work.
8 They refused … (give) me my money back.
9 She is too short … (become) a fashion model.
10 My parents let me … (stay) up late at weekends.
11 Our teacher makes us … (do) homework every evening.
12 The kitchen windows need … (clean).
13 They have begun … (make) preparations for the party.
14 He advised her … (speak) to her boss.
15 I dislike … (go) to the theatre alone.
16 Mr. Roberts was seen … (leave) his house at 12:15 last night.
17 My sister can't stand … (watch) horror films. She gets terribly scared.
18 Can you imagine … (spend) your holidays on the moon?
19 There's no point in … (call) again. There's no one at home.
20 I don't allow people … (smoke) in my house.
21 It was silly of you … (forget) to lock the door.
22 He risks … (lose) his wallet when he leaves it on his desk.

***8. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

1 A: Is Anne in the room?
B: Yes. I can see her ...dancing... (dance) with her husband over there.
2 A: Did you see the robber?
B: Yes. I saw him … (get) into the car and drive away.
3 A: Is John here today?
B: Yes. I heard him … (talk) on the phone as I walked past his office.
4 A: Colin is good at speaking in public, isn't he?
B: Yes. I heard him … (make) a speech last month. It was excellent.
5 A: I walked past the sports centre today.
B: So did I, and I stopped for a moment to watch some boys … (play) football.
6 A: Your hair looks great today.
B: Thanks. I watched the hairdresser … (dry) it so I could learn how to do it myself.
7 A: That's a music school, isn't it?
B: That's right. I often hear the students … (sing) as I walk past.
8 A: Did you stay until the end of the contest?
B: Yes. I listened to the chairman … (announce) the results before I went home.
9 A: How do you know Tim is at home?
B: I saw him … (cut) the grass as I was driving home.
10 A: How do you know that man stole the watch?
B: I saw him … (put) it in his pocket and leave the shop without paying.

***9. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

1 I'll never forget ...*sailing*... (sail) down the Danube on that warm spring night last year.
2 Please don't forget … (pay) the bill.
3 John said he remembers … (buy) the newspaper, but now he can't find it.
4 Did you remember … (post) my letters today?
5 Gloria regrets … (shout) at her sister.
6 I regret … (inform) you that we cannot give you your money back.

7 The students went on … (write) for another hour.
8 After cleaning the windows, he went on … (wash) the car.
9 We are sorry … (announce) that the 7:15 train to Liverpool has been cancelled.
10 I'm sorry for … (miss) your birth day party; I'll make it up to you.
11 She stopped … (go) to the gym after she had got back into shape.
12 They stopped … (have) a rest before they continued their journey.
13 They tried … (open) the door, but it was stuck.
14 You should try … (make) your own clothes. It's much cheaper.
15 I'm sorry. I didn't mean … (break) your vase.
16 Being a teacher means … (correct) a lot of homework.
17 I like … (tidy) my room at week ends because I don't have time during the week.
18 They like … (play) in the sea on hot days.

***10. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.***

My neighbour, Mr. Mason, loves 1) …*spending*… (spend) time in his garden. He would rather 2) … (work) outside than stay indoors, even when it is snowing! Early in the morning, you can 3) … (see) Mr. Mason 4) … (eat) breakfast in his garden, and late at night he is there again, with a cup of cocoa in his hand. I'd like 5) … (help) sometimes when there is lots of work to do, but Mr. Mason prefers 6) … (do) everything himself. He doesn't mind 7) … (get) cold and wet in the winter, and his wife says it's no use 8) … (try) to make him wear a waterproof jacket because he hates 9) … (wear) them! Mr. Mason says he will go on 10) … (garden) until he is too old 11) … (do) it!

**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<br>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<br>real present | if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous | future/imperative<br>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.<br>If you need help, come and see me.<br>If you have finished your work, we can have a break.<br>If you're ever in the area, you should come and visit us. | | |
| Type 2<br>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<br>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.<br>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, ...)*

***Выполните упражнения на закрепление материала:***

***1. Look at the prompts and make Type 1 conditional sentences, as in the example.***
e.g. If we cut down all the forests, the world's climate will change.
1 cut down/ all forests / world's climate / change
2 not stop/use / aerosols /destroy / ozone layer
3 find / alternative sources of energy / solve / some of our environmental problems
4 temperatures / go up / by a few degrees /sea levels / rise
5 recycle / waste / save / natural resources
6 population / continue to increase / not be enough food for everyone

***2. Lisa is trying to decide where to go on holiday. She would like to go to one of these places. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.***
A) SPAIN FOR A WEEK
£180 Inclusive!!
2-star hotel beach
Free water sports

B) A TWO WEEK CAMPING HOLIDAY IN THE SOUTH OF FRANCE
ONLY £280 per person
Self-catering

1. How long / be away / choose / Spain?
SA: How long will she be away if she chooses Spain?
SB: If she chooses Spain, she'll be away for a week.
2. Where / go / like / camping?
3. How much / pay / go to / France?
4. What / do / go to / Spain?
5. Where / go / want / cheap holiday?

***3. Study the situations, then make Type 2 conditional sentences, as in the example.***
I don't have a car, so I have to wait for the bus every day.
1. If I ...had... (have) a car, I ...wouldn't have to... (not/have to) wait for the bus every day.
I never do my homework, so my teacher always gets angry with me.
2. If I … (do) my homework, my teacher … (not/get) angry with me.
I live in a small house, so I can't invite friends over.
3. If I … (live) in a bigger house, I … (be able to) invite friends over.
I never get up early, so I y am always late for school.
4. If I … (get up) earlier, I … (not/be) late for school.

***4. Complete the sentences to make Type 3 conditional sentences, as in the example.***
1. If he ...hadn't noticed... (not/notice) the mould in one of his glass dishes, Alexander Fleming ...would never have discovered... (never/discover) penicillin.
2. If he … (sell) some of his paintings, Van Gogh … (get) some recognition during his lifetime.
3. If Barbara Streisand … (change) the shape of her nose, her career … (never/be) the same.
4. If Anne Sullivan … (not/teach) her, Helen Keller … (not/be able to) communicate.
5. If Naomi Campbell … (not/be) so beautiful, she … (never/become) a supermodel.

***5. Read the story below and make Type 3 conditional sentences, as in the example.***
e.g. 1) ...if Sally hadn't been in a hurry, she would nave left some important notes at home....
Sally had a terrible day yesterday. She was in a hurry, so she left some important notes at home. She wasn't prepared for her meeting with a new client, so the meeting was a disaster. The client was

disappointed, and as a result he refused to do business with the company. The boss shouted at Sally, so she got upset.

***6. Match the items in column A with those in column B in order to make correct Type 0 conditional sentences, as in the example.***

e.g. 1 - c ...if you add sugar to a cup of coffee, the coffee tastes sweeter...

A

1. Add sugar to a cup of coffee.
2. Throw salt onto snow.
3. Put an apple in a bowl of water.
4. Water plants regularly.
5. Lie in the sun too long.
6. Take regular exercise.

B

a The apple floats.
b Your skin turns red.
c The coffee tastes sweeter.
d You feel healthy.
e The plants grow.
f The snow melts.

***7. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 A: What time will you be home tonight?
B: I'm not sure. If I ...have to... (have to) work late. I ...'ll call... (call) you.
2 A: I felt very tired at work today.
B: Well, if you … (not/watch) the late film, you … (not/feel) so tired
3 A: Should I buy that car?
B: Why not? If I … (have) the money, I … (buy) it myself.
4 A: If you … (pass) a chemist's, … (you/get) me some cough medicine?
B: Yes, certainly.
5 A: My sister seems very upset at the moment.
B: Were I you, I … (talk) to her about it.
6 A: Unless you … (hurry), you … (be) late again.
B: No, I won't. There's plenty of time.
7 A: Oh! I forgot to ask Sarah over for dinner.
B: If I … (speak) to her today, I … (ask) her for you.
8 A: May I join the club, please?
B: Provided you … (be) over eighteen, you can join the club.
9 A: What a lovely restaurant! I'm glad we came here.
B: If you … (not/burn) the dinner, we … (not/come) here!
10 A: Just think. If I … (not/move) to York, I … (never/meet) you.
B: I know, wasn't it lucky?
11 A: Jo doesn't spend enough time with me.
B: Well, if she … (have) the time, I'm sure she … (try), but she's very busy.
12 A: Did you give Bill the message?
B: No, but when I … (see) him, I … (tell) him the news.

***8. Choose the correct answer.***

1 'If you ...C... that plate, you'll burn your fingers.'

'Why? Has it been in the oven?'
A would touch
B will touch
C touch
2 ‘ … you're busy, we'll talk now.'
‘That's fine. I'm not busy at the moment.'
A If
B Provided
C Unless
3 'If you watch the news, you … a lot.'
'I know. I watch it every day.'
A learn
B were learning
C would learn
4 '… you wear warm clothes, you won't get cold.'
'I'll wear an extra jumper.'
A Unless
B Providing
C Supposing
5 'Shall I invite John to the party?'
'Well, were I you, I … him.'
A would invite
B will invite
C am inviting
6 '… the teacher comes back now, what will you do?'
'I don't know.'
A When
B Providing
C Supposing
7 'Could I see the menu, please?'
'Yes, sir. If you … a seat, I will fetch it for you.'
A take
B had taken
C have taken
8 'Don't cry. Everything will be alright.'
'Yes, but if I … the bus, I wouldn't have been late for school.'
A didn't miss
B hadn't missed
C don't miss
9 'When water boils, it … steam.'
'Yes, I know; and the steam is hot, too.'
A would produce
B produce
C produces
10 'Can you help me, please?'
'Well, if I wasn't studying, I … you.'
A would help
B help
C will help
11 'John crashed his car yesterday.'
'I know, but if he hadn't been changing the cassette, he …'
A won't crash

B wouldn't crash
C wouldn't have crashed
12 'Can I have some chocolate, please?'
'If you behave yourself, I you some later.'
A would buy
B might buy
C buy
13 'Should you see Colin … and tell me.'
'I will.'
A come
B to come
C will come
14 'If we were rich, we … expensive clothes.'
'Well, unfortunately we aren't rich!'
A could afford
B can afford
C afford

***9. Put the verbs in brackets into the correct tense.***

1 If I ...were... (be) you, I wouldn't drive in the snow.
2 Peter … (be able to) help you if he was here.
3 If I had closed the window, the cat … (not/jump) out.
4 I … (call) for help if I got stuck in a lift.
5 Had I known him, I … (talk) to him.
6 John … (may/lose) his job if he is rude to the boss.
7 If you … (save) some money, you would have been able to go on holiday last year.
8 You may win if you … (take) part in the contest.
9 If I had toothache, I … (go) to the dentist.
10 They would have helped us move house if we … (ask) them.
11 If Jane … (be) older, she could live by herself.
12 We would have changed our plans if we … (hear) the weather forecast.
13 Emma … (send) a card if she had remembered it was their anniversary.
14 Robert … (feel) better if you talked to him.
15 If Sam was still living nearby, you … (can/invite) him for dinner.
16 If you … (put) your money in your wallet, you will not lose it.
17 If you … (like) chocolate, you will love this cake.
18 If Bill … (come) home early, he will eat dinner with us.
19 Sandra will join us later unless she … (have) a lot of work to do.

***10. Fill in the gaps using when or if.***

1 A: Have you phoned Paul yet?
B: No, I'll phone him ...when... I get home.
2 A: … I get a new job soon, I may have a party.
B: That's a good idea.
3 A: I really liked that dress we saw.
B: Well, you can buy it … you get paid.
4 A: Shall we go somewhere this weekend?
B: Yes … it's sunny, we could go to the beach.
5 A: Did you make this cake yourself?
B: Yes … you like it, I'll give you the recipe.
6 A: Is Jane still asleep?
B: Yes … she wakes up, I'll tell her you're here.

7 A: Have you done your homework?
B: No. I'll do it … we've finished dinner.
8 A: We've run out of milk.
B: Well, … I go to the shops, I'll buy some more.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров
13.10.2021 г.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

год набора: 2022

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 _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Юсупова Л. Г. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 28.09.2021 г. | Протокол № 2 от 12.10.2021 г. |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## 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<br>Мы | study<br>изучаем | | math<br>математику | | |
| He<br>Он | gives<br>дает | us<br>нам | lessons<br>уроки | | in this room.<br>в этой комнате |
| She<br>Она | reads<br>читает | | her notes<br>свои заметки | to Peter<br>Петру | every day.<br>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<br>**a man –** мужчина<br>**brother –** брат<br>**father –** отец<br>**Nick –** Николай<br>**Mr Grey –** мистер Грей | **a girl –** девочка<br>**a woman –** женщина<br>**sister – с**естра<br>**motherч–** мама<br>**Kate –** Катя<br>**Mrs Grey –** миссис Грей | **a cat –** кот<br>**a wall –** стена<br>**rain –** дождь<br>**love –** любовь<br>**a hand –** рука<br>**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<br>**he –** он<br>**she –** она<br>**it – оно,** это<br>**we –** мы<br>**you –** ты, вы<br>**they -** они | **my (toy) -** моя (игрушка)<br>**his (toy) -** его (игрушка)<br>**her (toy) -** ее (игрушка)<br>**its (toy) -** его (не о человеке)<br>**our (toy) -** наша (игрушка)<br>**your (toy) -** ваша, твоя (игрушка)<br>**their (toy) -** их (игрушка) | **his -** его<br>**hers -** ее<br>**its -** его (этого)<br>**ours -** наша<br>**yours -** ваша, твоя<br>**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*<br>**many boys** - *много мальчиков*<br>**many books** - *много книжек* | **much snow** - *много снега*<br>**much money** - *много денег*<br>**much time** - *много времени* |
| **How many?** } **сколько?**<br>**How much?** } **сколько?** | **How many girls?** - *Сколько девочек?*<br>**How much sugar?** - *Сколько сахара?*<br>**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<br>**a lot of**<br>sugar - много сахара |
| **Сравните**: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.*<br>He writes **a lot.** *Он много пишет.* | |
| В утвердительных предложениях используйте **a lot of.**<br>В отрицательных и в вопросительных **many/much,**<br>**Сравните:**<br>(+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*.<br>(-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?*<br>Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":**<br>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<br>**few girls** - мало девочек<br>**few boys** - мало мальчиков | **little time** - мало времени<br>**little money** - мало денег<br>**little snow** - мало снега |
| **little** } **мало (т.е. надо еще)**<br>**few** } **мало (т.е. надо еще)** | **a little** } **немного (т.е. пока хватает)**<br>**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)**<br>**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)**<br>**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**<br>**The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.* |
| **whose** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.* |
| **that** | **Для одушевленных существительных**<br>**This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.* |
| | **Для неодушевленных существительных**<br>**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** | He spent **all his** time fishing on the | Он провел все свое время, |

| | | |
|---|---|---|
| **существительные** | lake**.** | 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-определение (ни тот, ни другой) | **Neither of examples is correct.** | Ни один из примеров не верен. |
| | 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**<br>**a cup - cups** | **книга - книги**<br>**чашка - чашки** |
| **после звонких согласных и гласных -** | a name - names<br>a girl - girls | **имя - имена**<br>**девочка - девочки** |
| после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es | a palace - palaces<br>a bush - bushes<br>a box - boxes<br>a church - churches | дворец - дворцы<br>куст - кусты<br>коробка - коробки церковь - церкви |
| слово заканчивается на -y: 1) гласная +y | **a toy - toys**<br>**a boy - boys** | игрушка - игрушки мальчик - мальчики |
| **2)** согласная **+** y | **a family - families**<br>**a story - stories** | **семья - семьи**<br>**история - истории** |
| слово заканчивается на *-file* | **a leaf - leaves**<br>**a shelf - shelves** | лист - листья<br>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?**<br>**Какое ты хочешь яблоко?**<br>**The red one. Красное.** | **What apples do you want?**<br>**Какие яблоки ты хочешь?**<br>**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**<br>**child's ball** | домик птички<br>мячик ребенка |
| существительные во множественном числе (группа исключений} | **'s** | **children's bail**<br>**women's rights** | мячик детей<br>права женщин |
| существительное во множественном числе | **'** | **girls' toy**<br>**birds' house** | игрушка девочек<br>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!<br>What a surprise!<br>Such a fine room! |
| вместо слова один | She is coming for a weak. |
| в определенных конструкциях<br>there is a...<br>I have a…<br>he has a...<br>I see a...<br>this is a...<br>that is a…<br>It is a...<br>Iama…<br>he/she is a… | There is a book here.<br>I have got a nice coat.<br>He has a kind smile.<br>I see a wolf.<br>This is a dog.<br>That is a doctor.<br>It is a red pen.<br>I am a good swimmer.<br>He/she is a tourist |
| в ряде устойчивых словосочетаний<br>at a quarter..,<br>in a loud, (a low, an angry voice)<br>to have a good time<br>a lot of<br>to go for a walk<br>such a...<br>after a while<br>in a day (a month, a week, a year) | Come at a quarter to 8.<br>Don't speak to him in an angry voice.<br>We had a good time in the country.<br>She has got a lot of presents.<br>Let's go for a walk.<br>He is such a clever boy.<br>You'll see them after a while.<br>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<br>the main road<br>to the left, to the right<br>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<br>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 | The table is in the middle of the room. |
| in the morning, In the evening, in the afternoon | I never drink coffee in the evening. |
| what's the use? | What's the use of going there so late? |
| to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market | Do you like going to the theatre?<br>He works at the shop. |
| at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market | The fact is that I have no money at all. |
| the fact is (was) that... | Where is the doctor? |
| where is the…? | We always spend summer in the country. |
| in the country, to 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<br>a dog - his dog<br>the teacher - our teacher<br>the apple - her apple |
| если перед существительным стоит указательное местоимение | the cats - those cats<br>the books - these books<br>a mouse - this mouse |
| если стоит другое существительное в притяжательном падеже | a car - father's car<br>the horse - farmer's horse<br>a bike - brother's bike<br>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.<br>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.<br>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 НО: 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 | We're | We are not | We aren't | Are you? |
| You are | You're | You are not | You aren't | Are they? |
| They are | They're | They are not | They aren't | |

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 форма | Полная форма | Краткая форма | Have I (got)? |
| I have (got) | I've (got) | I have not (got) | I haven't (got) | Have you (got)? |
| You have (got) | You've (got) | You have not (got) | You haven't (got) | Has he (got)? |
| He has (got) | He's (got) | He has not (got) | He hasn't (got) | Has she (got)? |
| She has (got) | She's (got) | She has not (got) | She hasn't (got) | Has it (got)? |
| It has (got) | It's (got) | It has not (got) | It hasn't (got) | Have we (got)? |
| We have (got) | We've (got) | We have not (got) | We haven't (got) | Have you (got)? |
| You have (got) | You've (got) | You have not (got) | You haven't (got) | Have they (got)? |
| They have (got) | They've (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**<br>doubt**ful** | **полезный**<br>**сомневающийся** |
| **- less** | help**less**<br>use**less** | **беспомощный**<br>**бесполезный** |
| **- ous** | fam**ous**<br>danger**ous** | **известный**<br>**опасный** |
| **- al** | form**al**<br>centr**al** | **формальный**<br>**центральный** |
| **- able** | eat**able**<br>cap**able** | **съедобный**<br>**способный** |

**Приставочный способ образования имен прилагательных**

| Приставка | Пример | Перевод |
|---|---|---|
| **un -** | **un**cooked<br>**un**imaginable | **невареный**<br>**невообразимый** |
| **in -** | **in**capable<br>**in**human | **неспособный**<br>**негуманный** |
| **il -** | **il**legal<br>**il**liberal | **нелегальный**<br>**необразованный** |
| **im -** | **im**possible<br>**im**practical | **невозможный**<br>**непрактичный** |
| **dis -** | **dis**honest<br>**dis**agreeble | **бесчестный**<br>**неприятный** |
| **ir -** | **ir**regular<br>**ir**responsible | **неправильный**<br>**безответственный** |
| Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый,<br>**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 –** bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой

**hot –** hott**er –** hott**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 –** eas**iest / 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<br>**bad** - плохой<br>**little** - маленький<br>**much/many** - много<br>**far** - далекий/далеко<br>**old** - старый | **better** - лучше<br>**worse** - хуже<br>**less** - меньше<br>**more** - больше<br>**farther/further** - дальше<br>**older/elder** - старше | **the best** - самый лучший<br>**the worst** - самый плохой<br>**the least** - самый маленький, меньше всего<br>**the most** - больше всего<br>**the farthest/furthest** - самый дальний<br>**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<br>**interesting** - интересный<br>**important** - важный | **less beautiful** - менее красивый<br>**less interesting** – менее интересный<br>**less important** - менее важный | **the least beautiful** – самый некрасивый<br>**the least interesting** – самый неинтересный<br>**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<br>Он такой же сильный, как лев.<br>She is **as** clever **as** an owl**.**<br>Она такая же умная, как сова. |
| **Not so…as (не такой, как)** | **в отрицательных предложениях** | He is **not so** strong **as** a lion.<br>Он не такой сильный, как лев**.**<br>She is **not so** clever **as** an owl.<br>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.<br>**The more** I learn this rule **the less** I understand it.<br>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 of children –** сотни детей

**thousands of birds-** тысячи птиц

**millions of 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 момент. |
| | 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 вы 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 должны 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 будут 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 этот вопрос. |
| | вежливая просьба | Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со 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. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить 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. (Моей 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. (Им 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. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника) |

## 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<br>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<br>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.<br>If you need help, come and see me.<br>If you have finished your work, we can have a break.<br>If you're ever in the area, you should come and visit us. | | |
| Type 2<br>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<br>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.<br>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
**однояйцевые близнецы** identical twins
**тройняшки** triplets
**бабушка и дедушка** grandparents
**бабушка** grandmother (grandma, granny, grandmamma)
**дедушка** grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
**внуки** grandchildren
**внучка** granddaughter
**внук** grandson
**прабабушка** great-grandmother
**прадедушка** great-grandfather
**прабабушка и прадедушка** great-grandparents
**правнуки** great-grandchildren
**тётя** aunt
**дядя** uncle
**крестный (отец)** godfather
**крестная (мать)** godmother
**отчим, приемный отец** stepfather
**мачеха, приемная мать** stepmother
**сводный брат** stepbrother
**сводная сестра** stepsister
**брат по одному из родителей** half-brother
**сестра по одному из родителей** half-sister
**приемный, усыновленный сын** adopted son
**приемная, удочеренная дочь** adopted daughter
**приемный ребенок** adopted child
**патронатная семья, приемная семья** foster family
**приемный отец** foster father
**приемная мать** foster mother
**приемные родители** foster parents

**приемный сын** foster son
**приемная дочь** foster daughter
**приемный ребенок** foster child
**неполная семья (с одним родителем)** single-parent family
**родня** the kin, the folks
**племянница** niece
**племянник** nephew
**двоюродный брат** cousin (male)
**двоюродная сестра** cousin (female)
**двоюродный брат (сестра), кузен (кузина)** first cousin
**троюродный брат (сестра)** second cousin
**четвероюродный брат (сестра)** third cousin
**родня со стороны мужа или жены** in-laws
**свекровь** 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)
**невестка, сноха** daughter-in-law
**зять** son-in-law
**шурин, свояк, зять, деверь** brother-in-law
**свояченица, золовка, невестка** sister-in-law
**семейное положение** marital status
**холостой, неженатый, незамужняя** 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;<br>**higher educational institution** - высшее учебное заведение;<br>**to provide** - зд. Предоставлять;<br>**full-time education** - очное образование;<br>**extramural education** - заочное | **scientific research centre** - центр научных исследований;<br>**master of science** - кандидат наук;<br>**capable** – способный;<br>**to take part in** - принимать участие;<br>**graduate** – выпускник;<br>**to dedicate** – посвящать; |

| | |
|---|---|
| образование;<br>**to award** – награждать;<br>**post-graduate courses** – аспирантура; | **to carry out scientific work** - выполнять научную работу; |

| | |
|---|---|
| **Faculty of Mining Technology** - горно – технологический;<br>**Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический;<br>**Institute of World Economics** – Институт мировой экономики;<br>**Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический;<br>**Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты;<br>**Faculty of City Economy** – городского хозяйства; | **Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики;<br>**Faculty of extramural education** – заочный;<br>**department** – кафедра;<br>**dean** – декан;<br>**to train specialists in** - готовить специалистов;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**preparatory** – подготовительный;<br>**additional** – дополнительный;<br>**to offer** – предлагать; |

| | |
|---|---|
| **to house** - размещать /ся/;<br>**building** – здание;<br>**Rector's office** – ректорат;<br>**Dean's office** – деканат;<br>**department** – кафедра;<br>**library** – библиотека;<br>**reading hall** - читальный зал;<br>**assembly hall** - актовый зал;<br>**layout** - расположение, план;<br>**administrative offices** - административные отделы; | **computation centre** - вычислительный центр;<br>**canteen** – столовая;<br>**to have meals** – питаться;<br>**hostel** – общежитие;<br>**to go in for sports** - заниматься спортом;<br>**wrestling** – борьба;<br>**weight lifting** - тяжелая атлетика;<br>**skiing** - катание на лыжах;<br>**skating** - катание на коньках;<br>**chess** – шахматы; |

| | |
|---|---|
| **academic work** - учебный процесс;<br>**academic year** - учебный год;<br>**to consist of** - состоять из;<br>**bachelor's degree** - степень бакалавра;<br>**course of studies** - курс обучения;<br>**to last** - длиться;<br>**term** - семестр;<br>**to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия;<br>**period** - пара, 2 – х часовое занятие;<br>**break** - перерыв;<br>**subject** - предмет;<br>**descriptive geometry** - начертательная геометрия; | **general geology** - общая геология;<br>**foreign language** - иностранный язык;<br>**to operate a computer** - работать на компьютере;<br>**to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен;<br>**to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен;<br>**to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен;<br>**to fail in chemistry** - не сдать химию;<br>**holidays, vacations** - каникулы;<br>**to present graduation paper** - представлять дипломные работы;<br>**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, петро логия 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 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

***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,<br>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***<br>Екатеринбург, Россия<br>ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13<br>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
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.Г. Носов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

по дисциплине

## Б1.О.04 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***
Год набора: ***2022***

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 14.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

**Цель практического занятия** — закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Человек и среда обитания: воздействия негативных факторов окружающей среды на человека», и формирование практических навыков расчета воздухообмена в производственных помещениях необходимого для очистки воздуха от вредностей: для удаления вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних водяных паров; для удаления избыточного тепла.

**Общие сведения.** Среда обитания — это окружающая человека среда, осуществляющая через совокупность факторов (физических, биологических, химических и социальных) прямое или косвенное воздействие на жизнедеятельность человека, его здоровье, трудоспособность и потомство. В жизненном цикле человек и окружающая среда обитания непрерывно взаимодействуют и образуют постоянно действующую систему «человек — среда обитания», в которой человек реализует свои физиологические и социальные потребности. В составе окружающей среды выделяют природную, техногенную, производственную и бытовую среду. Каждая среда может представлять опасность для человека. В данной работе рассматривается расчет потребного воздухообмена ($L$ м$^3$/ч), для очистки воздуха от вредных газов и паров и для удаления избыточного тепла с помощью механической общеобменной вентиляции.

**Задание.** В помещении объемом $V$ работают $n$ человек со средней производительностью $a$ каждый. Они производят покраску и шпаклевку изделий нитро- (на основе ацетона) красками, эмалями и шпаклевками, для чего используется ручное и механизированное оборудование. В этом же помещении производится пайка $N$ контактов припоем ПОС-60. Источники тепловыделения

– оборудование мощностью Рном и осветительная сеть мощностью Роев из люминесцентных ламп. Расчеты вести для холодного периода года. Помещение имеет *К* окон направленных на север размерами 2,5х1,75 м с двойным остеклением и деревянными рамами. Категория работ – III (тяжелая).

Рассчитать потребный воздухообмен и определить кратность воздухообмена для: 1) испарений растворителей и лаков; 2) при пайке припоем ПОС-60; 3) удаления выделяемой людьми углекислоты; 4) удаления избыточного тепла.

**Методика и порядок расчета воздухообмена для очистки воздуха.**

Потребный воздухообмен определяется по формуле

$$L = \frac{G \times 1000}{x_н - x_в}, \text{ м}^3/\text{ч}, \qquad (1.1)$$

где *L*, м$^3$/ч – потребный воздухообмен; *G*, г/ч – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения; $x_в$, мг/м$^3$ – предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88 [1]; $x_н$, мг/м$^3$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338- 03) □4□.

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение n □ □ может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

Кратность воздухообмена определяется по формуле

$$n = \frac{L}{V_n}, \text{ ч}^{-1}, \qquad (1.2)$$

где n, раз/ч – кратность воздухообмена; *L*, м$^3$/ч – потребный воздухообмен; $V_n$ – внутренний объем помещения, м$^3$.

Согласно СП 2.2.1.1312-03, кратность воздухообмена n > 10 недопустима.

Так как $x_н$ определяется по табл. 1.1 прил.1, а $x_в$ по табл. 1.2 прил.1, то для расчета потребного воздухообмена необходимо в каждом случае определять

количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения.

*Таблица 1.0*

**Исходные данные для расчёта потребного воздухообмена**

| № вар. | *a*, $м^2/ч$ | Материал | *n* чел. | *V* $м^3$ | *N* шт/час | Местность | $P_{ном.}$ кВт | $P_{осв.}$ кВт | *m* окон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | Бесцветный аэролак, окраска кистью | 1 | 100 | 40 | Сельские населенные пункты | 10 | 0,5 | 2 |
| 2 | 1,5 | | 2 | 200 | 35 | | 20 | 0,5 | 3 |
| 3 | 1 | | 3 | 300 | 400 | | 30 | 1 | 4 |
| 4 | 2 | | 4 | 400 | 45 | Малые города | 40 | 1 | 5 |
| 5 | 3 | Цветной аэролак, окраска механизир. | 1 | 500 | 305 | | 200 | 1 | 6 |
| 6 | 4 | | 1 | 600 | 48 | | 150 | 1,5 | 6 |
| 7 | 3,5 | | 1 | 700 | 450 | Большие города | 200 | 1 | 6 |
| 8 | 5 | | 1 | 800 | 480 | | 100 | 2 | 8 |
| 9 | 0,2 | Шпаклевка кистью | 3 | 80 | 325 | | 10 | 0,5 | 2 |
| 10 | 0,3 | | 4 | 200 | 420 | Сельские населенные пункты | 20 | 1 | 4 |
| 11 | 1,5 | Шпаклевка механизир, | 1 | 200 | 250 | | 30 | 1 | 3 |
| 12 | 1 | | 2 | 300 | 450 | | 40 | 1,5 | 4 |
| 13 | 0,8 | Бесцветный аэролак, окраска кистью | 1 | 150 | 300 | Малые города | 50 | 0,6 | 2 |
| 14 | 1 | | 2 | 150 | 48 | | 60 | 0,8 | 3 |
| 15 | 1,2 | | 1 | 120 | 335 | | 70 | 1 | 2 |
| 16 | 0,7 | | 2 | 200 | 400 | Большие города | 80 | 1,2 | 4 |
| 17 | 2 | Цветной аэролак, окраска механизир. | 1 | 200 | 280 | | 90 | 0,6 | 4 |
| 18 | 2,5 | | 2 | 400 | 480 | | 100 | 0,8 | 6 |
| 19 | 2,2 | | 1 | 400 | 290 | Сельские населенные пункты | 150 | 1,2 | 8 |
| 20 | 1,8 | | 2 | 600 | 300 | | 200 | 1,5 | 8 |
| 21 | 0,3 | Шпаклевка кистью | 1 | 80 | 200 | | 250 | 0,5 | I |
| 22 | 0,4 | | 2 | 100 | 250 | Малые города | 300 | 0,6 | 2 |
| 23 | 1 | Шпаклевка механизир. | 1 | 150 | 242 | | 60 | 1 | 2 |
| 24 | 1 | | 2 | 400 | 440 | Большие города | 80 | 1 | 3 |
| 25 | 1,5 | Шпаклевка | 1 | 100 | 270 | | 100 | 1,2 | 4 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 2 | кистью | 3 | 200 | 180 | | 150 | 0,5 | 6 |

Рассмотрим отдельные характерные случаи выделения вредных веществ в воздух помещения и определения потребного воздухообмена.

### 1.1. Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздухе помещений можно определить по следующей формуле

$$G = \frac{a \times A \times m \times n}{100}, \text{ г/ч}, \qquad (1.3)$$

где $a$, м$^2$/ч – средняя производительность по покраске одного рабочего (при ручной покраске кистью – 12 м$^2$/ч, пульверизатором – 50 м$^2$/ч); $A$, г/м$^2$ – расход лакокрасочных материалов; $m$, % – процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах; $n$ – число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин $A$ и $m$ определяются по табл. 1.3 прил. 1.

**Пример.** Определить количество выделяющихся в воздух помещения летучих растворителей.

**Решение:**

По табл. 3 прил. 1 для цветного аэролака при окраске распылением находим, что A = 180 г/м$^2$, m = 75 %, тогда G = 50·180·75·2/100 = 13500 г/ч. Далее определяем потребный воздухообмен в помещении по формуле (1.3). Находим для ацетона из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1, что $x_в$ = 200 мг/м$^3$, $x_н$ = 0,35 мг/м$^3$, тогда L = 13500·1000/(200 - 0,35) = 67500 м$^3$/ч.

Ответ: L = 67500 м$^3$/ч.

### 1.2. Определение потребного воздухообмена при пайке электронных схем

Пайка осуществляется свинцово-оловянным припоем ПОС-60, который содержит $C$ = 0,4 доли объема свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до $B$ = 0,1 % свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паек – $N$, количество выделяемых паров свинца определяется по формуле

$$G = C \times B \times N, \text{ мг/ч}, \qquad (1.4)$$

где G, г/ч – количество выделяемых паров свинца; C – содержание свинца; B – % свинца; N – число паек.

**Пример.** В помещении объемом $V_п$ = 1050 м$^3$ три человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 100 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

**Решение:**

По формуле (1.4) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух: G = 0,6·0,001·10·100·3 = 1,8 мг/ч. Далее определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1). Находим из табл. 1.1 и 1.2 прил. 1 для свинца и его соединений $x_в$ = 0,01 мг/м$^3$; $x_н$ = 0,001 мг/м$^3$. Тогда L = 1,8 / (0,01- 0,001) = 200,0 м$^3$/ч.

Ответ: L = 185,5 м$^3$/ч.

### 1.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота ($CO_2$). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой концентрации её.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и

выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в табл. 1.4 и 1.5 прил. 1.

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержания $CO_2$ следующие значения: для сельских населенных пунктов – 0,33 л/м$^3$, для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 0,4 л/м$^3$, для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 0,5 л/м$^3$.

**Пример.** Определить потребную кратность воздухообмена в помещении, где работают 3 человека.

**Решение:**

По табл. 1.4 прил.1 определяем количество $CO_2$, выделяемой одним человеком $g$ = 23 л/ч. По табл. 1.5 прил. 1 определяем допустимую концентрацию $CO_2$. Тогда $x_в$ = 1 л/м3 и содержание $CO_2$ в наружном воздухе для больших городов $x_н$ = 0,5 л/м$^3$ .Определяем потребный воздухообмен по формуле (1.1) $L = 23 \cdot 3/(1- 0,5) = 138$ м$^{3/}$ч. Ответ: $L$ = 138 м$^3$/ч.

## 1.4. Определение потребного воздухообмена при выделении газов (паров) через неплотности аппаратуры, находящейся под давлением

Производственная аппаратура, работающая под давлением, как правило, не является вполне герметичной. Степень герметичности аппаратуры уменьшается по мере ее износа. Считая, что просачивание газов через неплотности подчиняется тем же законам, что и истечение через небольшие отверстия, и, предполагая, что истечение происходит адиабатически, количество газов, просочившихся через неплотности, можно определить по формуле

$$G = k \times c \times \sqrt[v]{\frac{M}{T}}, \text{ кг/ч,} \qquad (1.5)$$

где $k$ – коэффициент, учитывающий повышение утечки от износа оборудования ($k$ = 1–2); $c$ – коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате; $v$ – внутренний объем аппаратуры и трубопроводов, находящихся под давлением, м$^3$; $M$ – молекулярный вес газов, находящихся в аппаратуре; $T$ – абсолютная температура газов в аппаратуре, К.

*Таблица 1.2*

**Коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате**

| Давление $p$, атм | до 2 | 2 | 7 | 17 | 41 | 161 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ | 0,121 | 0,166 | 0,182 | 0,189 | 0,25 | 0,29 |

**Пример.** Система, состоящая из аппаратов и трубопроводов, заполнена сероводородом. Рабочее давление в аппаратуре $p_a$ = 3 атм, а в проводящих трубопроводах $p_a$=4 атм. Внутренний объем аппаратуры $v_a$ = 5 м$^3$, объём трубопроводов, $v_{тр}$ = 1,2 м$^3$. Температура газа в аппаратуре – $t_a$ = 120 $^o$C, в трубопроводе – $t_{тр}$ = 25 $^o$C. Определить потребный воздухообмен в помещении.

**Решение:**

Определяем величины утечек сероводорода ($H_2S$) из аппаратуры и трубопроводов. Принимаем $k$ = 1,5; $c$ = 0,169 (по табл. 1.2); $M$ = 34, для $H_2S$; Утечка газа из аппаратуры составляет:

$$G_a = 1{,}5 \times 0{,}169 \times \sqrt[s]{\frac{34}{393}} = 0{,}372$$

Утечка газа из трубопроводов составляет:

$$G_{TP} = 1{,}5 \times 0{,}172 \times 1{,}2 = 0{,}104$$

$$G = G_a + G_{TP} = 0{,}372 + 0{,}104 = 0{,}476, кг/ч$$

Используя данные табл. 1.1 прил. 1, находим, что для сероводорода

$x_в$ =10 мг/м$^3$; $x_н$ = 0,008 мг/м$^3$. Потребный воздухообмен равен

$$L = \frac{4761000}{(10 - 0{,}008)} = 47638{,}1\ м^3/ч$$

Ответ: $L$ = 47638,1 м$^3$/ч

**Вывод:** В воздух помещения одновременно могут выделяться несколько вредных веществ. По действию на организм человека они могут быть однонаправленными и разнонаправленными. Для однонаправленных веществ расчетные значения потребного воздухообмена суммируются, а для разнонаправленных веществ выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

**Пример.** Для первой вредности в воздухе рабочей зоны – вредных (токсичны) веществ в рассмотренных примерах все относятся к веществам разнонаправленного действия, поэтому принимаем к дальнейшему расчету максимальное из полученных значений, т. е. $L$ = 67500 м$^3$/ч (потребный воздухообмен для паров растворителей при окраске).

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции определим кратность воздухообмена $n$ = 67500/4800 = 14,1 ч$^{-1}$. Данное значение превышает установленную величину – 10 ч$^{-1}$, поэтому необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в помещении. Например, таким решением может быть исключение распространения от двух мест окраски растворителей по всему помещению за счет применения местной вытяжной вентиляции.

Расчет объёма воздуха удаляемого местной вентиляцией определяется по формуле

$$L_{МВ} = F \times v \times 3600, м^3/ч, \quad (1.6)$$

где $F$ – площадь сечения всасывающих отверстий, м$^2$; $v$ – скорость воздуха

в сечении вытяжной вентиляции, м/с. Рекомендуется принимать значение скорости в интервале 0,8-1,5 м/с.

Таким образом, потребный воздухообмен для оставшихся вредных веществ принимаем для выделений сероводорода: $L$ = 47638,1 м$^3$/ч.

Проверка:

$$n = 47638,\ 1/4800 = 9,\ 9\ \text{ч}^{-1}.$$

## 1.5. Расчёт потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла

Расчет потребного воздухообмена для удаления избыточного тепла производится по формуле

$$L = \frac{Q_{изб}}{\gamma_в \times c\Delta t},\ \text{м}^3/\text{ч}, \qquad (1.7)$$

где $L$, м$^3$/ч – потребный воздухообмен; $Q_{изб}$, ккал/ч – избыточное тепло; $\gamma_в$ = 1,206 кг/м$^3$ – удельная масса приточного воздуха; $c_в$ = 0,24 ккал/кг□град – теплоемкость воздуха;

$$\Delta t = t_{вых} - t_{пр},\ ^oC \qquad (1.8)$$

где $t_{вых}$, $^o$C – температура удаляемого воздуха; $t_{пр}$, $^o$C – температура приточного воздуха.

Величина $\Delta t$ при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха – $Q_н$: при $Q_н \le 20$ ккал/м$^3$·ч $\Delta t = 6\ ^oC$; при $Q_н > 20$ ккал/м$^3$·ч $\Delta t = 8\ ^oC$;

$$Q_н = \frac{Q_{изб}}{V_п},\ \text{ккал/ м}^3\cdot\text{ч}, \qquad (1.9)$$

где $V_п$, м$^3$ – внутренний объем помещения.

Таким образом, для определения потребного воздухообмена необходимо определить количество избыточного тепла по формуле

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_л + Q_р - Q_{отд},\ \text{ккал/ч}, \qquad (1.10)$$

где $Q_{об}$, ккал/ч – тепло, выделяемое оборудованием; $Q_{осв}$, ккал/ч – тепло, выделяемое системой освещения; $Q_{л}$, ккал/ч – тепло, выделяемое людьми в помещении; $Q_{р}$, ккал/ч – тепло, вносимое за счет солнечной радиации; $Q_{отд}$, ккал/ч – теплоотдача естественным путем.

Определяем количество тепла, выделяемого оборудованием

$$Q_{об} = 860 \times P_{об} \times y_1, \text{ ккал/ч} \quad (1.11)$$

где $Y_1$ – коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования; $P_{об}$, кВт – мощность, потребляемая оборудованием;

$$P_{об} = P_{ном} \times y_2 \times y_3 \times y_4, \text{ кВт,} \quad (1.12)$$

где $P_{ном}$, кВт – номинальная (установленная) мощность электрооборудования помещения; $Y_2$ – коэффициент использования установленной мощности, учитывающий превышение номинальной мощности над фактически необходимой; $Y_3$ – коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднего потребления мощности (во времени) к максимально необходимой; $Y_4$ – коэффициент одновременности работы оборудования.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех коэффициентов можно принимать равным:

$$y_1 \times y_2 \times y_3 \times y_4 = 0{,}25 \quad (1.13)$$

Определяем количество тепла, выделяемого системой освещения

$$Q_{осв} = 860 \times P_{осв} \times \alpha\beta \times \cos(\varphi), \quad (1.14)$$

где α – коэф. перевода электрической энергии в тепловую для лампы накаливания α = 0,92 – 0,97, люминесцентной лампы α = 0,46 – 0,48; b – коэффициент одновременности работы (при работе всех светильников b = 1); cos (φ) = 0,7 – 0,8 – коэффициент мощности; $P_{осв}$, кВт – мощность осветительной установки.

Определяем количество тепла, выделяемого находящимися в помещении людьми

$$Q_{л} = N \times q_{л}, \quad (1.15)$$

где $N$ – количество людей в помещении; $q_л$, ккал/ч – тепловыделения одного человека табл. 1.6 прил. 1.

Определяем количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации

$$Q_p = K \times S \times q_{ост}, \quad (1.16)$$

где $K$ – количество окон; $S$, м$^2$ – площадь одного окна; $q_{ост}$, ккал/ч – солнечная радиация через остекленную поверхность табл. 1.7 прил. 1.

Определяем теплоотдачу, происходящую естественным путем. Если нет дополнительных условий, то можно считать ориентировочно, что $Q_{отд}$ = $Q_р$ для холодного и переходного периодов года (среднесуточная температура наружного воздуха ниже +10 $^oC$). Для теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше +10 $^oC$) принимаем $Q_{отд}$ = 0.

**Общий вывод**: Среди полученных расчетных значений потребного воздухообмена для вредных веществ и удаления избыточного тепла выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Приложение 1

*Таблица 1.1*

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338-03)**

| Наименование вредных веществ | ПДКм.р., мг/м$^3$ | ПДКс.с., мг/м$^3$ | Агрегатн состояние |
|---|---|---|---|
| Азота диоксид | 0,085 | 0,04 | п |
| Азота оксид | 0,6 | 0,06 | п |
| Акролеин | 0,03 | 0,03 | п |
| Амилацетат | 0,10 | 0,10 | п |
| Аммиак | 0,2 | 0,04 | п |
| Ацетон | 0,35 | 0,35 | п |
| Бензин (углеводороды) | 5,0 | 1,5 | п |
| Бензол | 1,5 | 0,1 | п |
| Бутан | 200 | - | п |
| Бутилацетат | 0,1 | 0,1 | п |
| Винилацетат | 0,15 | 0,15 | п |
| Дихлорэтан | 3,0 | 1,0 | п |
| Ксилол | 0,2 | 0,2 | п |
| Марганец и его соединения | 0,01 | 0,001 | а |
| Метилацетат | 0,07 | 0,07 | п |
| Мышьяк и его неорг. соединения | - | 0,003 | а |
| Озон | 0,16 | 0,03 | п |
| Пыль (кремнесодержащая – более 70 %) | 0,15 | 0,05 | а |
| Пыль нетоксичная (фиброгенного действия) | 0,5 | 0,15 | а |
| Ртути хлорид (сулема) | - | 0,0003 | а |
| Сажа | 0,15 | 0,05 | а |
| Свинец и его соединения | 0,001 | 0,0003 | а |
| Сернистый ангидрид | 0,5 | 0,15 | п |
| Серная кислота | 0,3 | 0,1 | а |

Продолжение табл. 1.1

| Наименование вредных веществ | ПДКм.р., мг/м$^3$ | ПДКс.с., мг/м$^3$ | Агрегатн состояние |
|---|---|---|---|
| Сероводород | 0,008 | - | п |
| Сероуглерод | 0,03 | 0,005 | п |
| Спирт бутиловый | 0,16 | - | п |
| Спирт изобутиловый | 0,1 | 0,1 | п |
| Спирт метиловый | 1,0 | 0,5 | п |
| Спирт этиловый | 5 | 5 | п |
| Стирол | 0,04 | 0,002 | п |
| Толуол | 0,6 | 0,6 | п |
| Углерода оксид | 5,0 | 3,0 | п |
| Фенол | 0,01 | 0,003 | п |
| Фтористые соединения (газообразные) | 0,02 | 0,005 | п |
| Хлор | 0,1 | 0,03 | п |
| Хлористый водород | 0,2 | 0,2 | п |
| Этилацетат | 0,1 | 0,1 | п |

Примечание: п – пары и/или газы; а – аэрозоль

*Таблица 1.2*

**Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухерабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)**

| Наименование вредных веществ | ПДК., мг/м$^3$ | Класс опасности | Агрегатн. состояние |
|---|---|---|---|
| Азота диоксид | 2,0 | 3 | п |
| Азота оксиды | 5,0 | 3 | п |
| Акролеин | 0,2 | 2 | п |
| Амилацетат | 100 | 4 | п |
| Аммиак | 20 | 4 | п |
| Ацетон | 200 | 4 | п |
| Бензин (углеводороды) | 100 | 4 | п |
| Бензол | 15/5 | 2 | п |
| Бутан | 300 | 4 | п |
| Бутилацетат | 200 | 4 | п |
| Винилацетат | 10,0 | 4 | п |
| Дихлорэтан | 10,0 | 2 | п |
| Ксилол | 50,0 | 3 | п |
| Марганец и его соединения (от 2-30 %) | 0,1 | 2 | а |
| Метилацетат | 100 | 4 | п |
| Мышьяк и его неорг. соединения | 0,04/0,01 | 2 | а |
| Озон | 0,1 | 1 | п |
| Пыль (кремнесодержащая – более 70 %) | 1,5 | 4 | а |
| Пыль нетоксичная (фиброгенного действия) | 4,0 | 4 | а |
| Ртути хлорид (сулема) | 0,2/0,05 | 1 | а |
| Сажа | 4,0 | 3 | а |
| Свинец и его соединения | 0,01/0,005 | 1 | а |
| Серная кислота | 1,0 | 2 | а |
| Сернистый ангидрид | 10 | 3 | п |
| Сероводород | 10,0 | 3 | п |

Продолжение табл. 1.2

| Наименование вредных веществ | ПДК., мг/м$^3$ | Класс опасности | Агрегатн. состояние |
|---|---|---|---|
| Сероуглерод | 1,0 | 3 | п |
| Спирт бутиловый | 10,0 | 3 | п |
| Спирт изобутиловый | 10,0 | 3 | п |
| Спирт метиловый | 5,0 | 3 | п |
| Спирт этиловый | 1000 | 4 | п |
| Стирол | 30/10 | 3 | п |
| Толуол | 50 | 3 | п |
| Углерода оксид | 20 | 4 | п |
| Фенол | 0,3 | 2 | п |
| Фтористые соединения (газообразные) | 0,5/0,1 | 2 | п |
| Хлор | 1,0 | 2 | п |
| Хлористый водород | 5,0 | 1 | п |
| Этилацетат | 200 | 4 | п |

Примечание: значение в числителе – максимально разовые; в знаменателе – среднесменные

*Таблица 1.3*

**Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей**

| Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски | Расход лакокрасочных материалов, *A*, г/м$^2$ | Содержание летучей час- ти, *m*, % |
|---|---|---|
| Нитролаки и краски | | |
| Бесцветный аэролак /кистью | 200 | 92 |
| Цветные аэролаки/распыление пульверизатором | 180 | 75 |
| Нитрошпаклевка /кистью | 100-180 | 10-35 |
| Нитроклей /кистью | 160 | 80-85 |
| Масляные лаки и эмали | | |
| Окраска распылением | 60-90 | 35 |

*Таблица 1.4*

**Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе**

| Возраст человека и характер работы | Количество $CO_2$ | |
|---|---|---|
| | в л/ч | в г/ч |
| Взрослые: | | |
| при физической работе | 45 | 68 |
| при легкой работе (в учреждениях) | 23 | 35 |
| в состоянии покоя | 23 | 35 |
| Дети до 12 лет | 12 | 18 |

*Таблица 1.5*

**Предельно-допустимые концентрации углекислоты**

| Наименование помещений | Количество $CO_2$ | |
|---|---|---|
| | в л/ч | в г/кг |
| Для постоянного пребывания людей (жилые ком.) | 1 | 1,5 |
| Для пребывания детей и больных | 0,7 | 1 |
| Для учреждений | 1,25 | 1,75 |
| Для кратковременного пребывания людей | 2 | 3 |

*Таблица 1.6*

**Количество тепловыделений одним человеком при различной работе**

| Категория тяжести работы | | Количество тепловыделений $q_л$, ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 15 °С | 20 °С | 25 °С | 30 °С |
| Легкая | I | 100 | 70 | 50 | 30 |
| Средней тяжести | II-а | 100 | 70 | 60 | 30 |
| Средней тяжести | II-б | 110 | 80 | 70 | 35 |
| Тяжелая | III | 110 | 80 | 80 | 35 |

*Таблица 1.7*

## Солнечная радиация через остекленную поверхность

| | Солнечная радиация, $q_{ост}$, ккал/ч от стороны света и широты, град. | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ЮГ | | | ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД | | | | ВОСТОК ЗАПАД | | | | СЕВЕР, СЕВЕР. ВОСТОК СЕВЕРО-ЗАПАД | | | |
| | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 | 35 | 45 | 55 | 65 |
| Окна с двойным остеклением и деревянными рамами | 125 | 125 | 145 | 85 | 110 | 125 | 145 | 125 | 125 | 145 | 145 | 65 | 65 | 65 | 60 |
| Окна с двойным остеклением и металлическими рамами | 160 | 160 | 180 | 110 | 140 | 160 | 180 | 160 | 160 | 180 | 180 | 80 | 80 | 80 | 70 |
| Фо- нарь с двойным остеклением и металлическими переплет. | 130 | 160 | 170 | 110 | 140 | 170 | 170 | 160 | 160 | 180 | 180 | 85 | 85 | 85 | 70 |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 342 с.

2. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. – М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 289 с.

3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГН2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОЦЕНКА РИСКА

**Цель практического занятия -** закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Основы теории безопасности: системный анализ безопасности», и формирование практических навыков расчета индивидуального и группового (социального) риска в конкретных ситуациях.

**Общие сведения.** Опасность – одно из центральных понятий безопасности жизнедеятельности (БЖД).

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики (параметры), несоответствующие условиям жизнедеятельности человека. Можно сказать, что опасность – это риск неблагоприятного воздействия.

Практика свидетельствует, что абсолютная безопасность недостижима. Стремление к абсолютной безопасности часто вступает в антагонистические противоречия с законами техносферы.

В сентябре 1990 г. в г. Кельне состоялся первый Всемирный конгресс по безопасности жизнедеятельности человека как научной дисциплине. Девиз конгресса: «Жизнь в безопасности». Участники конгресса постоянно оперировали понятием «риск».

Возможны следующие определения риска:

1. Это количественная оценка опасности, вероятность реализации опасности;

2. При наличии статистических данных, это частота реализации опасностей.

Различают опасности реальные и потенциальные. В качестве аксиомы принимаются, что любая деятельность человека потенциально опасна. Реализация потенциальной опасности происходит через ПРИЧИНЫ и приводит к НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ.

Сейчас перед специалистами ставится задача – не исключение до нуля безопасности (что в принципе невозможно). А достижение заранее заданной величины риска реализации опасности. При этом сопоставлять затраты и получаемую от снижения риска выгоду. Во многих западных странах для более объективной оценки риска и получаемых при этом затрат и выгод, вводят финансовую меру человеческой жизни. Заметим, что такой подход имеет противников, их довод – человеческая жизнь свята, бесценна и какие-то финансовые оценки недопустимы. Тем не менее, по зарубежным исследованиям, человеческая жизнь оценивается, что позволяет более объективно рассчитывать ставки страховых тарифов при страховании и обосновывать суммы выплат.

Поскольку абсолютная безопасность (нулевой риск) невозможна, современный мир пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска.

Суть концепции заключается в стремлении к такой безопасности, которую принимает общество в данное время. При этом учитывается уровень технического развития, экономические, социальные, политические и др. возможности. Приемлемый риск – это компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Это можно рассмотреть в следующей ситуации. После крупной аварии на Чернобыльской АЭС, правительство СССР решило повысить надежность всех ядерных реакторов. Средства были взяты из госбюджета и, следовательно, уменьшилось финансирование социальных программ здравоохранения, образования и культуры, что в свою очередь привело к увеличению социально-экономического риска. Поэтому следует всесторонне оценивать ситуацию и находить компромисс – между затратами и величиной риска.

Переход к «риску» дает дополнительные возможности повышения безопасности техносферы. К техническим, организационным, административным добавляются и экономические методы управления риском (страхование, денежные компенсации ущерба, платежи за риск и

др.). Есть здравый смысл в том, чтобы законодательно ввести квоты за риск. При этом возникает проблема расчета риска: статистический, вероятностный, моделирование, экспертных оценок, социологических опросов и др. Все эти методы дают приблизительную оценку, поэтому целесообразно создавать базы и банки данных по рискам в условиях предприятий, регионов и т.д.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с общими сведениями. Записать определения.
2. Выполнить практические задачи.

**Практические задачи**

Задача 1. В таблице 2.0 приведен ряд профессий по степени индивидуального риска фатального исхода в год. Используя данные табл.1 методом экспертных оценок охарактеризуйте вашу настоящую деятельность и условия вашей будущей работы.

*Таблица 2.0*

**Классификация профессиональной безопасности**

| Категория | Условия профессиональной деятельности | Риск смерти (на человека в год) | Профессия |
|---|---|---|---|
| 1 | Безопасные | $1 \cdot 10^{-4}$ | Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности, бумажного производства и др. |
| 2 | Относительно безопасные | $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ | Шахтеры, металлурги, судостроители и др. |
| 3 | Опасные | $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ | Рыбопромысловики, верхолазы, трактористы и др. |
| 4 | Особо опасные | больше $1 \cdot 10^{-2}$ | Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов. |

После обсуждения письменно сформулируйте свою оценку.

Для решения следующих задач используйте формулу определения индивидуального риска

$$P = \frac{h}{H}, \qquad (2.1)$$

где P – индивидуальный риск (травмы, гибели, болезни и пр.); h – количество реализации опасности с нежелательными последствиями за определенный период времени (день, год и т.д.); H – общее число участников (людей, приборов и пр.), на которых распространяется опасность.

Пример решения задачи по формуле (2.1).

**Пример. Задача 1.** Ежегодно неестественной смертью гибнет 250 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 150 млн. человек.

**Решение.**

Рж = $2{,}5 \cdot 10^5 / 1{,}5 \cdot 10^8 = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$

Или будет 0,0017. Иначе можно сказать, что ежегодно примерно 17 человек 10000 погибает неестественной смертью. Если пофантазировать и предположить, что срок биологической жизни человека равен 1000 лет, то по нашим данным оказывается, что уже через 588 лет (1:0,0017) вероятность гибели человека неестественной смертью близка к 1 (или 100%).

Примечание. Здесь и в задачах №2,3 данные приближены к России.

**Задача 2.** Опасность гибели человека на производстве реализуется в год 7 тыс. раз. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн. человек. Сравните полученный результат с вашей экспертной оценкой из задачи 1.

**Задача 3.** Определить риск погибших в дорожно-транспортном происшествии (ДТП), если известно, что ежегодно гибнет в ДТП 40 тыс. человек при населении 150 млн. человек.

**Задача 4.** Используя данные индивидуального риска фатального

исхода в год для населения США (данных по России нет), определите свой индивидуальный риск фатального исхода на конкретный год. При этом можно субъективно менять коэффициенты и набор опасностей.

*Таблица 2.1*

**Индивидуальный иск гибели в год**

| Причина | Риск | Причина | Риск |
|---|---|---|---|
| Автомобильный транспорт | $3 \cdot 10^{-4}$ | Воздушный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ |
| Падения | $9 \cdot 10^{-5}$ | Падающие предметы | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Пожар и ожог | $4 \cdot 10^{-5}$ | Электрический ток | $6 \cdot 10^{-6}$ |
| Утопление | $3 \cdot 10^{-5}$ | Железная дорога | $4 \cdot 10^{-6}$ |
| Отравление | $2 \cdot 10^{-5}$ | Молния | $5 \cdot 10^{-7}$ |
| Огнестрельное оружие | $1 \cdot 10^{-5}$ | Все прочие | $4 \cdot 10^{-5}$ |
| Станочное оборудование | $1 \cdot 10^{-5}$ | Ядерная энергетика | $2 \cdot 10^{-10}$ |
| Водный транспорт | $9 \cdot 10^{-6}$ | (пренебрегаемо мал. риск) | |

Риск общий для американца: $P_{общ} = 6 \cdot 10^{-4}$

Сравнить полученный результат с результатом примера решения.

Задачи на риск гибели неестественной смертью в России и с риском гибели в год для американца ($P_{общ}$).

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русак О.Н. Труд без опасности. Л. «Лениздат», 1986, 191 с.

2. Береговой Г.Т. и др. Безопасность космических полетов. М., «Машиностроение», 1977, 320 с.

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Цель практического занятия :**закрепление теоретических знаний, полученных при изучении раздела “Гелиофизические и метеорологические фактора: микроклимат производственных помещений”, и формирование практических навыков расчета метеорологических условий в производственном помещении и гигиенической оценки параметров микроклимата.

**Общие сведения:**

Одним из основных условий эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях. Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на терморегуляцию организма человека и могут привести кпереохлаждение или перегреву тела

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, определяемый действующими на организм человека факторами: сочетанием температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового облучения, температуры поверхности ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д

Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Причиной ряда заболеваний является местное и общее охлаждение. Переохлаждение организма ведет к простудным заболеваниям: ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии. Установлено, что при

переохлаждении ног и туловища возникает спазм сосудов слизистых оболочек дыхательного тракта.

Перегревание возникает при избыточном накоплении тепла в организме, которое возникает при действии повышенных температур. Основными признаками перегревания являются повышение температуры тела до 38°Си более, обильное потоотделение, слабость, головная боль, учащение дыхания и пульса, изменение артериального давления и состав крови, шум в ушах, искажение цветового восприятия

Тепловой удар – это быстрое повышение температуры тела 40°С и выше. В этом случае падает артериальное давление, потоотделение прекращается, человек теряет сознание.

Организм человека обладает свойством терморегуляции – поддержание температуры тела в определенных границах (36,1…37,2°С) Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующегося в организме человека в процессе обмена веществ, теплопродукцией и излишком тепла, непрерывно выделяемого в окружающую среду, - теплоотдачей, т.е сохраняет тепловой баланс организма человека. Количество выделившейся теплоты меняется от 8Вт до 50 Вт.

*Теплопродукция.* Тепло вырабатывается всем организмом, но в наибольшей степени в мышцах и печени. В процессе работы в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с деятельностью мышечного аппарата и нервной системы. Энергозатраты человека, выполняющего различную работу, могут быть классифицированы на категории.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма: легкие физические работы, средние физические работы, тяжелые физические работы.

К категории 1а относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории 1б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140…174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (в полиграфической промышленности, на часовом, швейном производствах, в сфере управления )

К категории 2а относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…232 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории 2б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории 3 относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Теплоотдача. Количество тепла, отдаваемого организмом человека, зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Теплоотдача осуществляется путем радиации, конвекции, испарения пота и дыхания. Для человека, находящегося в состояние покоя и одетого в обычную комнатную одежду, соотношение составляющих теплоотдачи имеет следующие распределения, % радиацией – 45, конвекцией – 30, испарением и дыханием – 25.

Основное значение имеет регулирование теплоотдачи, так как она является наиболее изменчивой и управляемой. Комфортные тепло ощущения у человека возникают при наличии теплового баланса организма, а также при условии его некоторого нарушения. Это обеспечивается тем, что в организме человека имеется некоторый резерв тепла, который используется им в случае охлаждения. Этот потенциальный запас тепла составляет в среднем 8360 кДж и находится главным образом во внешних слоях тканей организма на глубине 2-3

см от кожи. При известном уменьшении запаса тепла у человека появляются субъективно ощущения «прохлады», которые, если охлаждение продолжается, сменяются ощущениями «холодно», «очень холодно»

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» Этими документами установлены влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

В соответствии с вышеуказанным стандартом теплым периодом года считается сезон, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С.

Допустимыми считаются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызывать напряжения реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

Оптимальными являются такие микроклиматические параметры, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека.

Расчет показателей микроклимата базируются на опытных данных о давлении, температуре и скорости движения воздуха на рабочем месте полученных при замерах на нем с помощью соответствующих приборов

**Показатели микроклимата вычисляются в следующей последовательности:**

1. Атмосферное давление В, Па, на рабочем месте, измеренное с помощью барометра-анероида БАММ-1

$$B = B_п + B_ш + B_т + B_д , \qquad (3.1)$$

где В– исправленное значение замеренного давления, Па; Вп – отсчет по прибору, Па; Вш – шкаловая поправка;Вт – температурная поправка, равная произведению температуры прибора на удельную температуру поправки прибора; Вд – добавочная поправка, Па.



Рис. 3.1 Барометр-анероид «БААМ-1»

Барометр-анероид «БААМ-1» измеряет атмосферное давление в наземных условиях в диапазоне температур от 0 до +40 С° и при относительной влажности воздуха более 80%

2. Температура воздушной среды измеряется с помощью ртутных или спиртовых термометров, а также с помощью термографов, обеспечивающих непрерывную запись температуры на ленте за определенный период времени. Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термометров

3. Влажность воздуха – абсолютная и относительная определяется с помощью психрометров. Психрометр состоит из сухого и влажного термометров. Резервуар влажного термометра покрыт тканью, которая опущена в мензурку с водой. Испаряясь, вода охлаждает влажный термометр, поэтому его показания всегда ниже показания сухого.

Психрометры бывают типа Августа (Рис 3.2) и переносными, типа Ассмана (Рис 3.3). Психрометр Ассмана является более совершенным и точным прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометра находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с постоянно скоростью 4 м/с.

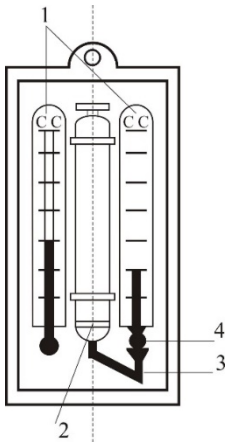



Рис. 3.2 Психрометры Августа

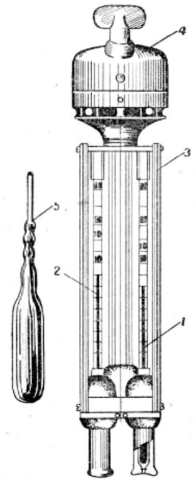



Рис. 3.3 Психрометр Ассмана

Влажность воздуха может быть рассчитана: 1) по давлению водяного пара, находящегося в воздухе или 2) по плотности водяного пара

При первом способе сначала определяется давление водяного параЮ находящегося в воздухе при данной температуре

$$P_{в.п} = P_{н.в} - c(T_c - T_в)B \qquad (3.2)$$

где Рн.в– давление насыщенного водяного пара при температуре tв, зафиксированной влажным термометром, Па;с–коэффициент психрометра, зависящий от скорости движения воздуха около шарика мокрого термометра (при скорости движения воздуха до 4 м/с принимают с = 0.00074, свыше 4 м/с – 0,00066) tc и tв – температура сухого и влажного термометра,В–

барометрическое давление воздуха в момент измерения температур психрометром, Па

Определив порациональнее давление водяного пара, находят относительную влажность воздуха

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где $P_{н.с}$– давление насыщенного водяного пара при температуре $t_c$, зафиксированной влажным термометром,

При расчете влажности воздуха по плотности водяного пара определяются:

а) абсолютная влажность воздуха (масса водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре)

$$F = \frac{(1000 * P_{в.п})}{(461{,}5(273 + t_C))}, \quad (3.4)$$

где 461,5 – удельная газовая постоянная водяного пара Дж/(кг *К);

б) максимальная абсолютная влажность воздуха

$$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5 * (273 + t_C)}, \quad (3.5)$$

в) относительная влажность воздуха $\varphi$

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} * 100, \quad (3.6)$$

*Таблица 3.0*

**Давление насыщенного водяного пара Р, Па при температуре воздуха**

| t, С | Р, Па | t, С | Р, Па | t, С | Р, Па | t, С | Р, Па |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 611 | 10 | 1228 | 20 | 2328 | 30 | 4242 |
| 1 | 657 | 11 | 1312 | 21 | 2486 | 31 | 4493 |
| 2 | 705 | 12 | 1403 | 22 | 2644 | 32 | 4754 |
| 3 | 759 | 13 | 1497 | 23 | 2809 | 33 | 5030 |
| 4 | 813 | 14 | 1599 | 24 | 2894 | 34 | 5320 |
| 5 | 872 | 15 | 1705 | 25 | 3168 | 35 | 5624 |
| 6 | 935 | 16 | 1817 | 26 | 3361 | 36 | 5941 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 1001 | 17 | 1937 | 27 | 3565 | 37 | 6275 |
| 8 | 1073 | 18 | 2064 | 28 | 3780 | 38 | 6625 |
| 9 | 1148 | 19 | 2197 | 29 | 4005 | 39 | 6991 |

Значение относительной влажности $\varphi$, найденного описанными способами, может быть проверено по данным психометрической таблицы

4. Скорость движения воздуха измеряется с помощью крыльчатых или чашечных анемометров (Рис 3.4). Крыльчатый анемометр принимается для измерения скорости воздуха до 10 м/с, а чашечный – до 30м/с. Принцип действия анемометров обоих типов основан на том, что частоты вращения крыльчатки тем больше, чем больше скорость движения воздуха. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм. Разница в показаниях до и после измерения, деленная на время наблюдения, показывает число делений в 1 с. Специальный тарировочный паспорт, предлагаемый к каждому прибору позволяет по вычисленной величине делений определить скорость движения воздуха.



Рис 3.4 Чашечный анемометр

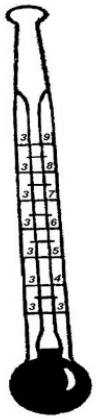


Рис. 3.5 Кататермометр

Скорость движения воздуха в интервале величин от 0.1 до 0.5 м/с можно определить с помощью кататермометра (Рис.3.5). Шаровой кататермометр представляет собой стартовый термометр с двумя резервуарами: шаровым внизу и цилиндрическим вверху. Шкала кататермометра имеет давление от 31 до 41 градуса. Для работы с этим прибором его предварительно нагревают на водяной бане, затем вытирают насухо и помещают в исследуемое место. По величине падения столба спирта в единицу времени на кататермометре при его охлаждении судят о скорости движения воздуха. Для измерения малых скоростей (от 0.03 до 5 м/с) при температуре в производственных помещениях не ниже 10С применяется термоанемометр. Это электрический прибор на полупроводниках, принцип его действия основан на измерении величины сопротивления датчика при изменении температуры и скорости движения воздуха.

*Таблица 3.1*

**Значения относительной влажности**

| $t_c$ °C | Разность показаний сухого и влажного термометров $t_c$ - $t_b$ °C | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | Относительная влажность $\varphi$, % | | | | | | | | | |
| 0 | 100 | 81 | 63 | 45 | 28 | 11 | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 83 | 65 | 48 | 32 | 16 | | | | |
| 2 | 100 | 84 | 68 | 51 | 35 | 20 | | | | |
| 3 | 100 | 84 | 69 | 54 | 39 | 24 | 10 | | | |
| 4 | 100 | 85 | 70 | 56 | 42 | 28 | 14 | | | |
| 5 | 100 | 86 | 72 | 58 | 45 | 32 | 19 | 6 | | |
| 6 | 100 | 86 | 73 | 60 | 47 | 35 | 23 | 10 | | |
| 7 | 100 | 87 | 74 | 61 | 49 | 37 | 26 | 14 | | |
| 8 | 100 | 87 | 75 | 63 | 51 | 40 | 29 | 18 | 7 | |
| 9 | 100 | 88 | 76 | 64 | 53 | 42 | 31 | 21 | 11 | |
| 10 | 100 | 88 | 76 | 65 | 54 | 44 | 34 | 24 | 14 | 5 |

Продолжение табл. 3.1

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 100 | 88 | 77 | 66 | 56 | 46 | 36 | 26 | 17 | 8 |
| 12 | 100 | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 |
| 13 | 100 | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 |
| 14 | 100 | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 |
| 15 | 100 | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 | 20 |
| 16 | 100 | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 |
| 17 | 100 | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 | 24 |
| 18 | 100 | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 |
| 19 | 100 | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 | 29 |
| 20 | 100 | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 |
| 21 | 100 | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 | 32 |
| 22 | 100 | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 |
| 23 | 100 | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 | 36 |
| 24 | 100 | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 |
| 25 | 100 | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 |
| 26 | 100 | 92 | 85 | 78 | 71 | 64 | 58 | 51 | 46 | 40 |
| 27 | 100 | 92 | 85 | 78 | 71 | 65 | 59 | 52 | 47 | 41 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 100 | 93 | 85 | 78 | 71 | 65 | 59 | 52 | 48 | 42 |
| 29 | 100 | 93 | 86 | 79 | 72 | 66 | 60 | 54 | 49 | 43 |
| 30 | 100 | 93 | 86 | 79 | 73 | 67 | 61 | 55 | 50 | 44 |

Скорость движения воздуха V, м/с , при замере ее анемометром АСО-3 подсчитывается по формуле

$$V = an + b, \quad (3.7)$$

где n число делений в 1 с; $n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}}$; $n_н$ и $n_к$ – начальный и конечный отсчеты по анемометру; t зам – продолжительность замера по прибору.

При выполнении настоящего практического занятия рекомендуется использовать формулу:

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

5. Гигиеническая оценка результатов расчета параметров микроклимата: производится по санитарным нормам, приведенным в ГОСТ 12.1.005-88.

*Таблица 3.2*

**Оптимальные нормы температуры, относительно влажности и скорости движения воздуха по рабочей зоне производственных помещений**

| Период Года | Категория Работ | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха м/с не более |
|---|---|---|---|---|
| Холодный (температура наружного воздуха ниже +10°С) | Легкая – 1 | 22-24 | 40-60 | 0,1 |
| | Легкая – 1б | 21-23 | 40-60 | 0,1 |
| | Средней тяжести – Па | 18-20 | 40-60 | 0,2 |
| | | 17-19 | 40-60 | 0,2 |
| | Средней тяжести – Пб | 16-18 | 40-60 | 0,3 |
| | Тяжелая – III | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Теплый (температура наружного воздуха +10°С и выше) | Легкая – 1а | 23-25 | 40-60 | 0,1 |
| | Легкая – 1б | 22-24 | 40-60 | 0,2 |
| | Средней тяжести – Па | 21-23 | 40-60 | 0,3 |
| | Средней тяжести – Пб | 20-22 | 40-60 | 0,3 |
| | Тяжелая - III | 18-20 | 40-60 | 0,4 |

**Пример расчета:**

Исходный данные: $B_п$= 87937 Па,$B_ш$ = -50 Па, $t_c$ = 22 °С, $t_c$ = 16 °С, $\Delta t = -\frac{10Па}{°С}$, $B_д$= +100 Па, $n_н$=6000, t зам= 200с, период года – теплый.

**Решение:**

1. Атмосферное давление на рабочем месте (при температурной поправке)

$$B_т = t_c * \Delta t = 22(-10) = -220\ Па$$

$$B = B_п + B_ш + B_т + B_д = 87837 - 50 - 220 + 110 = 87667\ Па.$$

2. Скорость движения воздуха по исходным данным, полученным при помощи анемометра АСО-3. При числе давлений в 1с

$$n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}} = 6040 - \frac{6000}{200} = 0{,}2\ дел/с$$

Скорость движения воздуха составляет;

V=0,45n + 0,01 = 0,45 * 0,2 + 0,01 = 0,10 м/с

3. Относительная влажность воздуха по давлению водяного пара. При давлении насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра Рн.с = 2644 Па и температуре влажного термометра Р н.в = 1817 Па и парциальном давлении водяного пара в воздухе:

$$P_{в.п} = P_{н.в} - C(t_c - t_в) * B = 1817 - 0{,}00074 * (22 - 16) * 87837 = 1427\ Па$$

относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{P_{в.п}}{P_{н.с}} 100 = \frac{1427}{2644} 100 = 54\%$$

3б. Относительная влажность воздуха по плотности (массе) водяного пара. При абсолютной влажности воздуха:

$$A = \frac{1000 * P_{в.п}}{461{,}5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 1527}{461{,}5(273 + 22)} = 10{,}48 \text{ г/м}^3$$

И максимальной влажности воздуха:

$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 2644}{461{,}5(273 + 22)} = 19{,}42 \text{ г/м}^3$относительная влажность воздуха равна:

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} 100 = \frac{10{,}48}{19{,}42} 100 = 54\%$$

3в. Правильность произведенных подсчетов $\varphi$ подтверждают данные таблицы. При разности показаний сухого и влажного термометров Тс – Тв = 22 – 16 = 6 ℃ относительная влажность воздуха $\varphi$равна 54%

**Варианты заданий**

Для выполнения задания даются следующие показатели: отсчет по барометру Вп Температура воздуха по сухому (Тс) и влажному (Тв) термометрам психрометра, начальный (Nн) и конечный (Nк) отсчеты по анемометру, продолжительность замера скорости движения воздуха Тзам, период года (холодный, теплый) Для отсчета скорости движения воздуха использовать формулу

$$V = 0{,}45n + 0{,}01$$

Интенсивность теплового излучения на рабочем месте полагать равной 50 Вт/м$^2$. Числовые значения исходных данных приведены в таблице 3.3.

*Таблица 3.3*

**Числовые значения поправок к барометру**

| вариант | Вв, Па | Вш, Па | Δt, Па | Ва, Па | Тс, °С | Тв, °С | Nн | Nк | Т зам, °С | Период года |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 110146 | -100 | -10 | +100 | 23 | 18 | 6000 | 6246 | 140 | Холодный |
| 2 | 105752 | -100 | -10 | +100 | 22 | 16 | 6107 | 6138 | 155 | То же |
| 3 | 97989 | +75 | -10 | +100 | 18 | 13 | 6357 | 6407 | 160 | То же |
| 4 | 90498 | +25 | -10 | +100 | 17 | 11 | 6841 | 6909 | 170 | То же |
| 5 | 94232 | +150 | -10 | +100 | 16 | 11 | 6944 | 7051 | 200 | То же |
| 6 | 103379 | -50 | -10 | +100 | 24 | 17 | 6107 | 6387 | 150 | Теплый |
| 7 | 107509 | -100 | -10 | +100 | 23 | 17 | 6305 | 6696 | 187 | То же |
| 8 | 89371 | 0 | -10 | +100 | 22 | 15 | 6421 | 6501 | 190 | То же |
| 9 | 94263 | +150 | -10 | +100 | 20 | 15 | 6725 | 6830 | 175 | То же |
| 10 | 96946 | +100 | -10 | +100 | 19 | 12 | 6100 | 6176 | 11 | То же |

Порядок выполнения работы

1. Расчет и оформление практической работы провести в соответствии с примером расчета. Варианты заданий определяются пр-ем.

2. Результаты расчетов микроклимата на рабочем месте в производственном помещении занести в таблицу.

*Таблица 3.4*

**Пример заполнения таблицы**

| Температура воздуха | | Относительная влажность % | | Скорость движения воздуха | |
|---|---|---|---|---|---|
| Фактически данная | Оптимальная по нормам | Фактически рассчитанная | Оптимальная по нормам | Фактически рассчитанная | Оптимальная по нормам |

3. На основании полученных результатов определить категорию работ, в соответствии с периодом года.

4. Ответить на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1. Что понимают под микроклиматом производственных помещений?
2. Опишите характер действия климатических факторов на организм человека.
3. В чем состоит нормирование воздействий климатических факторов на человека?
4. Как определяют давление, температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха?
5. Назовите способы и средства нормализации микроклимата на рабочих местах.

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЙ И БОРЬБА С ИЗБЫТОЧНЫМ ТЕПЛОМ В ШАХТАХ

**Цель практического занятия** - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Комфортные условия жизнедеятельности», и овладение методикой расчета тепловыделений в выработки глубоких шахт и выбора технических решений по борьбе с избыточным теплом.

**Общие сведения**. Климатические условия в подземных выработках, особенно в глубоких шахтах, как правило, отличаются от климатических условий на земной поверхности. Микроклимат горных выработок (т. е. действующее в них на организм человека сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха, его давления и температуры окружающих поверхностей) в значительной степени зависит от теплообменных процессов, происходящих на пути движения воздуха. Под воздействием этих процессов температура шахтного воздуха в выработках существенно повышается с увеличением глубины ведения горных работ.

Нагревание воздуха, движущегося по горным выработкам, происходит в результате:

- теплообмена между потоком шахтного воздуха и окружающим выработки массивом горных пород, т. е. охлаждения пород;
- естественного адиабатического сжатия воздуха при движении его вниз по вертикальным и наклонным выработкам;
- изменения содержания влаги в воздухе;
- теплообмена между воздухом и подземной водой, текущей по выработкам;
- окисления угля, угольной пыли, сульфидных руд, крепежного леса и некоторых других веществ;
- охлаждения отбитых и транспортируемых масс угля и породы;
- работы горных машин и механизмов;
- выделения тепла осветительными установками, электрическими кабелями, трубопроводами сжатого воздуха, телом человека, а также действия других второстепенных факторов.
- Вызванное перечисленными факторами приращение температуры шахтного воздуха (оС = К), может быть определено из выражения

$$\Delta t = \frac{\Sigma Q_i}{C_p \rho V}, \qquad (4.1)$$

где $\Sigma Q_i$ - суммарное количество теплоты, идущее на нагревание воздуха, кДж/ч; $C_p$ - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м$^3$; $V$ - объемный расход воздуха, м$^3$/ч.

Шахтный воздух уже при температуре свыше 25 °С оказывает отрицательное тепловое воздействие на физиологию и гигиену труда подземных рабочих. При задержке отдачи телом человека накопившегося в нем тепла возникает перегрев организма, осложняющий протекание жизненных процессов. Чрезмерный перегрев организма вызывает ухудшение самочувствия человека, приводит к серьезным заболеваниям (в наиболее тяжелых случаях - к

тепловому удару, или стрессу, или даже к смерти), увеличивает вероятность травматизма, снижает производительность труда.

Изменение температуры воздуха (и других параметров микроклимата) в подземных выработках оказывает влияние также на физико-механические свойства горных пород и на безопасное состояние сооружений и выработок.

Расчет выделения теплоты в выработки глубоких шахт ведется по следующим зависимостям.

***1. Тепловыделение при охлаждении горных пород.*** Количество теплоты $Q_{охл}$, кДж/ч, выделяющееся вследствие охлаждения окружающих выработку горных пород, описывается уравнением Ньютона для конвективного теплообмена

$$Q_{охл} = K_\tau P l (t_п - t_в), \qquad (4.2)$$

где $K_\tau$ - коэффициент нестационарного теплообмена между массивом горных пород и воздухом, кДж/(м$^2$·ч·К) (рассчитывается по формуле, приводимой ниже); $P$ и $l$ - периметр и длина выработки, м; $t_п$ - естественная температура неохлажденных пород на данной глубине, ($^o$С = $K$, расчет приводится ниже); $t_в = t_{пб}$ - допустимая температура воздуха в выработке, $^o$С (принимается согласно Правилам безопасности).

Коэффициент $K_\tau$, кДж/(м$^2$·ч·К) определяется по формуле

$$K_\tau = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi a \tau (1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э})}}\right], \qquad (4.5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности породы, кДж/(м·ч·К) (принимается по табл. 3.1); $\alpha_0$ - суммарный коэффициент теплоотдачи от стен шахтной выработки к воздуху, кДж/(м$^2$·ч·К) (расчет ниже); $R_э$ - эквивалентный радиус выработки, м: $R_э = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 0.564\sqrt{S}$ , $a$ - коэффициент температуропроводности

породы, м$^2$/ч: $a = \frac{\lambda_п}{c_п \cdot \rho_п}$ (принимается по табл. 3.1); $c_п$ - удельная теплоемкость породы, кДж/(кг·К) (принимается по табл. 3.1); $\rho_п$ - плотность породы, кг/м$^3$ (принимается по табл. 3.1); $\tau$ - расчетное время процесса теполообмена, ч (например, при длительности процесса теплообмена 4 года значение $\tau$ = 4·365·24 = = 35040 ч).

*Таблица 4.0*

**Тепловая характеристика пород**

| Порода | ρ, кг/м$^3$ | $c_п$, кДж/(кг·К) | λ, кДж/(м·ч·К) | $a$, м$^2$/ч |
|---|---|---|---|---|
| Песчаник (Центральный Донбасс) | 2475 | 0,854 | 9,211 | 0,00436 |
| Глинистые и песчанистые сланцы (там же) | 2450 | 0,904 | 6,363 | 0,00287 |
| Уголь (там же) | 1225 | 1,184 | 1,051 | 0,00073 |
| Бурый уголь (Челябинский бассейн) | 1210 | 1,130 | 0,913 | 0,00067 |
| Каменный уголь (Карагандинский бассейн) | 1275 | 1,055 | 0,963 | 0,00072 |
| Углистый сланец | 1765 | 1,021 | 3,006 | 0,00167 |
| Глинистый сланец | 2433 | 0,992 | 3,354 | 0.00139 |
| Змеевик | 2690 | 0,950 | 5,694 | 0,00223 |
| Гранит | 2722 | 0,917 | 7,972 | 0.00319 |
| Серный колчедан (Дегтярское месторождение) | 4620 | 0,908 | 15,010 | 0,00358 |
| Медный колчедан (там же) | 4716 | 0,862 | 15,165 | 0,00373 |

Суммарный коэффициент теплоотдачи с поверхности горной выработки $\alpha_0$, кДж/(м$^2$·ч·К), находится их выражения

$$\alpha_0 = \alpha_к + \alpha_и,$$

где $\alpha_к$ - конвективный коэффициент теплоотдачи от стен выработки к воздуху, кДж/(м$^2$·ч·К)

$$\alpha_к = 2{,}9 \cdot 4{,}1868 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}} = 12{,}14 \frac{V^{0.8}}{Д_э^{0,2}}$$

где $v$ - скорость движения воздуха в выработке, м/с; $Д_э$ - эквивалентный диаметр выработки, м: $Д_э = \frac{4S}{P}$; $\alpha_и$ - коэффициент, учитывающий испарения влаги с мокрых стен выработки, кДж/(м$^2$·ч·К)

$$\alpha_и = 1{,}3\beta \cdot r\,,$$

где β - коэффициент массоотдачи (коэффициент испарения), кг/(м$^2$·ч·К), принимается равным 0,01 - для стволов, 0,15 - для капитальных выработок, 0,03 - для лав; $r$ - теплота парообразования воды, принимается $r$ = 2256 кДж/кг.

Температура горных пород в массиве $t_п$ , °С, на заданной глубине $H$, м, от земной поверхности определяется по формулам:

$$t_п = h \cdot t_н + \frac{H - H_0}{Г_{ст}} \text{ или } t_п = h \cdot t_н + (H - H_0)\delta, \qquad (4.6)$$

где $t_п$ - температура пород нейтрального слоя (зоны с постоянной температурой пород) в данной местности; принимается примерно равной среднегодовой температуре воздуха на земной поверхности в данном районе, °С; $t_н$ = 8,5; 2,5; 2,5; 3,0 °С для условий соответственно Донбасса, Кузбасса, Караганды и Мосбасса; $H_0$ - глубина (толщина) нейтрального слоя, м: $H_0$ = 20-40 м; $Г_{ст}$ - геотермическая ступень данного района, м/°С: в среднем $Г_{ст}$ составляет для угольных месторождений 30–40 м/ °С, рудных 50-140 м/ °С, нефтяных 15-20 м/ °С; δ - геотермический градиент, °С/м.

***2. Тепловыделение при сжатии воздуха***. Количество теплоты $Q_{сж}$, кДж/ч, выделяющееся при движении воздуха вниз по вертикальным и наклонным выработкам, определяется выражением

$$Q_{сж} = 9{,}81 \cdot \rho \frac{V_в \cdot H}{1000} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_в \cdot H, \qquad (4.7)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м$^3$; $V_в$ - количество воздуха, проходящего по выработке (объемный часовой расход воздуха), м$^3$/ч: $V_в = 3600 \cdot v \cdot S$;

$v$ - скорость движения воздуха в выработке, м/с; $S$ - площадь поперечного сечения выработки, м$^2$; $H$ - глубина расположения выработки, м; для наклонной выработки

$$H = l_н \cdot sin\,\psi, \tag{4.8}$$

где $l_н$ - длина наклонной выработки; $\psi$ - угол наклона выработки, град.

***3. Тепловыделение при окислительных процессах.*** Количество теплоты $Q_{ок}$, кДж/ч, образующееся при окислении угля, угленосных сланцев, сульфидных руд и древесины, подсчитывается по формуле А. Ф. Воропаева

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0,8} \cdot P \cdot l, \tag{4.9}$$

где $q_{ок}$ - тепловыделение в результате окислительных процессов, приведенное к скорости движения воздуха в выработке, $V$ = 1 м/с, кДж/(м$^2$·ч); $q_{ок}$ можно принимать равным 12-21 кДж/(м$^2$·ч).

***4. Тепловыделение от местных источников.*** К местным источникам теплоты относят электродвигатели, трансформаторы, светильники, электрические кабели, трубопроводы сжатого воздуха, пневматические двигатели, другие тепловыделяющие машины, механизмы и устройства, а также работы, производимые с применением бетона на участке выработки или в призабойной зоне, когда тепло выделяется при его отвердении.

Расчетные формулы для определения количества теплоты от местных источников имеют следующий вид:

4.1. Тепловыделение при работе ***электродвигателей*** горных машин и освещения $Q_{эд}$, кДж/ч

$$Q_{эд} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot k_з}{\eta_э}, \tag{4.10}$$

где $N_{потр}$ - потребляемая мощность электродвигателей и осветительных установок, кВт; $k_з$ - коэффициент загрузки оборудования во времени: $k_з$ = 0,8; $\eta_э$ - к. п. д. электродвигателя: $\eta_э$ = 0,95.

4.2. Тепловыделение в выработку (ствол, уклон, бремсберг и др.) при эксплуатации ***лебедок*** $Q_л$, кДж/ч:

- при подъеме груза лебедкой $Q_{лп} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з(1 - \eta_м)$;

- при спуске груза лебедкой $Q_{лс} = 3600 \cdot N_л \cdot k_з$.

где $N_л$ - установленная мощность электродвигателя лебедки, кВт; $\eta_м$ - механический к. п. д.: $\eta_м = 0,8$.

4.3. Тепловыделение при работе ***трансформатора*** $Q_{тр}$, кДж/ч

$$Q_{тр} = 3600 \cdot N_{тр} \cdot p_{тр}, \quad (4.11)$$

где $N_{тр}$ - мощность трансформатора, кВт; $p_{тр}$ - тепловые потери трансформатора: $p_{тр} = 0,04 \div 0,05$.

4.4. Тепловыделение при затвердевании монолитной ***бетонной крепи*** $Q_б$, кДж/ч

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц, \quad (4.12)$$

где $q_б$ - удельное выделение теплоты при отвердевании бетона, кДж/(м$^2$·ч); принимается $q_б$ = 200÷400 кДж/(м$^2$/ч); $P$ - периметр выработки, м; $l_ц$ - длина участка бетонирования, контактирующего с вентиляционной струей за один цикл проходки, м.

4.5. Тепловыделение при ***взрыве ВВ***. В выработке большого сечения при использовании более 100 кт ВВ тепловыделение при взрыве $Q_{взр}$, кДж/ч, рассчитывается по формуле

$$Q_{взр} = 0,8 \cdot q_{взр} \cdot m_з, \quad (4.13)$$

где $q_{взр}$ - удельное тепловыделение при взрыве 1 кг ВВ, кДж/кт; $m_з$ - масса заряда, кг.

*Таблица 4.1*

**Рекомендуемые значения $q_{взр}$ для применяемых ВВ**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Аммонит ПЖВ-20 | 3360 | | Аммонит АП-5ЖВ | 3780 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Угленит Э-6 | 2570 | | Аммонит скальный №1 | 5400 |
| Победит ВП-4 | 3810 | | Аммонит № 6 ЖВ | 4290 |
| Аммонит АП-4ЖВ | 3560 | | Игданит | 3790 |

4.6. Тепловыделение при работе шахтных ***вентиляторов*** происходит в результате работы электродвигателя, внутренних потерь энергии в вентиляторе и аэродинамического сжатия воздуха. Количество теплоты $Q_{вен}$, кДж/ч, поступающее в выработку при работе вентилятора, выражается формулой

$$Q_{вен} = 3600 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{1000 \eta_{ву}} = 3{,}6 \cdot V_{вс} \frac{h_в}{\eta_{ву}}, \quad (4.14)$$

где $V_{вс}$ - количество воздуха, проходящего по выработке (секундный расход), м$^3$/с; $h_в$ - депрессия выработки, Па;

$$h_в = \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^2}{S}, \quad (4.15)$$

где $\alpha_в$ - коэффициент аэродинамического сопротивления трения выработки, Н·с$^2$/м$^4$ = Па· с$^2$/м$^2$; $P$, $l$, $S$ - периметр, длина и площадь поперечного сечения выработки, м, м, м$^2$; $v$ - средняя скорость движения воздуха по выработке, м/с;

$$\eta_{ву} = \eta_в \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п, \quad (4.16)$$

$\eta_в$ = 0,6÷0,8; $\eta_{дв}$ = 0,85÷0,95 и $\eta_п$ - к. п. д. соответственно вентиляторной установки, вентилятора, двигателя и редукторной ($\eta_п$ = 1) или ременной ($\eta_п$ = = 0,9÷0,95) передач.

Подставляя (4.15) в (4.16) и учитывая, что

$$V_{вс} = v \cdot S \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.17)$$

получим (кДж/ч)

$$Q_{вен} = 3{,}6 \cdot \alpha_в \cdot P \cdot l \frac{v^3}{\eta_{ву}}. \quad (4.18)$$

4.7. Тепловыделение при работе ***людей*** $Q_л$, кДж/ч

$$Q_л = q_л \cdot n_л, \quad (4.19)$$

где $q_л$ - количество теплоты, выделяемое работающим человеком, кДж/ч·чел $q_л$ = 1050÷2500 кДж/ч·чел.; $n_л$ - число одновременно работающих людей в выработке.

***5. Общее тепловыделение*** в выработку $Q_{общ}$, кДж/ч, находится суммированием всех частных выделений теплоты

$$Q_{общ} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \qquad (4.20)$$

## Способы искусственного охлаждения шахтного воздуха

Целью искусственного охлаждения шахтного воздуха является отвод определенного («излишнего») количества теплоты от него при помощи охлаждающего вещества. Тепло от воздуха можно отвести путем соприкосновения последнего с какой-либо холодной поверхностью или путем смешения его с газообразной струей, имеющей температуру ниже температуры воздуха.

**Борьба с избыточным выделением теплоты в горные выработки ведется по нескольким направлениям:**

- предохранение воздуха от нагревания при его движении к местам потребления;
- охлаждение воздуха без применения специальных холодильных машин;
- охлаждение воздуха с применением холодильных машин (кондиционирование).

Способы предупреждения нагревания шахтного воздуха включают в себя следующее:

- увеличение количества подаваемого в выработки воздуха путем повышения мощности вентиляторных установок, увеличения скорости движения воздуха, расширения сечений воздухоподающих выработок;

- замена машин с электроприводам машинами с пневматическим приводом;
- тепло- и гидроизоляция стен выработок;
- теплоизоляция и тщательное уплотнение воздухоподающих трубопроводов;
- предупреждение возникновения интенсивных окислительных процессов;
- сокращение пути движения воздуха к местам потребления путем выбора соответствующей схемы проветривания, проведения дополнительных выработок и скважин;
- подача воздуха к местам потребления по специально пройденным выработкам, где скорость движения воздуха может быть существенно увеличена;
- замена восходящего проветривания очистных выработок нисходящим проветриванием (при соблюдении соответствующих требований ПБ).

**Для предотвращения нагревания воздуха без применения холодильных машин используются следующие способы:**

- осушение воздуха сорбентами, т. е. веществами, способными поглощать влагу из воздуха (например, хлористым кальцием);
- охлаждение воздуха льдом;
- охлаждение воздуха жидким воздухам, при испарении которого поглощается значительное количество теплоты;
- охлаждение воздуха сжатым воздухам (например, от пневмо-кондиционеров);
- охлаждение воздуха водой: путем непосредственного соприкосновения охлаждающей воды с воздухом либо через поверхность труб, где воздух охлаждается в специальных теплообменниках;

- пропускание воздуха через тепловыравнивающие каналы путем подвода воздуха к стволу по горизонтальным выработкам, пройденным на глубине среднегодовой температуры.

Наиболее эффективным является искусственное охлаждение воздуха в системах кондиционирования: в компрессорных и абсорбционных холодильных установках. Холодильные установки бывают передвижные и стационарные. Передвижные установки предназначены для охлаждения воздуха в тупиковых выработках или в отдаленных очистных забоях. Стационарные установки располагаются как на земной поверхности, так и в подземных условиях.

**Хладопроизводительность** (холодильная мощность) **отечественных шахтных холодильных агрегатов и кондиционеров составляет:**

- передвижных кондиционеров ВК-230 - 230 кВт, КПШ-3 – 105 кВт, КПШ-40 - 47 кВт, КПШ-40П с пневмоприводом - 52 кВт;
- турбокомпрессионных холодильных машин ШХТМ-1300 - 1500 кВт, ХТМФ-235М-2000 - 2325 кВт, ХТМФ-248-4000 - 4650 кВт;
- поршневой холодильной машины МФ-220-1РШ - 255 кВт;
- абсорбционной холодильной машины АБХА-2500-2В – 2800 кВт.

Для стационарной работы на поверхности используются машины ХТМФ-235-2000, ХТМФ-248-4000, АБХА-2500-2В, а машины ШХТМ-1300 и МФ-220-1РШ устанавливаются на глубоких горизонтах.

Охлаждение шахтного воздуха с применением холодильных машин становится необходимым, когда общее тепловыделение в выработку $Q_{общ}$ превышает тепловыделение в нее, допускаемое Правилами безопасности, $Q_{пб}$, т. е. при условии

$$Q_{общ} > Q_{пб}.$$

Поскольку эти количества теплоты описываются формулами:

$Q_{общ} = c_р \cdot \rho \cdot V_{теп} \cdot (t_{пб} - t_н)$ и $Q_{пб} = c_р \cdot \rho \cdot V_в \cdot (t_{пб} - t_н)$,

то критерий необходимости кондиционирования воздуха в выработке может быть записан в виде соотношения

$$V_{\text{теп}} > V_{\text{в}},$$

где $V_{\text{теп}}$ - количество воздуха, которое необходимо подать в выработку по тепловому фактору без охлаждения воздуха, м$^3$/ч;

$$V_{\text{теп}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{c_{\text{р}} \cdot \rho \cdot \Delta t'} \qquad (4.21)$$

где $c_{\text{р}}$ - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К) $c_{\text{р}}$ = 0,241 ккал/(кг·К)·4,1868 кДж/ккал = 1,009 кДж/(кг·К); ρ - плотность воздуха, кг/м$^3$; $\Delta t$ - перепад температур между выходящим (отработанным) и входящим (свежим) воздухам, проходящим по выработке, К ($^{\text{o}}$С):

для стволов $\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$, для подземных выработок $\Delta t = t_{\text{п}} - t_{\text{в}}$.

При необходимости кондиционирования воздуха следует выбрать тип кондиционера, рассчитать потребное количество кондиционеров и проверить правильность их установки.

Требуемая хладопроизводительность кондиционера $N_{\text{к}}'$, кВт, находится по формуле

$$N_{\text{к}}' = \frac{c_h \cdot \rho \cdot V_d (t_{\text{н}} - t_{\text{пб}})}{3600} \qquad (4.22)$$

К установке принимают кондиционер хладопроизводительностью

$$N_K \geq N_K'$$

При установке кондиционера в выработке (обычно одного) температура смеси за кондиционером $t_{\text{см}}$ , $^{\text{o}}$С (=К), определяется соотношением

$$t_{\text{см}} = t_{\text{п}} - 3600 \frac{N_{\text{к}}}{c_{\text{р}} \cdot \rho \cdot V_{\text{в}}} \qquad (4.23)$$

Достаточность установки кондиционера проверяется по условию

$$t_{\text{см}} < t_{\text{в}}$$

Если $t_{\text{см}} > t_{\text{в}}$, то необходимо установить более мощный кондиционер.

***Пример расчета.*** Исходные данные:

выработка - ствол шахты,

$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 38{,}5$ м$^2$,

$r_э = 3{,}5$ м,

$d = d_э = 7$ м,

$P = \pi \cdot d = 22$ м,

$l = H = 1200$ м,

$\alpha = 0^o$,

$H_0 = 20$ м,

$\delta = \frac{1}{\Gamma_{ст}} = 0{,}035$ м/$^o$C,

порода - песчаник,

$\rho_п = 2400$ кг/м$^3$,

$c_п = 0{,}858$ кДж/(кг·К),

$\lambda = 9{,}21$ кДж/(м·ч·К),

$a = \frac{\lambda}{c_п \cdot \rho_п} = 0{,}00477$ м$^2$/ч,

v = 2 м/с,

$\tau = 7$ лет $= 7 \cdot 365 \cdot 24 = 61320$ ч,

$t_н = 8{,}5$ $^o$C,

$t_в = t_{пб} = 24$ $^o$C,

$N_{потр} = 100$ кВт,

$N_п = 90$ кВт,

$\alpha_б = 0{,}0040$ кгс·с$^2$/м$^4$ =

$= 0{,}0392$ Па· с$^2$/м$^2$,

$N_{тр} = 100$ кВт,

$n = 7$ человек.

Для обеспечения возможности выполнения расчета тепловыделений по приведенным выше формулам принимаем дополнительно следующие данные (параметры):

$\beta = 0{,}01$ кг/(м$^2$·ч·К),

$r = 2256$ кДж/кг,

$\rho = 1{,}25$ кг/м$^3$,

$q_{ок} = 16$ кДж/(м$^2$·ч),

$к_з = 0{,}8$,

$\eta_{дв} = 0{,}95$,

$P_{тр} = 0{,}05$,

$q_б = 200$ кДж/(м$^2$·ч),

$l_ц = 5$ м,

$q_п = 2000$ кДж/(ч·чел),

$\eta_{ву} = \eta_у \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_п = 0{,}7 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}95 = 0{,}56$,

$c_р = 1{,}009$ кДж/(кг·К).

Подсчитываем количества теплоты, выделяющиеся в выработку.

***1. Тепловыделение при охлаждении горных пород***

$$\alpha_k = 12.4 \cdot \frac{v^{0.8}}{d_э{}^{0.2}} = 12.4 \cdot \frac{2^{0.8}}{7^{0.2}} = 14.32, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К;}$$

$$\alpha_и = 1.3 \cdot \beta \cdot r = 1{,}3 \cdot 0{,}001 \cdot 2256 = 29{,}33, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_и = 14{,}32 + 29{,}33 = 43{,}65, \text{ кДж/(м}^2\text{·ч·К);}$$

$$K_т = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot a \cdot \tau}\left(1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 \cdot R_э}\right)}\right] =$$

$$\frac{9{,}211}{1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 42{,}65 \cdot 2{,}5}} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 3{,}5} + \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot 0{,}00447 \cdot 61320}\left(1+\frac{9{,}211}{2 \cdot 42{,}65 \cdot 2{,}5}\right)}\right] = 1{,}57,$$

кДж/(м$^2$·ч·К);

$$t_п = t_Н + (H - H_0)\delta = 8{,}5 + (1200 - 20)0{,}035 = 50\ °C;$$

$$Q_{охл} = K_т \cdot P \cdot l(t_п - t_в) = 1{,}57 \cdot 22 \cdot 1200(50 - 24) = 107764 \text{ кДж/ч.}$$

***2. Тепловыделение при сжатии шахтного воздуха***

$$V_и = 3600 \cdot v \cdot S = 3600 \cdot 2 \cdot 38{,}5 = 277200 \text{ м}^3\text{/ч;}$$

$$Q_{сж} = 0{,}00981 \cdot \rho \cdot V_В \cdot H = 0{,}00981 \cdot 1.25 \cdot 277200 \cdot 1200 = 4078998$$

кДж/ч.

***3. Тепловыделение при окислительных процессах***

$$Q_{ок} = q_{ок} \cdot V^{0{,}8} \cdot P \cdot l = 16 \cdot 2^{0{,}8} \cdot 22 \cdot 1200 = 735441 \text{ кДж/ч.}$$

***4. Тепловыделение от местных источников:***

- при работе электродвигателей горных машин и освещения

$$Q_{ЭД} = \frac{3600 \cdot N_{потр} \cdot K_з}{\eta_{ДВ}} = \frac{3600 \cdot 100 \cdot 0{,}8}{0{,}95} = 303158 \text{ кДж/ч;}$$

- при спуске груза лебедкой

$$Q_{ЛС} = 3600 \cdot N_п \cdot K_з = 3600 \cdot 90 \cdot 0{,}8 = 259200 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе трансформатора

$$Q_{ТР} = 3600 \cdot N_{ТР} \cdot P_{ТР} = 3600 \cdot 100 \cdot 0{,}5 = 18000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе шахтных вентиляторов

$$Q_{ВЕН} = 3{,}6 \cdot \alpha_В \cdot P \cdot l \frac{V^3}{\eta_{ВУ}} = 3{,}6 \cdot 0{,}0392 \cdot 22 \cdot 1200 \frac{2^3}{0{,}565} = 52751 \text{ кДж/ч;}$$

- при затвердевании монолитной бетонной крепи

$$Q_б = q_б \cdot P \cdot l_ц = 200 \cdot 22 \cdot 5 = 22000 \text{ кДж/ч;}$$

- при работе людей

$$Q_Л = q_л \cdot n_л = 2000 \cdot 7 = 14000 \text{ кДж/ч.}$$

***5. Общее тепловыделение в ствол***

$$Q_{общ} = \sum_{i-1}^{n} Q_i = Q_{охл} + Q_{сж} + Q_{ок} + Q_{эд} + Q_{пс} + Q_{тр} + Q_{вен} + Q_б + Q_л = 1077648 + 4078998 + 735441 + 303158 + 259200 + 18000 + 52751 + 22000 + 14000 = 6561196$$

кДж/ч.

Находим количество воздуха, необходимое для проветривания выработки по тепловому фактору без охлаждения воздуха

$$V_{теп} = \frac{Q_{общ}}{C_р \cdot \rho (t_{нб} - t_Н)} = \frac{6561196}{1{,}009 \cdot 1{,}25 (24 - 8{,}5)} = 335611 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

Проверяем условие достаточности расхода воздуха по тепловому фактору $V_{теп} \langle V_в$.

В рассматриваемом случае это условие не выполняется, так как

$$V_{теп} = 335611 < V_В = 277200$$

Следовательно, требуется искусственное охлаждение воздуха при помощи холодильных машин.

Определяем требуемую хладопроизводительность холодильной машины

$$N_к = \frac{C_р \cdot \rho \cdot V_В (t_П - t_{пб})}{3600} = \frac{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200 (50 - 24)}{3600} = 2525 \text{ кВт.}$$

Принимаем $N_к$ = 2550 кВт. Температура смеси теплого и охлажденного воздуха за кондиционером составит

$$t_{см} = t_п - \frac{3600 \cdot N_k}{c_р \cdot \rho \cdot V_В} = 50 - \frac{3600 \cdot 2550}{1{,}009 \cdot 1{,}25 \cdot 277200} = 23{,}7$$

что удовлетворяет требованиям ПБ.

## Варианты заданий

Перечень вариантов заданий к расчету тепловыделений в горные выработки приведен в табл. 4.2.

*Таблица 4.2*

**Исходные данные для расчетов тепловыделений**

| | Величины | Номер варианта | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Выработка | Штрек | | Уклон | | Квершлаг | | Бремберг | | Ствол | |
| 2 | $S$, м$^2$ | 8 | 10 | 7 | 6 | 12 | 14 | 10 | 12 | 44,2 | 33,2 |
| 3 | $P$, м | 11,8 | 13,2 | 11,0 | 10,2 | 14,4 | 15,6 | 13,2 | 14,4 | 23,6 | 20,4 |
| 4 | $L$, м | 900 | 1000 | 300 | 500 | 700 | 600 | 1000 | 900 | 1100 | 1200 |
| 5 | $\alpha$, ° | 6 | 8 | 40 | 50 | 10 | 8 | 15 | 20 | 90 | 90 |
| 6 | $H$, м | 800 | 900 | 600 | 700 | 1000 | 800 | 1200 | 1500 | 1100 | 1200 |

Продолжение табл. 4.2

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | $H_0$, м | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 30 | 35 | 28 | 30 |
| 8 | $\Gamma_{ст}$, м/°С | 30 | 25 | 26 | 27 | 31 | 29 | 32 | 28 | 34 | 27 |
| 9 | Порода | Бурый уголь | Каменный уголь | Каменный уголь | Каменный уголь | Песчаник | Песчаник | Каменный уголь | Каменный уголь | Глинистый и песчанистый сланец | Песчаник |
| 10 | $V$, м/с | 0,5 | 0,75 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 0,5 |
| 11 | $\tau$, м/с | 3 | 2 | 6 | 8 | 5 | 9 | 10 | 7 | 6 | 4 |
| 12 | $t_н$, °С | 8,5 | 2,5 | 3,0 | 2,5 | 7,5 | 8,3 | 7,9 | 4,2 | 8,0 | 7,5 |
| 13 | $t_в = t_{пб}$, °С | 24 | 23 | 20 | 25 | 23 | 25 | 24 | 26 | 24 | 23 |
| 14 | $N_{потр}$, кВт | 70 | 60 | 50 | 40 | 100 | 90 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| 15 | $N_л$, кВт | - | - | 50 | 50 | - | - | - | - | - | 100 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | $N_{тр}$, кВт | 5 | 10 | - | - | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 |
| 17 | $\alpha_в$, Па·с$^2$/м$^2$ | 0,017 | 0,019 | 0,018 | 0,016 | 0,015 | 0,014 | 0,013 | 0,020 | 0,049 | 0,049 |
| 18 | $n_л$, чел. | 7 | 6 | 3 | 3 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 8 |

## Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте климатические условия в горных выработках глубоких шахт.

2. Как осуществляется теплоотдача тела человека в окружающую среду?

3. Какой микроклимат в выработках глубоких шахт считается допустимым?

4. Перечислите виды (формы) нагревания воздуха, движущегося по горным выработкам.

5. Как выполняется тепловое кондиционирование воздуха в горных выработках?

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ЦВЕТА СИГНАЛЬНЫЕ И ЗНАКИ БЕЗОПАСНОСТИ

**Цель работы** – ривить практические навыки в применении сигнальных цветов и знаков безопасности; изучить назначение, характеристики и порядок применения сигнальных цветов и знаков безопасности.

**Теоретические положения.**

Для предупреждения многих несчастных случаев на производстве и в быту эффективным средством является цветовое оформление машин, приборов, помещений и рациональное применение сигнальных цветов и знаков безопасности, которые устанавливает ГОСТ Р 12.4.026–01 [1].

Различают прямое психологическое воздействие цвета на челове- ка, вызывающее, например, чувство радости или печали, создающее впе- чатление легкости или тяжести какого-либо предмета, удаленности или близости его, и вторичное воздействие, связанное с ассоциациями. Напри- мер, красный, оранжевый и желтый цвета ассоциируются с огнем, солн- цем, т. е. теплом. Такие цвета создают впечатление тепла и называются те- плыми цветами. Белый, голубой, зеленый и некоторые другие цвета ассо- циируются с холодом и называются холодными цветами.

Сигнальные цвета применяются для окраски поверхностей конст- рукций, приспособлений и элементов производственного оборудования, которые могут служить источником опасности для работающих.

ГОСТом установлены красный, желтый, зеленый и синий сигналь- ные цвета. Для усиления контраста сигнальных цветов они применяются на фоне контрастных цветов. Контрастные цвета применяются также для выполнения символов и поясняющих надписей.

*Красный сигнальный цвет* применяется: для запрещающих знаков; надписей и символов на знаках пожарной безопасности, обозначений от-

ключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных; внутренних поверхностей открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин и их крышек; рукояток кранов аварийного сброса давления; корпусов масляных выключателей, находя- щихся в рабочем состоянии под напряжением, и обозначения пожарной техники.

*Желтый сигнальный цвет* используется: для предупреждающих знаков элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм (низкие балки, выступы и перепады в полости пола, малозаметные ступени, пандусы), мест, в которых существует опасность падения, сужений проездов, колонн, стоянок и опор производствен- ного оборудования (открытые движущиеся части оборудования); кромок штампов, прессов, ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, и т. п. элементов внутрицехового и межцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, кабин и ограждений кранов, боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек и постоянных и временных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных и временных ограждений лестниц, перекрытий строящихся зданий; балконов и других мест, где возможно падение с высоты, емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами, на которые предупреждающую окраску наносят в виде полосы шириной 50–100 мм в зависимости от размещения емкости; границ подходов к эвакуационным или запасным выходам.

*Зеленый сигнальный цвет* применяется для предписывающих знаков дверей и светового табло эвакуационных или запасных выходов, сигнальных ламп.

*Синий сигнальный цвет* используется для указательных знаков. Символ на знаках безопасности – это простое, всем понятное изображение характера опасности, мер предосторожности, инструктивных указаний или информации

по безопасности. Знаки должны быть установлены в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности. Знаки безопасности, устанавливаемые на воротах и входных дверях помещений, обозначают, что зона их действия – все помещение. При необходимости ограничения зоны действия знака приводятся соответствующие указания с вышеуказанным ГОСТом. Они контрастно выделются на окружающем их фоне и находятся в поле зрения людей, для которых предназначены. На местах и участках, являющихся временно опасными, устанавливаются переносные знаки и временные ограждения, окрашенные в сигнальный цвет. Всего предусмотрено четыре группы знаков безопасности:

1 запрещающий (в виде круга);

2 предупреждающий (в виде треугольника);

3 предписывающий (в виде квадрата);

4 указательный (в виде вертикального прямоугольника).

Для более полного усвоения формы символов на знаках и мест их установки следует дополнительно изучить раздел 3 ГОСТ Р 12.4.026-01 [1]. Для этого ниже дается необходимая выдержка из данного ГОСТа.

Стандарт не распространяется:

- на цвета, применяемые для световой сигнализации всех видов транспорта, транспортных средств и дорожного движения;
- цвета, знаки и маркировочные щитки баллонов, трубопроводов, емкостей для хранения и транспортирования газов и жидкостей;
- дорожные знаки и разметку, путевые и сигнальные знаки железных дорог, знаки для обеспечения безопасности движения всех видов транспорта (кроме знаков безопасности для подъемно-транспортных меха- низмов, внутризаводского, пассажирского и общественного транспорта);
- знаки и маркировку опасных грузов, грузовых единиц, требующих специальных условий транспортирования и хранения;

- знаки для электротехники.

Назначение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки состоит в обеспечении однозначного понимания определенных требований, касающихся безопасности, сохранения жизни и здоровья людей, снижения материального ущерба без применения слов или с их минимальным количеством.

Сигнальные цвета, знаки безопасности и сигнальную разметку следует применять для привлечения внимания людей, находящихся на производственных, общественных объектах и в иных местах, к опасности, опасной ситуации, предостережения в целях избегания опасности, сообщения о возможном исходе в случае пренебрежения опасностью, предписания или требования определенных действий, а также для сообщения необходимой информации.

Применение сигнальных цветов, знаков безопасности и сигнальной разметки на производственных, общественных объектах и в иных местах не заменяет необходимости проведения организационных и технических мероприятий по обеспечению условий безопасности, использования средств индивидуальной и коллективной защиты, обучения и инструктажа по технике безопасности.

Размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах должна проводить организация-изготовитель. При необходимости дополнительное размещение (установку) знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах, находящихся в эксплуатации, проводит эксплуатирующая их организация.

Графические символы и поясняющие надписи на знаках безопасности отраслевого назначения, не предусмотренные настоящим стандартом, необходимо устанавливать в отраслевых стандартах, нормах, правилах с соблюдением требований настоящего стандарта.

**Назначение и правила применения сигнальных цветов.**

Стандарт устанавливает следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления зрительного восприятия цветографических изображений знаков безопасности и сигнальной разметки сигнальные цвета следует применять в сочетании с контрастными цветами – белым или черным. Контрастные цвета необходимо использовать для выполнения графических символов и поясняющих надписей.

Сигнальные цвета необходимо применять:

- для обозначения поверхностей, конструкций (или элементов конструкций), приспособлений, узлов и элементов оборудования, машин, механизмов и т. п., которые могут служить источниками опасности для лю- дей, поверхности ограждений и других защитных устройств, систем бло- кировок и т. п.;
- обозначения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов;
- знаков безопасности, сигнальной разметки, планов эвакуации и других визуальных средств обеспечения безопасности;
- светящихся (световых) средств безопасности (сигнальные лампы, табло и др.);
- обозначения пути эвакуации.

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета установлены в табл. 5.0.

***Красный сигнальный цвет следует применять:***

- для обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных;
- внутренних поверхностей крышек (дверец) шкафов с открытыми токоведущими элементами оборудования, машин, механизмов и т. п. (если оборудование, машины, механизмы имеют красный цвет, то внутренние поверхности крышек (дверец) должны быть окрашены лакокрасочными

материалами желтого сигнального цвета);

- рукояток кранов аварийного сброса давления;

- корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением;

- обозначения различных видов пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов, требующих оперативного опознания (пожарные машины, наземные части гидрант-колонок, огнетушители, баллоны, устройства ручного пуска систем (установок) пожарной автоматики, средств оповещения, телефоны прямой связи с пожарной охраной, насосы, пожарные стенды, бочки для воды, ящики для песка, а также ведра, лопа- ты, топоры и т. п.);

- окантовки пожарных щитов белого цвета для крепления пожарного инструмента и огнетушителей. Ширина окантовки – 30–100 мм (допускается выполнять окантовку пожарных щитов в виде чередующихся наклонных под углом 45–60° полос красного сигнального и белого контра- стного цветов);

- орнаментовки элементов строительных конструкций (стены, колонны) в виде отрезка горизонтально расположенной полосы для обозначения мест нахождения огнетушителя, установки пожаротушения с ручным пуском, кнопки пожарной сигнализации и т. п. Ширина полос – 150–300 мм. Полосы должны располагаться в верхней части стен и колонн на высоте, удобной для зрительного восприятия с рабочих мест, проходов и т. п. В состав орнаментовки, как правило, следует включать знак пожарной безопасности с соответствующим графическим символом средства противопожарной защиты;

- сигнальных ламп и табло с информацией, извещающей о нару- шении технологического процесса или нарушении условий безопасности:

«Тревога», «Неисправность» и др.;

- обозначения захватных устройств промышленных установок и промышленных роботов;

*Таблица 5.0*

**Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета**

| Сигнальный цвет | Смысловое значение | Область применения | Контрастный цвет |
|---|---|---|---|
| Красный | Непосредственная опасность<br>Аварийная или опасная ситуация<br>Пожарная техника, средства противо-пож. защиты, их элементы | Запрещение опасного поведения или действия.Обозначение непо-средственной опасности<br>Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (техноло- гического процесса)<br>Обозначение и определение мест нахождения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов | Белый |
| Желтый | Возможная опас-ность | Обозначение возможной опасно- сти, опасной ситуации. Преду- преждение о возможной опасно-сти | Черный |
| Зеленый | Безопасность, безопасные усло-вия | Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном со- стоянии технологического про-цесса | Белый |
| | Помощь, спасение | Обозначение пути эвакуации, аптечек, кабинетов, средств по оказанию первой медицинской помощи | |
| Синий | Предписание во избежание опасно-сти | Требование обязательных дейст- вий в целях обеспечения безо-пасности | Белый |
| | Указание | Разрешение определенных дей-ствий | |

- обозначения временных ограждений или элементов временных ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий, ям, котлованов, временных ограждений мест химического, бактериологического и радиационного загрязнения, а также ограждений других мест, зон, участков, вход на которые временно запрещен.

Поверхность временных ограждений должна быть целиком окра- шена красным сигнальным цветом или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы красного сигнального и белого контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос крас- ного и белого цветов от 1:1 до 1,5:1,0;

- запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности.

**Не допускается использовать красный сигнальный цвет:**

- для обозначения стационарно устанавливаемых средств противопожарной защиты (их элементов), не требующих оперативного опознания (пожарные извещатели, пожарные трубопроводы, оросители установок пожаротушения и т. п.);

- на пути эвакуации во избежание путаницы и замешательства (кроме запрещающих знаков безопасности и знаков пожарной безопасности).

**Желтый сигнальный цвет следует применять:**

а) для обозначения элементов строительных и иных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм работающими: низких балок, выступов и перепадов в плоскости пола, малозаметных ступеней, пандусов, мест, в которых существует опасность падения (кромки погрузочных платформ, грузовых поддонов, неогражденных площадок, люков, проемов и т. д.), сужений проездов, малозаметных распорок, узлов, колонн, стоек и опор в местах интенсивного движения внутризаводского транспорта и т. д.;

б) обозначения узлов и элементов оборудования, машин и механизмов, неосторожное обращение с которыми представляет опасность для людей:

открытых движущихся узлов, кромок оградительных устройств, не полностью закрывающих движущиеся элементы (шлифовальные круги, фрезы, зубчатые колеса, приводные ремни, цепи и т. п.), ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, а также постоянно подвешенных к потолку или стенам технологической арматуры и механизмов, выступающих в рабочее пространство;

в) обозначения опасных при эксплуатации элементов транспортных средств, подъемно-транспортного оборудования и строительно-дорожных машин, площадок грузоподъемников, бамперов и боковых поверхностей электрокаров, погрузчиков, тележек, поворотных платформ и боковых поверхностей стрел экскаваторов, захватов и площадок автопогрузчиков, рабочих органов сельскохозяйственных машин, элементов грузоподъемных кранов, обойм грузовых крюков и др.;

г) подвижных монтажных устройств, их элементов и элементов грузозахватных приспособлений, подвижных частей кантователей, траверс, подъемников, подвижных частей монтажных вышек и лестниц;

д) внутренних поверхностей крышек, дверец, кожухов и других ограждений, закрывающих места расположения движущихся узлов и элементов оборудования, машин, механизмов, требующих периодического доступа для контроля, ремонта, регулировки и т. п.

Если указанные узлы и элементы закрыты съемными ограждениями, то окрашиванию лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета подлежат сами движущиеся узлы, элементы и (или) поверхности смежных с ними неподвижных деталей, закрываемые ограждениями;

е) постоянных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, участков, территорий: у проемов, ям, котлованов, выносных площадок, постоянных ограждений лестниц, балконов, перекрытий и других мест, в которых возможно падение с высоты.

Поверхность ограждения должна быть целиком окрашена

лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 20–300 мм при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

ж) обозначения емкостей и технологического оборудования, содержащих опасные или вредные вещества.

Поверхность емкости должна быть целиком окрашена лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета или иметь чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов.

Ширина полос – 50–300 мм в зависимости от размера емкости при соотношении ширины полос желтого и черного цвета от 1:1 до 1,5:1,0;

з) обозначения площадей, которые должны быть всегда свободными на случай эвакуации (площадки у эвакуационных выходов и подходы к ним, возле мест подачи пожарной тревоги, возле мест подхода к средствам противопожарной защиты, средствам оповещения, пунктам оказания первой медицинской помощи, пожарным лестницам и др.).

Границы этих площадей должны быть обозначены сплошными линиями желтого сигнального цвета, а сами площади – чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина линий и полос – 50 – 100 мм;

и) предупреждающих знаков безопасности.

На поверхность объектов и элементов, перечисленных в а) и в), допускается наносить чередующиеся наклонные под углом 45–60° полосы желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 50– 300 мм в зависимости от размера объекта и расстояния, с которого должно быть видно предупреждение.

Если оборудование, машины и механизмы окрашены лакокрасочными материалами желтого сигнального цвета, то перечисления б) и д), их узлы и

элементы должны быть обозначены чередующимися наклонными под углом 45–60° полосами желтого сигнального и черного контрастного цветов. Ширина полос – 20–300 мм в зависимости от размера узла (элемента) оборудования при соотношении ширины полос желтого и черного цветов от 1:1 до 1,5:1,0.

Для строительно-дорожных машин и подъемно-транспортного оборудования, которые могут находиться на проезжей части, допускается применять предупреждающую окраску в виде чередующихся красных и белых полос.

**Синий сигнальный цвет следует применять:**

- для окрашивания светящихся (световых) сигнальных индикаторов и других сигнальных устройств указательного или разрешающего назначения;
- предписывающих и указательных знаков безопасности.

**Зеленый сигнальный цвет следует применять:**

- для обозначения безопасности (безопасных мест, зон безопасного состояния);
- сигнальных ламп, извещающих о нормальном режиме работы оборудования, нормальном состоянии технологических процессов и т. п.;
- обозначения пути эвакуации;
- эвакуационных знаков безопасности и знаков безопасности медицинского и санитарного назначения.

**Характеристики сигнальных и контрастных цветов.**

Знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в поле зрения людей, для которых они предназначены.

Знаки безопасности должны быть расположены таким образом, чтобы они были хорошо видны, не отвлекали внимания и не создавали неудобств при выполнении людьми своей профессиональной или иной деятельности, не загораживали проход, проезд, не препятствовали перемещению грузов.

Знаки безопасности, размещенные на воротах и на (над) входных(ми) дверях(ми) помещений, означают, что зона действия этих знаков

распространяется на всю территорию и площадь за воротами и дверями.

Размещение знаков безопасности на воротах и дверях следует выполнять таким образом, чтобы зрительное восприятие знака не зависело от положения ворот или дверей (открыто, закрыто). Эвакуационные знаки безопасности Е 22 «Выход» и Е 23 «Запасный выход» должны размещаться только над дверями, ведущими к выходу.

Знаки безопасности, установленные у въезда (входа) на объект (участок), означают, что их действие распространяется на объект (участок) в целом.

При необходимости ограничить зону действия знака безопасности соответствующее указание следует приводить в поясняющей надписи на дополнительном знаке.

Знаки безопасности, изготовленные на основе несветящихся материалов, следует применять в условиях хорошего и достаточного освеще- ния.

Знаки безопасности с внешним или внутренним освещением следует применять в условиях отсутствия или недостаточного освещения.

Световозвращающие знаки безопасности следует размещать (устанавливать) в местах, где отсутствует освещение или имеется низкий уровень фонового освещения (менее 20 лк по СНиП 23-05-95): при проведении работ с использованием индивидуальных источников света, фонарей (например, в туннелях, шахтах и т. п.), а также для обеспечения безопасности при проведении работ на дорогах, автомобильных трассах, в аэропортах и т. п.

Фотолюминесцентные знаки безопасности следует применять там, где возможно аварийное отключение источников света, а также в качестве элементов фотолюминесцентных эвакуационных систем для обеспечения самостоятельного выхода людей из опасных зон в случае возникновения аварий, пожара или других чрезвычайных ситуаций.

Для возбуждения фотолюминесцентного свечения знаков безопасности необходимо наличие в помещении, где они установлены, искусст- венного или естественного освещения.

Освещенность поверхности фотолюминесцентных знаков безопасности источниками света должна быть не менее 25 лк.

**Основные и дополнительные знаки безопасности.**

Основные знаки безопасности необходимо разделять на следующие группы: запрещающие знаки; предупреждающие знаки; знаки пожарной безопасности; предписывающие знаки; эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения; указательные знаки.

Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности должны соответствовать приведенным в  табл. 5.1

*Таблица 5.1*

**Геометрическая форма, сигнальный цвет, смысловое значение основных знаков безопасности**

| Группа | Геометрическая форма <*> | Сигнальный цвет | Смысловое значение |
|---|---|---|---|
| Запрещающие знаки | Круг с поперечной полосой | Красный | Запрещение опасного пове- дения или действия |
| Предупреждающие знаки | Треугольник | Желтый | Предупреждение о возмож- ной опасности. Осторож- ность. Внимание |
| Предписывающие знаки | Круг | Синий | Предписание обязательных действий во избежание опасности |
| Знаки пожарной безопасности <**> | Квадрат или прямоугольник | Красный | Обозначение и указание мест нахождения средств проти- вопожарной защиты, их эле- ментов |
| Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения | Квадрат или прямоугольник | Зеленый | Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация для обеспечения безопасности |
| Указательные знаки | Квадрат или прямоугольник | Синий | Разрешение. Указание. Над- пись или информация |

Примечание: <*> Рисунки не приводятся. <**> К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользо- ваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы (или) складировать» (табл. 5.2);

- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества», W 02 «Взрывоопасно», W 11

«Пожароопасно. Окислитель» (табл. 5.3).

*Таблица 5.2*

**Запрещающие знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Р 01 |  | Запрещается курить | Использовать, когда курение мо- жет стать причиной пожара. На дверях и стенах помещений, уча- стках, где имеются горючие и лег- ковоспламеняющиеся вещества, или в помещениях, где курить за- прещается |
| Р 02 |  | Запрещается пользоваться от- крытым огнем и курить | Использовать, когда открытый огонь и курение могут стать при- чиной пожара. На входных дверях, стенах помещений, участках, ра- бочих местах, емкостях, производ- ственной таре |
| Р 03 |  | Проход запрещен | У входа в опасные зоны, помеще- ния, участки и др. |
| Р 04 |  | Запрещается тушить водой | В местах расположения электро- оборудования, складах и других местах, где нельзя применять воду при тушении горения или пожара |
| Р 05 |  | Запрещается использовать в качестве питьевой воды | На техническом водопроводе и емкостях с технической водой, не- пригодной для питья и бытовых нужд |
| Р 06 |  | Доступ посторонним запрещен | На дверях помещений, у входа на объекты, участки и т. п. для обо- значения запрета на вход (проход) в опасные зоны или для обозначе- ния служебного входа (прохода) |

Продолжение таблицы 5.2

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Р 07 |  | Запрещается движение средств наполь- ного транспорта | В местах, где запрещается применять средства напольного транс- порта (например, погрузчики или напольные транспортеры) |
| Р 08 |  | Запрещается прикасаться. Опасно | На оборудовании (узлах оборудо- вания), дверцах, щитах или других поверхностях, прикосновение к которым опасно |
| Р 09 |  | Запрещается прикасаться. Корпус под на- пряжением | На поверхности корпусов, щитов и т. п., где есть возможность пора- жения электрическим током |
| Р 10 |  | Не включать! | На пультах управления и включе- ния оборудования или механизмов при ремонтных и пусконаладоч- ных работах |
| Р 11 |  | Запрещается работа (присутствие) людей со стимуляторами сердечной деятельности | В местах и на оборудовании, где запрещено работать или находить- ся людям с вживленными стиму- ляторами сердечной деятельности |
| Р 12 |  | Запрещается за- громождать про- ходы и (или) складировать | На пути эвакуации, у выходов, в местах размещения средств про- тивопожарной защиты, аптечек первой медицинской помощи и других местах |
| Р 13 |  | Запрещается подъем (спуск) людей по шахтному стволу (запрещается транспортировка пассажиров) | На дверях грузовых лифтов и дру- гих подъемных механизмов |

Продолжение табл. 5.2

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Р 14 |  | Запрещается вход (проход) с животными | На воротах и дверях зданий, со- оружений, помещений, объектов, территорий и т. п., где не должны находиться животные, где запре- щен вход (проход) вместе с жи- вотными |
| Р 16 |  | Запрещается работа (присутствие) людей, имеющих металлические имплантанты | На местах, участках и оборудова- нии, где запрещено работать или находиться людям с вживленными металлическими имплантантами |
| Р 17 |  | Запрещается разбрызгивать воду | На местах и участках, где запре- щено разбрызгивать воду |
| Р 18 |  | Запрещается пользоваться мобильным (сотовым) телефоном или переносной рацией | На дверях помещений, у входа на объекты, где запрещено пользоваться средствами связи, имею- щими собственные радиочастот- ные электромагнитные поля |
| Р 21 |  | Запрещение (прочие опасности или опасные действия) | Применять для обозначения опасности, не предусмотренной настоящим стандартом. Знак необходимо использовать вместе с поясняющей надписью или с дополнительным знаком безопасности с поясняющей надписью |
| Р 27 |  | Запрещается иметь при (на) себе металлические предметы (часы и т. п.) | При входе на объекты, на рабочих местах, оборудовании, приборах и т. п. Область применения знака может быть расширена |
| Р 30 |  | Запрещается принимать пищу | На местах и участках работ с вредными для здоровья веществами, а также в местах, где прием пищи запрещен. Область применения знака может быть расшире- на |

Окончание табл. 5.2

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Р 32 |  | Запрещается подходить к элементам оборудования с маховыми движениями большой амплитуды | На оборудовании и рабочих местах по обслуживанию оборудования с элементами, выполняющими маховые движения большой амплитуды |
| Р 33 |  | Запрещается брать руками. Сыпучая масса (непрочная упа- ковка) | На производственной таре, в складах и иных местах, где используют сыпучие материалы |
| Р 34 |  | Запрещается пользоваться лифтом для подъема (спуска) людей | На дверях грузовых лифтов и других подъемных механизмах. Знак входит в состав группового знака безопасности «При пожаре лифтом не пользоваться, выходить по лестнице» |

*Таблица 5.3*

## Предупреждающие знаки

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 01 |  | Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся ве- щества | Использовать для привлечения внимания к помещениям с легковоспламеняющимися веществами. На входных дверях, дверцах шкафов, емкостях и т. д. |

Продолжение табл.5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 02 |  | Взрывоопасно | Использовать для привлечения внимания к взрыво- опасным веществам, а так- же к помещениям и участ- кам. На входных дверях, стенах помещений, дверцах шкафов и т. д. |
| W 03 |  | Опасно. Ядовитые ве- щества | В местах хранения, выделения, производства и применения ядовитых веществ |
| W 04 |  | Опасно. Едкие и корро- зионные вещества | В местах хранения, выде- ления, производства и применения едких и корро- зионных веществ |
| W 05 |  | Опасно. Радиоактивные вещества или ионизи- рующее излучение | На дверях помещений, дверцах шкафов и в других местах, где находятся и применяются радиоактивные вещества или имеется ионизирующее излучение. Допускается применять знак радиационной опасно- сти по ГОСТ 17925 |
| W 06 |  | Опасно. Возможно падение груза | Вблизи опасных зон, где используется подъемно-транспортное оборудование |
| W 07 |  | Внимание. Автопогруз- чик | В помещениях и на участках, где проводятся погрузочно-разгрузочные работы |

Продолжение табл. 5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 08 |  | Опасность поражения электрическим током | На опорах линий электропередачи, электрооборудовании и приборах, дверцах силовых щитков, на элек-тротехнических панелях и шкафах, а также на ограж- дениях токоведущих частей оборудования, механизмов, приборов |
| W 09 |  | Внимание. Опасность (прочие опасности) | Применять для привлече- ния внимания к прочим ви- дам опасности, не обозна- ченной настоящим стан- дартом. Знак необходимо использовать вместе с дополнительным знаком безопасности с поясняю- щей надписью |
| W 10 |  | Опасно. Лазерное излу- чение | На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где имеет- ся лазерное излучение |
| W 11 |  | Пожароопасно. Окисли- тель | На дверях помещений, дверцах шкафов для привлечения внимания на наличие окислителя |

Продолжение табл. 5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 12 |  | Внимание. Электромагнитное поле | На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют электромагнитные поля |
| W 13 |  | Внимание. Магнитное поле | На дверях помещений, оборудовании, приборах и в других местах, где действуют магнитные поля |
| W 14 |  | Осторожно. Малозаметное препятствие | В местах, где имеются малозаметные препятствия, о которые можно споткнуться |
| W 15 |  | Осторожно. Возможность падения с высоты | Перед входом на опасные участки и в местах, где возможно падение с высоты |
| W 16 |  | Осторожно. Биологическая опасность (инфекционные вещества) | В местах хранения, производства или применения вредных для здоровья биологических веществ |
| W 17 |  | Осторожно. Холод | На дверцах холодильников и морозильных камер, компрессорных агрегатах и других холодильных аппаратах |
| W 18 |  | Осторожно. Вредные для здоровья аллергические (раздражающие) вещества | В местах хранения, произ- водства или применения вредных для здоровья аллергических (раздражающих) веществ |

Продолжение табл. 5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 19 |  | Газовый баллон | На газовых баллонах, скла- дах и участках хранения и применения сжатых или сжиженных газов. Цвет баллона черный или белый, выбирается по ГОСТ 19433 |
| W 20 |  | Осторожно. Аккумуля- торные батареи | В помещениях и на участках изготовления, хранения и применения аккумуля- торных батарей |
| W 22 |  | Осторожно. Режущие валы | На участках работ и оборудовании, имеющем незащищенные режущие валы |
| W 23 | | Внимание. Опасность зажима | На дверцах турникетов и шлагбаумах |
| W 24 | | Осторожно. Возможно опрокидывание | На дорогах, рампах, складах, участках, где возможно опрокидывание внутризаводского транспорта |
| W 25 |  | Внимание. Автоматическое включение (запуск) оборудования | На рабочих местах, оборудовании или отдельных узлах оборудования с автоматическим включением |
| W 26 |  | Осторожно. Горячая поверхность | На рабочих местах и обо-рудовании, имеющем на-гретые поверхности |

Окончание табл.5.3

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| W 27 |  | Осторожно. Возможно травмирование рук | На оборудовании, узлах оборудования, крышках и дверцах, где возможно получить травму рук |
| W 28 |  | Осторожно. Скользко | На территории и участках, где имеются скользкие места |
| 29 |  | Осторожно. Возможно затягивание между вращающимися элемен- тами | На рабочих местах и обо- рудовании, имеющем вра- щающиеся элементы, на- пример на валковых мель- ницах |
| W 30 |  | Осторожно. Сужение проезда (прохода) | На территориях, участках, в цехах и складах, где имеются сужения прохода (проезда) или присутствуют выступающие конструкции, затрудняющие проход (проезд) |

*Таблица 5.4*

**Предписывающие знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению |
|---|---|---|---|
| M 01 |  | Работать в защитных очках | На рабочих местах и участках, где требуется защита органов зрения |

Продолжение табл. 5.4

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| М 02 |  | Работать в защитной каске (шлеме) | На рабочих местах и участках, где требуется защита головы |
| М 03 |  | Работать в защитных наушниках | На рабочих местах и участках с повышенным уровнем шума |
| М 04 |  | Работать в средствах индивидуальной защиты органов дыхания | На рабочих местах и участках, где требуется защита органов дыхания |
| М 05 |  | Работать в защитной обуви | На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной защиты |
| М 06 |  | Работать в защитных перчатках | На рабочих местах и участках работ, где требуется защита рук от воздействия вредных или агрессивных сред, защита от возможного поражения электрическим током |
| М07 |  | Работать в защитной одежде | На рабочих местах и участках, где необходимо применять средства индивидуальной зашиты |
| М 08 |  | Работать в защитном щитке | На рабочих местах и участках, где необходима защита лица и органов зрения |

Продолжение табл. 5.4

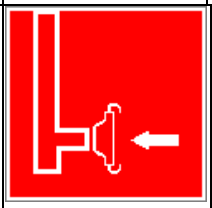
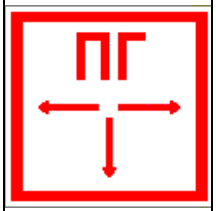
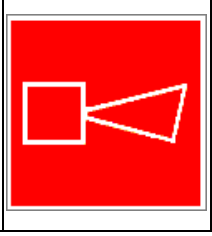
| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| М 09 |  | Работать в предохранительном (страховочном) поясе | На рабочих местах и участках, где для безопасной работы требуется применение предохранительных (страховочных) поясов |
| М 10 |  | Проход здесь | На территориях и участках, где разрешается проход |
| М 11 |  | Общий предписывающий знак (прочие предписания) | Для предписаний, не обозначенных настоящим стандартом. Знак необходимо применять вместе с поясняющей надписью на дополнительном знаке безопасности |
| М 12 |  | Переходить по надземному переходу | На участках и территориях, где установлены надземные переходы |
| М 13 |  | Отключить штепсельную вилку | На рабочих местах и оборудовании, где требуется отключение от электросети при наладке или остановке электрооборудования и в других случаях |
| М 14 |  | Отключить перед работой | На рабочих местах и оборудовании при проведении ремонтных или пусконаладочных работ |
| М 15 |  | Курить здесь | Используется для обозначения места курения на производственных объектах |

*Таблица 5.5*

**Знаки пожарной безопасности**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| F 01-01 |  | Направляющая стрелка | Использовать только вместе с другими знаками пожар- ной безопасности для указания направления движе- ния к месту нахождения (размещения) средства противопожарной зашиты |
| F 01-02 |  | Направляющая стрелка под углом 45° | Использовать только вместе с другими знаками пожарной безопасности для указания направления движения к месту нахождения (размещения) средства противопожарной защиты |
| F 02 |  | Пожарный кран | В местах нахождения комплекта пожарного крана с пожарным рукавом и стволом |
| F 03 |  | Пожарная лестница | В местах нахождения пожарной лестницы |
| F 04 |  | Огнетушитель | В местах размещения огнетушителя |
| F 05 |  | Телефон для использования при пожаре | В местах размещения телефона, по которому мож- но вызвать пожарную охрану |

Продолжение табл. 5.5

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установ- ки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| F 06 |  | Место размещения нескольких средств противопожарной защиты | В местах одновременного нахождения (размещения) нескольких средств противопожарной защиты |
| F 07 |  | Пожарный водоисточник | В местах нахождения пожарного водоема или пир- са для пожарных машин |
| F 08 |  | Пожарный сухотрубный стояк | В местах нахождения пожарного сухотрубного стояка |
| F 09 |  | Пожарный гидрант | У мест нахождения подземных пожарных гидран- тов. На знаке должны быть цифры, обозначающие расстояние от знака до гидранта в метрах |
| F 10 |  | Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики | В местах ручного пуска установок пожарной сигна- лизации, пожаротушения и (или) систем противодым- ной защиты.<br>В местах (пунктах) подачи сигнала пожарной тревоги |
| F 11 |  | Звуковой оповещатель пожарной тревоги | В местах нахождения зву- кового оповещателя или совместно со знаком F 10 «Кнопка включения установок (систем) пожарной автоматики» |

К знакам пожарной безопасности относят также:

- запрещающие знаки: Р 01 «Запрещается курить», Р 02 «Запрещается пользоваться открытым огнем», Р 04 «Запрещается тушить водой», Р 12 «Запрещается загромождать проходы и (или) складировать»;
- предупреждающие знаки: W 01 «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества», W 02 «Взрывоопасно», W 11 «Пожароопасно. Окислитель»;
- эвакуационные знаки;

*Таблица 5.6*

**Эвакуационные знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 01-01 |  | Выход здесь (левосторонний) | Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с левой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуа- ционному выходу |
| Е 01-02 |  | Выход здесь (правосторонний) | Над дверями (или на дверях) эвакуационных выходов, открывающихся с правой стороны. На стенах помещений вместе с направляющей стрелкой для указания направления движения к эвакуационному выходу |
| Е 02-01 |  | Направляющая стрелка | Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения |

Продолжение табл.5.6

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 02-02 |  | Направляющая стрелка под углом 45° | Использовать только вместе с другими эвакуационными знаками для указания направления движения |
| Е 03 |  | Направление к эвакуационному выходу на- право | На стенах помещений для указаниянаправления движения к эвакуационному выходу |
| Е 04 |  | Направление к эвакуационному выходу налево | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу |
| Е 05 |  | Направление к эвакуационному выходу направо вверх | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости |
| Е 06 |  | Направление к эвакуационному выходу нале- во вверх | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плос- кости |
| Е 07 |  | Направление к эвакуационному выходу на- право вниз | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости |
| Е 08 |  | Направление к эвакуационному выходу налево вниз | На стенах помещений для указания направления движения к эвакуационному выходу по наклонной плоскости |
| Е 09 |  | Указатель двери эвакуа- ционного выхода | Над дверями эвакуацион- ных выходов |

Продолжение табл. 5.6.

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 10 |  | Указатель двери эвакуационного выхода (левосторонний) | Над дверями эвакуационных выходов |
| Е 11 |  | Направление к эвакуационному выходу прямо | Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или под- вешивается к потолку |
| Е 12 |  | Направление к эвакуационному выходу прямо | Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или подвешивается к потолку |
| Е 13 | | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 14 | | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 15 |  | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 16 |  | Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх | На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу |
| Е 17 |  | Для доступа вскрыть здесь | На дверях, стенах помеще- ний и в других местах, где для доступа в помещение или выхода необходимо вскрыть определенную кон- струкцию, например раз- бить стеклянную панель |

Продолжение табл. 5.6.

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по применению |
|---|---|---|---|
| Е 18 |  | Открывать движением от себя | На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей |
| Е 19 |  | Открывать движением на себя | На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей |
| Е 20 |  | Для открывания сдви- нуть | На дверях помещений для обозначения действий по открыванию сдвижных две- рей |
| Е 21 |  | Пункт (место) сбора | На дверях, стенах помеще- ний и в других местах для обозначения заранее преду- смотренных пунктов (мест) сбора людей в случае воз- никновения пожара, аварии или другой чрезвычайной ситуации |
| Е 22 |  | Указатель выхода | Над дверями эвакуацион- ного выхода или в составе комбинированных знаков безопасности для указания направления движения к эвакуационному выходу |
| Е 23 |  | Указатель запасного выхода | Над дверями запасного выхода |

Эвакуационные знаки следует устанавливать в положениях, соответствующих направлению движения к эвакуационному выходу.

Изображение графического символа фигуры человека в дверном проеме на эвакуационных знаках Е 01-01 и Е 01-02 смыслового значения

«Выход здесь» должно совпадать с направлением движения к эвакуационному выходу».

*Таблица 5.7*

**Знаки медицинского и санитарного назначения**

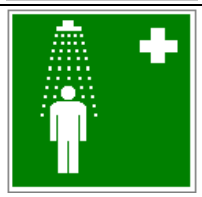
| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установ- ки) и рекомендации по при-менению |
|---|---|---|---|
| ЕС 01 |  | Аптечка первой медицинской помощи | На стенах, дверях помещений для обозначения мест размещения аптечек первой медицинской помощи |
| ЕС 02 |  | Средства выноса (эвакуации) пораженных | На дверях и стенах помещений в местах размеще- ния средств выноса (эва- куации) пораженных |
| ЕС 03 |  | Пункт приема гигиенических процедур (душевые) | На дверях и стенах помещений в местах расположения душевых и т. п. |
| ЕС 04 |  | Пункт обработки глаз | На дверях и стенах поме- щений в местах располо- жения пункта обработки глаз |
| ЕС 05 |  | Медицинский кабинет | На дверях медицинских кабинетов |
| ЕС 06 |  | Телефон связи с медицинским пунктом (скорой медицинской помощью) | В местах установки телефонов |

*Таблица 5.8.*

**Указательные знаки**

| Код знака | Цветографическое изображение | Смысловое значение | Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению |
|---|---|---|---|
| D 01 |  | Пункт(место) приема пищи | На дверях комнат приема пищи, буфетах, столовых, бытовых помещениях и в других местах, где разре- шается прием пиши |
| D 02 |  | Питьевая вода | На дверях бытовых помещений и в местах распо- ложения кранов с водой, пригодной для питья и бы- товых нужд (туалеты, душевые, пункты приема пищи и т. д.) |
| D 03 |  | Место курения | Используется для обозначения места курения на общественных объектах |

**Порядок выполнения работы**

1. Изучить выдержку из ГОСТ Р 12.4.026–01.

2. Проверить усвоение материала, ответив на контрольные вопросы:

В какой цвет окрашено поле предупреждающего знака?

Какой размер имеет сторона треугольника предупреждающего знака № 4, наносимого на тару и оборудование?

Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?

Какую форму имеет предписывающий знак?

Какую форму имеет запрещающий знак?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 45 м. Какой размер должен иметь внешний диаметр круга запрещающего знака, мм?

Какой цвет имеют символические изображения или поясняю- щие надписи, наносимые на указательные знаки?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 60 м. Какие размеры

(стороны прямоугольника) должен иметь указательный знак, мм?

Какой цвет имеет квадрат, помещенный внутри указательного знака?

Какой размер имеет внешний диаметр круга запрещающего знака № 5, наносимого на производственное оборудование и тару?

3. Составить отчет. Отчет должен включать:

- цель практической работы;
- ответы на вопросы задания;
- зарисовку формы знаков (запрещающего, предупреждающего, предписывающего, указательного) с указанием цвета поля, символов, надпи- сей.

4. Показать отчет преподавателю.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.4.026–01. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение, правила применения. Общие технические требования и реко- мендации. Методы испытания [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-поисковой системы «Техэксперт».

# РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

**Цель задания -** ознакомиться с понятием и причинами возникновения несчастных случаев, порядком их расследования и учет на производстве, также с методами анализа травматизма.

**Порядок выполнения задания:**

а) изучить и законспектировать общие сведения по пункту 1;

б) изучить методы анализа и рассчитать по вариантам показатели травматизма по пункту 2 (см контр. вопросы к пунктам 1 и 2);

в)изучить «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» и законспектировать ответы на контрольные вопросы к пункту 3.

**Общие сведения о несчастных случаях.**

**Несчастным случаем** на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы [1].

Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют **травмой**. Травма, полученная работающим на производстве, называется **производственной**.

**Опасным** называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

**Вредным** называют производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеваниям или снижению его трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе

действия подразделяют на 4 группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Производственные травмы в зависимости от характера воздействующих факторов подразделяются на:

а) механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясения мозга);

б) поражение электрическим током (электроудар, электротравма);

в) термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);

г) химические повреждения (ожоги, острые отравления);

д) комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

Производственные травмы по тяжести подразделяются на 6 категорий:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу).
- легкая травма (потеря трудоспособности на 1 или несколько дней).
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособно-сти);
- смертельная травма.

Причины возникновения производственных травм:

- организационные (нарушение технологического процесса и требований техники безопасности (ТБ), неправильная организация рабочего места и режима труда);
- технические (техническое несовершенство оборудования, неисправность механизмов, отсутствие или не использование защитных средств);
- санитарно-гигиенические (несоответствие условий труда требованиям КЗоТ, системе стандартов по безопасности труда (ССБТ), санитарным нормам(СН), строительным нормам и правилам (СНиП) и др.

- психофизиологические (неудовлетворительное состояние здоровья, переутомление, стресс, опьянение и др.).

**Методы анализа показателей травматизма**

Разработке мероприятий по улучшению условий труда предшествует необходимый этап - исследование и анализ причин травматизма. Для анализа состояния производственного травматизма применяют методы: статистический, экономический, монографический и топографический.

**Статистический метод** позволяет количественно оценить повторяемость несчастных случаев по ряду относительных коэффициентов. В результате сравнения полученных коэффициентов за отчетный период с предшествующим периодом можно оценить эффективность профилактических мер. Обычно при этом методе анализа несчастные случаи группируются по однородным признакам: профессиям, видам работ, возрасту, стажу работ, причинам, вызвавшим травму. Простота и наглядность являются несомненным достоинством этого метода. Однако у него есть и недостаток - он не выявляет опасные произ-водственные факторы. Среди основных показателей травматизма, используемых при статистическом методе анализа, являются:

а) коэффициент частоты травматизма - число пострадавших при несчастных случаях за отчетный период на 1ООО работающих, определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = T_{\text{х}} \cdot \frac{1000}{P_{\text{с}}},$$

где Кч - коэффициент частоты травматизма; Т - число учтенных травм с потерей трудоспособности; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период.

б) коэффициент тяжести травматизма - число человеко-дней нетрудоспособно-сти, которое приходится на один несчастный случай и определяется по формуле:

$$\text{К}_{\text{Т}} = \frac{\text{Д}}{\text{Т}},$$

где Кт - коэффициент тяжести травматизма; Д - общее количество дней

нетрудоспособности за отчетный период; Т - количество учтенных травм.

в) коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев

- показывает через сколько рабочих дней в среднем повторяются несчастные случаи и оп-ределяется по формуле:

$$В = 22{,}5 \cdot \frac{12}{Т},$$

где В - календарная повторяемость несчастных случаев; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

г) коэффициент средней повторяемости - показывает на сколько человекодней приходится один несчастный случай, определяется по формуле:

$$B_{ср} = 22{,}5 \cdot 12 \cdot \frac{Р_с}{Т},$$

где Вср - коэффициент средней повторяемости несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

д) коэффициент опасности работ - характеризуется тяжестью и частотой несчастных случаев, определяется по формуле:

$$О_р = К_Т \cdot Т_х \cdot \frac{100}{Р_с \cdot М \cdot 22{,}5},$$

где Ор - коэффициент опасности работ; Кт - коэффициент тяжести травматизма ; Т - количество учтенных несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих; М - число месяцев в отчетном периоде.

Таблица 5.0

**Исходные данные для расчета показателей травматизма**

| Показатели | Варианты | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 |
| Отчетн | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ый период, мес. (М) | | | | 2 | | | | 2 | | |
| Число несчастных случаев (Т) | | | | 0 | | | | 1 | | |
| Число дней нетрудоспособности (Д) | 80 | 00 | 80 | 20 | 00 | 50 | 70 | 20 | 60 | 00 |
| Средне списочное числоработающих (Рс) | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 |

Экономический метод анализа производственного травматизма позволяет оценить эффективность финансовых затрат на профилактику травматизма с расходами на органи-зационные и технические мероприятия. Для более полной и глубокой характеристики травматизма экономический метод часто используют в сочетании с монографическим методом.

Монографический метод анализа травматизма состоит в углубленном и всестороннем изучении отдельного производства, цеха или участка. Он включает описание технологического процесса, оборудования и особенностей технологического регламента, описание опасных зон на рабочих местах, также санитарно-гигиенические условия труда. При этом обращается внимание на наличие защитных приспособлений, ограждений и травмоопасных ситуаций

Монографический метод анализа травматизма характеризуется полнотой, но трудоемок. Этот метод позволяет выявить потенциальную опасность не только в действующих производствах, но и на этапе проектирования, тем самым исключить причины травматизма.

Топографический метод анализа травматизма проводится по месту происшествия. При этом все несчастные случаи условными знаками наносятся на план производственного участка или схему механизма в тех местах, где они произошли. В результате этого выявляются опасные зоны, требующие соответствующих защитных мер и особого внимания.

**Контрольные вопросы к пунктам 1 и 2**

1. Что такое несчастный случай?
2. Что такое опасный производственный фактор?
3. Что такое вредный производственный фактор?
4. На какие группы подразделяются опасные и вредные производственные факторы?
5. Какие различают разновидности производственных травм?
6. Какие выделяют категории производственных травм?
7. Каковы основные причины возникновения производственных травм?
8. Какие существуют методы анализа производственного травматизма ?
9. В чем заключается статистический метод анализа производственного травматизма?
10. Как определяется коэффициент частоты травматизма?
11. Как определяется коэффициент тяжести травматизма?
12. Как определяется коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев?
13. Как определяется коэффициент средней повторяемости несчастных случаев?
14. Как определяется коэффициент опасности работ?
15. В чем заключается экономический метод анализа производственного травматизма?
16. В чем заключается монографический метод анализа производственного травматизма?

17. В чем заключается топографический метод анализа производственного травматизма?

**Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях**

Расследование и учет несчастных случаев на производстве проводят в соответствии с “Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях”, утвержденного Постановлением Министерства труда и социального раз-вития Российской Федерации от 24 октября 2002г. №73, а также статьями 227-231 Трудового кодекса РФ (ТК РФ).

**Несчастный случай на производстве** - это случай, происшедший с работающим вследствие воздействия опасного производственного фактора (для застрахованного – это страховой случай).

Несчастные случаи в зависимости от причин, места и времени происшествия делятся на две группы: несчастные случаи, связанные с работой и несчастные случаи, не связанные с работой (бытовые травмы).

**Несчастные случаи, не связанные с производством, но происшедшие на производстве** - это несчастные случаи, происшедшие при изготовлении предметов в личных целях, самовольном использовании транспорта предприятия, участии в спортивных мероприятиях на территории предприятия, при хищении имущества предприятия.

**Бытовые несчастные случаи** - это несчастные случаи, происшедшие в быту (дома) или при нахождении на предприятии вне рабочего времени.

Расследование несчастных случаев на производстве выполняется в соответствии с Трудовым кодексом РФ и «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях», утверждённым постановлением Минтруда России № 73 от 24 октября 2002 года. Этим же постановлением утверждены формы документов, необходимых для расследования и учёта несчастных случаев на производстве.

Расследование несчастного случая может быть достаточно сложным

процессом, поскольку интересы пострадавшего и работодателя часто не совпадают.

Действие нормативных актов по расследованию и учёту несчастных случаев на производстве распространяется на:

- работодателей - физических лиц, вступивших в трудовые отношения с работниками;
- уполномоченных работодателем лиц (представители работодателя);
- физических лиц, осуществляющих руководство организацией (руководители организации);
- физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем;
- других лиц, участвующих с ведома работодателя в его производственной деятельности своим личным трудом, правоотношения которых не предполагают заключения трудовых договоров.

Расследованию подлежат травмы, в том числе причиненные другими лицами, включая:

- тепловой удар, ожог, обморожение;
- утопление; поражение электрическим током или молнией;
- укусы, нанесенные животными и насекомыми;
- повреждения, полученные в результате взрывов, аварий и т.п.

Расследованию и учёту подлежат несчастные случаи происшедшие:

- при исполнении трудовых обязанностей, в том числе во время коман-дировки, при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- на территории организации, в течение рабочего времени, в том числе во время следования на работу и с работы, а также в течение вре-мени, необходимого для приведения в порядок рабочего места;
- при следовании на работу или с работы на транспортном средстве работодателя, а также на личном транспортном средстве при использовании его в производственных целях;
- во время служебных поездок на общественном транспорте, а также

при следовании по заданию работодателя к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком;

- при следовании к месту служебной командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха;
- во время междусменного отдыха при работе вахтовым методом;
- при привлечении к участию в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Работники организации обязаны незамедлительно извещать руководство о каждом происшедшем несчастном случае, об ухудшении состояния своего здоровья в связи с проявлениями признаков острого заболевания.

О каждом страховом случае работодатель в течение суток обязан сообщить страховщику (фонд социального страхования).

О групповом несчастном случае (пострадало два и более человек), тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом, работодатель в течение суток обязан направить извещение соответственно:

1) о несчастном случае, происшедшем в организации:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (объекте), подконтрольной этому органу;
- страховщику.

2) о несчастном случае, происшедшем у работодателя - физического лица:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту нахождения работодателя - физического лица;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел на объекте, подконтрольном этому органу;
- страховщику.

О групповых несчастных случаях, тяжелых несчастных случаях и несчастных случаях со смертельным исходом также информируется Федеральная инспекция труда Минтруда России.

Если указанные несчастные случаи, произошли в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, то соответствующим образом информируются специально уполномоченные органы государственного надзора.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов.

В состав комиссии включаются специалист по охране труда организации, представители работодателя, представители профсоюзного органа (коллектива), уполномоченный (доверенный) по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя - физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего,

специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай на производстве, происшедший с лицом, направленным для выполнения работ к другому работодателю, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав данной комиссии входит уполномоченный представитель работодателя, направившего это лицо.

Несчастные случаи, происшедшие на территории организации с работниками сторонних организаций при исполнении ими задания направившего их работодателя, расследуются комиссией, формируемой этим работодателем.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками при выполнении работы по совместительству, расследуются комиссией, формируемой работодателем, у которого фактически производилась работа по совместительству.

Расследование несчастных случаев со студентами, проходящими произ-водственную практику (выполняющими работу под руководством работодателя), проводится комиссиями, формируемыми и возглавляемыми этим работодателем. В состав комиссии включаются представители образовательного учреждения.

Для расследования группового несчастного случая, тяжёлого несчастного случая и несчастного случая со смертельным исходом в комиссию дополнительно включаются:

- государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Возглавляет комиссию государственный инспектор труда;
- по требованию пострадавшего (или его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо;

- в случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- при несчастном случае, происшедшем в организациях на объектах, подконтрольных территориальным органам Федерального горного и промышленного надзора России, состав комиссии утверждается руководителем соответствующего территориального органа и возглавляет комиссию представитель этого органа;
- при групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включаются также представители Федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор труда по субъекту Российской Федерации, а на объектах, подконтрольных территориальному органу Федерального горного и промышленного надзора России, - руководитель этого территориального органа.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Расследование несчастных случаев (в том числе групповых), в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводится в течение трех дней.

Расследование иных несчастных случаев проводится в течение 15 дней. В некоторых случаях председатель комиссии может продлить срок расследования, но не более чем на 15 дней. Несчастные случаи, о которых не было своевременно сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются по заявлению пострадавшего в течение месяца.

Тяжелые несчастные случаи и несчастные случаи со смертельным

исходом, происшедшие с лицами, выполнявшими работу на основе договора гражданско-правового характера, расследуются в установленном порядке государственными инспекторами труда на основании заявления пострадавшего (доверенного лица, членов его семьи).

В ходе расследования несчастного случая комиссия производит осмотр места происшествия, выявляет и опрашивает очевидцев несчастного случая и должностных лиц, знакомится с действующими в организации нормативными и распорядительными документами, по возможности получает объяснения от пострадавшего.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии могут квалифицироваться как не связанные с производством:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства;
- смерть или иное повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) работника;
- несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохранительными органами как уголовное правонарушение.

При поступлении жалобы пострадавшего, выявлении сокрытого несчастного случая, установления нарушений порядка расследования и в некоторых иных случаях, государственный инспектор труда, независимо от срока давности несчастного случая, проводит дополнительное расследование.

Несчастные случаи, квалифицированные, как несчастные случаи на производстве, подлежат оформлению актом о несчастном случае на производстве по форме Н-1*.

Акт формы Н-1 составляется комиссией в двух экземплярах. При несчастном случае на производстве с застрахованным работником составляется дополнительный экземпляр акта формы Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акты формы Н-1 составляются на каждого пострадавшего отдельно.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного работника, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в акте расследования указывается степень его вины в процентах, с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа данной организации (не более 25%).

По результатам расследования каждого группового несчастного случая, тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исхо-дом составляется соответствующий акт в двух экземплярах.

Работодатель в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать пострадавшему один экземпляр утвержденного им и заверенного печатью акта формы Н-1. Вторые экземпляры акта с копиями материалов расследования хранятся в течение 45 лет работодателем.

При страховых случаях третий экземпляр утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 работодатель направляет страховщику.

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируются работодателем в журнале регистрации несчастных случаев на производстве и включаются в годовую форму федерального государственного статистического наблюдения за травматизмом на производстве.

В случае ликвидации организации или прекращения работодателем - физическим лицом предпринимательской деятельности оригиналы актов о расследовании несчастных случаев на производстве подлежат передаче на хранение правопреемнику, а при его отсутствии - соответствующему государственному органу.

Государственный надзор и контроль за соблюдением установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве осуществляется органами Федеральной инспекции труда.

**Контрольные вопросы к пункту 3**

1. Какие несчастные случаи считаются связанными с производством и подлежат расследованию и учету?

2. На кого распространяется действие Положения о порядке расследования и учета несчастных случаев?

3. Как должен действовать работодатель при возникновении несчастного случая на предприятии?

4. Что необходимо сделать сразу же после свершения несчастного случая на произ-водстве?

5. Куда должен сообщить работодатель и в какие сроки о групповом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом?

6. Кто несет ответственность за организацию и своевременное расследование и уче-та несчастных случаев?

7. Кто входит в комиссию по расследованию несчастных случаев, каковы ее обязанности?

8. В какие сроки должно быть проведено расследование несчастного случая?

9. Какие несчастные случаи квалифицируются как не связанные с производством?

10. Что делают при установлении грубой неосторожности пострадавшего?

11. В какие сроки и комиссией какого состава расследуются групповые несчастные случаи или со смертельным исходом?

12. Какие условия должен обеспечить работодатель для работы комиссии, проводя-щей расследование несчастного случая?

13. Каким документом оформляются несчастные случаи на производстве?

14. Какой организацией учитывается акт о несчастном случае?

15. В какие сроки и куда должны быть отправлены материалы расследования групповых несчастных случаев?

16. Какие организации и должностные лица разбирают разногласия при

оформлении актов по форме Н - 1 ?

17. Каковы полномочия государственного инспектора по охране труда в случае нарушения порядка расследования несчастного случая?

Форма Н-1

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

УТВЕРЖДАЮ
_____
(подпись, фамилия, инициалы
работодателя
(его представителя))
"__" _____ 200_ г.

Печать

АКТ N ____
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 (ОКОНХ 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,

---------- -------
(нужное подчеркнуть)
целевой)
--------

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год)
Стажировка: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г.
_____
(если не проводилась - указать)
Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г. _____
(если не проводилось - указать)
Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год, N 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 причин несчастного случая, сроки
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Подписи лиц, проводивших
расследование несчастного случая _____
(фамилии, инициалы, дата)
_____

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. ГОСТ 12.О.ОО2 - 8О. Термины и определения.
2. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях
3. И.М.Чижевский, Г.Б.Куликов, Ю.А.Сидорин. Охран труда в полиграфии. М., 1988.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

**Цель работы** – ознакомиться со средствами защиты органов ды- хания и получить практические навыки их использования.

**Теоретические положения**

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты человека от попадания внутрь организма, на кожные покровы и повседневную одежду радиоактивных веществ (РВ), отравляющих веществ (ОВ) и бактериальных средств (БС).

*По принципу применения* средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты повседневного применения (промышленные СИЗ);

– средства защиты эпизодического применения (СИЗ для аварийных работ и пострадавших в очагах ЧС).

*По объектам защиты* средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты органов дыхания;

– средства защиты кожи.

*По принципу действия* средства индивидуальной защиты делятся:

– на фильтрующие (принцип фильтрации состоит в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма человека, очищается от вредных примесей при прохождении через средство защиты);

– изолирующие (средства защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, непроницаемых для воздуха и вредных примесей).

*По способу подачи воздуха* различают средства индивидуальной

защиты делятся:

– с принудительной подачей воздуха;

– самовсасывающие.

*По кратности использования* средства индивидуальной защиты

- на СИЗ многократного использования;

- СИЗ однократного использования.

*По способу изготовления* средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства, изготовленные промышленностью;

- простейшие средства, изготовленные из подручных материалов. Кроме средств индивидуальной защиты существуют медицинские средства защиты [1].

**Средства защиты органов дыхания.**

**Фильтрующий противогаз.**

Фильтрующий противогаз предназначен для защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от воздействия ОВ, РВ, БС, (АХОВ), а также различных вредных примесей, присутствующих в воздухе.

В настоящее время имеются фильтрующие гражданские противогазы различной модификации и промышленные противогазы.

Для защиты населения наибольшее распространение получили фильтрующие противогазы: для взрослого населения – ГП-5 (ГП-5М), ГП-7 (ГП-7В); для детей – ПДФ-Ш, ПДФ-Д, ПДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД.

*Гражданский противогаз (ГП-5).* В состав комплекта входят два основных элемента: фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5 и лицевая часть ШМ-62у. Шлем-маска имеет 5 ростов (0, 1, 2, 3, 4). Кроме того, противогаз комплектуется сумкой, наружными утеплительными манжетами (НМУ-1) и коробкой с незапотевающими пленками (рис. 9.1) [2]. У него нет соединительной трубки.

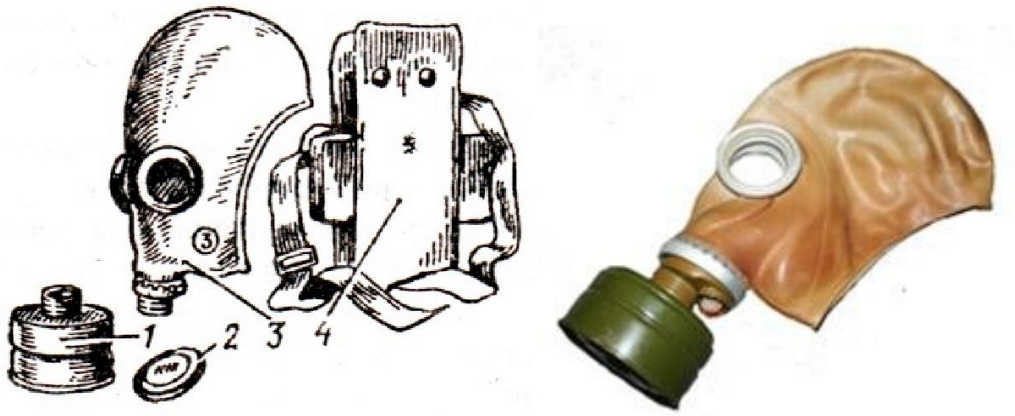



Рис. 7.1 Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-5):

1 – фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5; 2 - коробка с незапотевающими пленками; 3 – лицевая часть ШМ-62у; 4 – сумка

Внутри фильтрующе-поглощающей коробки ГП-5 расположены противоаэрозольный фильтр и шихта. Лицевая часть ШМ-62у представляет собой шлем-маску, изготовленную на основе резины из натурального или синтетического каучука. В шлем-маску вмонтированы очковый узел и клапанная коробка. Клапанная коробка имеет один вдыхательный и два выдыхательных клапана и служит для распределения потоков воздуха. Незапотевающие пленки изготавливаются из целлюлозы и бывают односторонние (НП) и двусторонние (НПН). Они устанавливаются с внутренней стороны стекол противогаза желатиновым покрытием к глазам и фиксируются прижимными кольцами. Желатин равномерно впитывает конденсированную влагу, тем самым сохраняя прозрачность пленки.

Комплект из 6 пленок упакован в металлическую коробку. Утеплительные манжеты используются только зимой при температуре ниже – 10 $^{o}$С. Манжета надевается на обойму очков с внешней стороны. Пространство между стеклами манжет и очков предохраняет очки шлем- маски от замерзания.

Гражданский противогаз (ГП-5М). В комплект противогаза входит шлем-маска (ШМ-66Му) с мембранной коробкой для переговорного устройства. В лицевой части сделаны сквозные вырезы для ушных раковин, что обеспечивает нормальную слышимость.

Подгонка противогаза начинается с определения требуемого роста лицевой части. Рост лицевой части типа ШМ-62у, ШМ-66Му определяется по величине вертикального обхвата головы путем ее измерения по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см. До 63 см берут нулевой рост, от 63,5 до 65,5 см – первый, от 66 до 68 см – второй, от 68,5 до 70,5 см – третий, от 71 см и более – четвертый.

Перед применением противогаз следует проверить на исправность и герметичность. Осматривая лицевую часть, следует определить ее целостность, обратив внимание на стекла очкового узла. После этого нуж- но проверить клапанную коробку, состояние клапанов. Они не должны быть покороблены, засорены или порваны. На фильтрующе-поглощающей коробке не должно быть вмятин, проколов, в горловине – повреждений. Обращается внимание на то, чтобы в коробке не пересыпались зерна поглотителя.

Наиболее совершенными в настоящее время являются противогазы ГП-7 и ГП-7В. Их основными отличиями являются: более совершенная конструкция и форма шлем-маски, обеспечивающая возможность безопасного приема воды, жидких лекарств, других жидкостей в зараженной зоне без снятия маски. Наличие в комплекте фильтрующе-поглощающих коробок обеспечивает защиту от конкретных видов твердых химических веществ (ТХВ), а также увеличенные сроки работоспособности. Ростовка лицевой части предусматривает три размера. Как и другие типы противогазов, они состоят из фильтрующе- поглощающей коробки и лицевой части.

Гражданский противогаз (ГП-7). В комплект противогаза входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к, лицевая часть в виде маски МГП, сумка, защитный трикотажный чехол, коробка с незапотевающими пленками, утеплительные манжеты. Его масса в комплекте без сумки – около 900 г (фильтрующе-поглощающая коробка – 250 г, лицевая часть – 600 г).

Фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к по конструкции аналогична коробке ГП-5, но с улучшенными характеристиками, уменьшено ее сопротивление, что облегчает дыхание. Лицевая часть МГП представляет собой маску объемного типа с «независимым» обтюратором, с наголовником (предназначен для закрепления лицевой части) в виде резиновой пластины с пятью лямками (лобная, две височные, две щечные), с очковым узлом, переговорным устройством (мембраной), узлами клапана вдоха и выдоха, прижимными кольцами для закрепления незапотевающих пленок (рис. 9.2) [2]. «Независимый» обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и служит для создания надежной герметизации лицевой части на голове. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно. На каждой лямке с интервалом в 1 см нанесены упоры ступенчатого типа, которые предназначены для надежного закрепления их в пряжках. У каждого упора имеется цифра, указывающая его порядковый номер. Это позволяет точно фиксировать нужное положение лямок при подгонке маски. Нумерация цифр идет от свободного конца лямки к затылочной пластине. Гидрофобный трикотажный чехол надевается на фильтрующе-поглощающую коробку и предохраняет ее от заражения, снега, пыли и влаги.

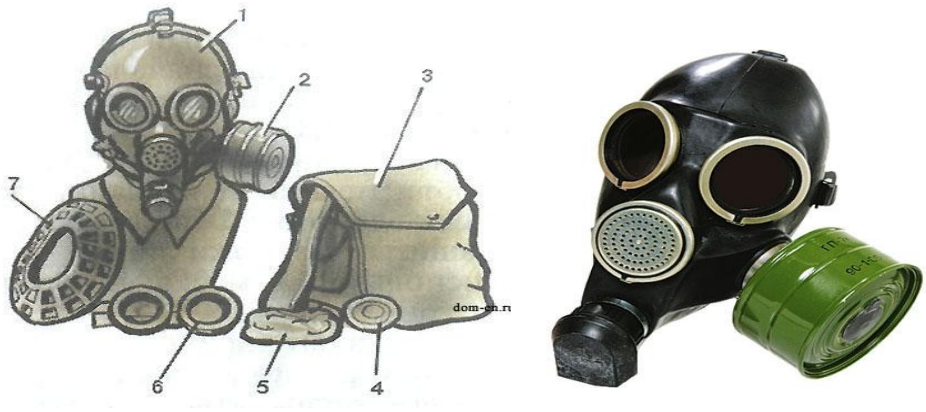



*Рис. 7.2.* Противогаз ГП-7:

*1* – лицевая часть; *2* – фильтрующе-поглощающая коробка; *3* – сумка; *4* – коробка с незапотевающими пленками; *5* – трикотажный чехол; *6* – утеплительные манжеты

Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ) – это одна из самых последних и совершенных моделей противогазов для населения. В реальных условиях он обеспечивают высокую защиту от паров отравляющих веществ нервнопаралитического действия (типа зарин, зоман и др.), общеядовитого действия (хлорциан, синильная кислота и др.), радиоактивных веществ (радионуклидов йода и его органических соедине- ний (типа йодистый метил и др.)); от капель отравляющих веществ кожно- нарывного действия (иприт и др.), бактериальных, аварийных химически опасных веществ (АХОВ). ГП-7 имеет малое сопротивление дыханию, обеспечивает надежную герметизацию и небольшое давление лицевой час- ти на голову. Благодаря этому им могут пользоваться люди старше 60 лет и больные с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основа- нии результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы.

**Правила определения размера противогаза.**

Для определения размера противогаза нужно знать горизонталь- ный и вертикальный обхват головы. Горизонтальный обхват измеряется по замкнутой линии, которая проходит спереди по надбровным дугам, сбоку чуть выше (на 2–3 см) ушной раковины и сзади по наиболее выступающей части головы. А вертикальный обхват можно определить посредством из- мерения длины вертикальной линии, проходящей через подбородок, щеки и макушку. Полученные измерения следует округлить так, чтобы послед- няя цифра была 0 или 5. Затем нужно сложить оба результата и посмот- реть, какой размер противогаза вам нужен [3]:

- менее 1190 мм – первый размер;
- от 1195 до 1210 мм – второй размер;
- от 1215 до 1235 мм – третий размер;
- от 1240 до 1260 мм – четвертый размер;
- от 1265 до 1285 мм – пятый размер;

- от 1290 до 1310 мм – шестой размер.

Надевается противогаз после сигнала «Химическая тревога» по команде «Газы», либо по своей инициативе. Вынув противогаз из специальной сумки, следует взять шлем-маску за его нижнюю часть так, чтобы большие пальцы рук находились снаружи, а остальные были внутри. Далее нужно приложить нижнюю часть шлема-маски под подбородок и натянуть его на голову резким движением рук вверх.

Учитывая то, что операции, которые описаны выше, придется проводить вслепую, нужно достаточно долго тренироваться. Хотя все зависит от человека и степени его обучаемости. Хорошо попрактиковавшись, можно приблизиться к армейским нормативам на надевание противогаза – около 7–10 с. Наличие у противогаза переговорного устройства (мембра- ны) обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефон, радио).

*Гражданские противогазы ГП-7В, ГП-7ВМ, УЗС-ВК, КЗД-6, фильтр ДОТ, фильтр ВК, ДПГ-3* (рис. 7.3). ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что в нем лицевая часть МГП-В имеет устройство для приема воды, пред- ставляющее собой резиновую трубку с мундштуком и ниппелем.

ГП-7ВМ отличается от ГП-7В тем, что маска М-80 имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, обеспечивающих возможность работы с оптическими приборами.

Гражданский фильтрующий противогаз ГП-7 обеспечивает защиту органов дыхания, глаз и кожи лица человека от вредных веществ и приме- сей, находящихся в воздухе. Это проверенная временем и надежная модель противогаза для гражданского населения.






*а* *б* *в* *г*



*д* *е* *ж*

Рис. 7.3. Гражданские противогазы:

*а* – ГП-7(В, ВМ); *б* – УЗС-ВК; *в* – ПДФ-2; г – КЗД-6; *д* – фильтр ДОТ; *е* – фильтр ВК; *ж* – ДПГ-3;

Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы. Горизонтальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей спереди по надбровным дугам, сбоку на 2–3 см выше края ушной раковины и сзади через наиболее выступающую точку головы. Вертикальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляются с точностью до 5 мм. По сумме двух измерений устанавливают нужный типоразмер (табл. 7.0). [4].

Правильно подобранная шлем-маска (маска) должна плотно прилегать к лицу и исключать возможность проникновения наружного воздуха в органы дыхания, минуя фильтрующе-поглощающую коробку.

*Таблица 7.0*

**Типоразмеры противогазов**

| Рост лицевой части | | 1 | | 2 | | 3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Положение упоров лямок | ГП-7, ГП-7В | 4-8-8 | 3-7-8 | 3-7-8 | 3-6-7 | 3-6-7 | 3-5-6 | 3-4-5 |
| | ГП-7ВМ | 4-8-6 | 3-7-6 | 3-7-6 | 3-6-5 | 3-6-5 | 3-5-4 | 3-4-3 |
| Сумма горизонтального и вертикального обхвата головы | | До 1185 | 1190–1210 | 121–1235 | 1240–1260 | 1265–1285 | 1290–1310 | 1310 и более |

*Примечание. П*оложение лямок наголовника устанавливают при подгонке противогаза.

Противогаз УЗС-ВК – аварийно-спасательное средство многоразового действия, применяется для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, может использоваться во всех климатических зонах.

Противогаз ПДФ-2 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и лица детей (старше 1,5 года) от отравляющих веществ (ОВ), опасных биологических веществ (ОБВ), радиоактивной пыли (РП).

Камера защитная детская (КЗД-6) предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 года от отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств. Детская защитная камера похожа на обычную сумку, поэтому переносить ребенка в ней очень удобно.

Дополнительный патрон (ДПГ-3) предназначен для использования в комплекте с ГП-7, ГП-7В и детскими противогазами, для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека от сильнодействующих ядовитых веществ: аммиака, диметиламина, нитробензола.

Фильтр ДОТ соответствует новым ГОСТам, гармонизированным с европейскими стандартами EN141, EN143. Он значительно эффективнее по сравнению с противогазовыми коробками, выпускаемыми по старым ГОСТа, за счет уникальных поглотителей от отравляющих веществ, опас- ных биологических веществ, радиоактивной пыли, сильнодействующих ядовитых веществ.

Фильтр ВК предназначен для очистки вдыхаемого воздуха от органических газов и паров с температурой кипения выше 65 $^{o}$C (циклогек- сан, бензол, ксилол, толуол, бензин, керосин, галоидоорганические соеди- нения (хлорпикрин, хлорацетофенон и т. п.), нитросоединения бензола).

*Промышленные противогазы.* Существует несколько марок промышленных фильтрующих противогазов, которые являются индивидуальным средством защиты органов дыхания и зрения рабочих различных отраслей промышленности, сельского хозяйства от воздействия

вредных веществ (газы, пары, пыль, дым и туман), присутствующих в воздухе.

Запрещается применять промышленные противогазы при недостатке кислорода в воздухе (менее 18 %), например при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях.

Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих жидкостей, плохо сорбирующихся органических веществ, например метана, этилена, ацетилена. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен (Рис. 7.4).



ППФМ-92 ПФМГ-96 ПФСГ-98 ППФ-95

*Рис. 7.4.* Промышленные противогазы

Противогазы ППФМ-92, ПФМГ-96, ПФСГ-98 предназначены для защиты органов дыхания, глаз и лица человека от вредных газо- и парооб- разных веществ и аэрозолей, присутствующих в воздухе рабочей зоны. ППФ-95 предназначены для защиты органов дыхания, зрения и лица рабо- чих различных отраслей промышленности и сельского хозяйства от воз- действия вредных газов, паров, пыли, дыма и тумана, присутствующих в воздухе. Фильтрующие противогазы надежны в атмосфере, содержащей не менее 18 % кислорода.

Промышленный противогаз состоит из снаряженной коробки, лицевой части (шлем-маски) с соединительной трубкой и сумки. Фильтрующая коробка служит для очистки воздуха, вдыхаемого человеком, от ядовитых веществ и вредных примесей. В зависимости от состава этих примесей она может содержать один или несколько специальных поглотителей или сочетание поглотителя с аэрозольным фильтром. При этом коробки строго специализированы по составу поглотителей, а поэтому отличаются друг от

друга окраской и маркировкой. Шлем-маски промышленных противогазов изготавливаются пяти ростов – 0, 1, 2, 3, 4. Чтобы подобрать шлем-маску, надо мягкой сантиметровой линейкой произвести два измерения головы. Вначале определить длину круговой линии, проходящей по подбородку, щекам и через высшую точку головы (макушку). Затем измерить длину полуокружности, проходящей от отверстия одного уха к отверстию другого по лбу через надбровные дуги. Результаты двух обмеров суммируют и находят требуемый рост шлем-маски.

При сумме до 93 см размер нулевой, от 93 до 95 см – первый, от 95 до 99 см – второй, от 99 до 103 см – третий, от 103 и выше – четвертый [4].

Противогазы комплектуют коробками двух размеров (большая и малая) и трех типов: без аэрозольного фильтра, с аэрозольным фильтром (на коробке белая вертикальная полоса), без аэрозольного фильтра с уменьшенным сопротивлением дыханию (имеет индекс 8 в маркировке). В зависимости от вида вредного вещества выпускают коробки следующих марок: А, В, Г, Е, КД, СО, М (табл. 9.2) [5].

Коробки марок А, В, Г, Е, КД изготавливаются как с аэрозольными фильтрами, так и без них; коробка БКФ – только с аэрозольными фильтрами; коробки СО и М – без аэрозольных фильтров. Белая вертикальная полоса на коробке означает, что она оснащена аэрозольным фильтром.

*Таблица 7.1*

**Характеристика промышленных противогазов**

| Марка противогаза | Маркировка и окраска | Соединения, от которых защищают ПП |
|---|---|---|
| А | Коричневая | Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, галоидоорганические соединения, нитросоединения бензола и его гомологи, тетроэтилсвинец, фосфор- и хлорорганические ядохимикаты) |

Продолжение табл. 7.1

| Марка противогаза | Маркировка и окраска | Соединения, от которых защищают ПП |
|---|---|---|
| В | Желтая | Кислые газы и пары (диоксида серы, гидрид серы, хлор, циан гидрида, окислы азота, хлориды водорода, фосген), фосфор- и хлорорганические ядохимикаты |
| Г | Черно-желтая | Пары ртути и ртутьорганическе ядохимикаты на основе этилмеркурхлорида |
| Е | Черная | Гидрид мышьяка и гидрид фосфора |
| К | Зеленая | Аммиак, а также пыль, дым, туман |
| КД | Серая, с бе- лой поло- сой | Аммиак и сероводород |
| БКФ | Защитная, с белой полосой | Кислые газы и пары, пары органических веществ, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пыль, дым, туман |
| СО | Белая | Оксид углерода |
| М | Красная | Оксид углерода в присутствии паров органических ве- ществ, кислые газы, аммиак, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пары органических соединений (бензин, керо- син, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, соединения бензола и его гомологи) |
| П-2У | Красная с белой поло- сой | Пары карбонилов никеля и железа, оксид углерода и со-путствующие аэрозоли |
| Б | Синяя | Бороводороды: диборан, пентаборан, этилентаборан, ди-этилдекаборан и их аэрозоли |
| УМ | Защитная | Пары и аэрозоли гептила, амил, самин, нитромеланж, амидол |
| ГФ | Голубая | Газообразный гексафторид урана, фтор, фтористый водо- род, радиоактивные аэрозоли |

**Пользование противогазом.** Подобрав шлем-маску, ее обязательно

примеряют. Новую лицевую часть предварительно необходимо протереть снаружи и внутри чистой тряпочкой или тампоном ваты, смоченным в воде, а клапаны выдоха продуть. Шлем-маску, бывшую в употреблении, следует отсоединить от коробки, протереть двухпроцентным раствором формалина или промыть водой с мылом и просушить.

При сборке противогаза шлем-маску берут в левую руку за клапанную коробку, а правой рукой ввинчивают до отказа фильтрующе- поглощающую коробку навинтованной горловиной в патрубок клапанной коробки шлем-маски.

При переводе противогаза в «боевое» положение необходимо:

– снять головной убор и зажать его между коленями или положить рядом;

– убрать волосы со лба и висков, женщинам следует гладко

– зачесать волосы назад, заколки и украшения снять (их попадание под обтюратор приведет к нарушению герметичности);

– вынуть шлем-маску из сумки, взять ее обеими руками за утолщенные края у нижней части так, чтобы большие пальцы рук были с наружной стороны, а остальные – внутри. Подвести шлем-маску к подбородку и резким движением рук вверх и назад натянуть ее на голову так, чтобы не было складок, а очки пришлись против глаз (ГП-5, ГП-5М);

– для правильного надевания ГП-7 надо взять лицевую часть обеими руками за щечные лямки так, чтобы большие пальцы захватывали их изнутри. Задержать дыхание, закрыть глаза. Затем зафиксировать подбородок в нижнем углублении обтюратора и движением рук вверх и назад натянуть наголовник на голову и подтянуть до упора щечные лямки;

– сделать полный выдох (для удаления зараженного воздуха из-под шлем-маски, если он туда попал в момент надевания), открыть глаза и возобновить дыхание;

– надеть головной убор, застегнуть сумку и закрепить ее на туловище.

**Дополнительные патроны**

В результате развития химической и нефтехимической промышленности

в производстве увеличено применение химических веществ. Многие из них по своим свойствам вредны для здоровья людей. Их называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

С целью расширения возможностей гражданских противогазов по защите от СДЯВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1 и ДПГ-3).

ДПГ-1 в комплекте с противогазом защищает от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена. ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фурфурола, хлористого водорода.

Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты – специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 только один слой поглотителя. Чтобы защитить шихту от увлажнения при хранении, горловины должны быть постоянно закрытыми: наружная – с навинченным колпачком с прокладкой, внутренняя – с ввернутой заглушкой [6].

**Изолирующие противогазы.** Изолирующие противогазы (ИП) являются специальными средствами защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любых вредных примесей, находящихся в воздухе независимо от их свойств и концентраций. Они используются также в тех случаях, когда невозможно применение фильтрующих противогазов, например при наличии в воздухе очень высоких концентраций отравляющих веществ или любой вредной примеси, кислорода менее 16 %, а также при работе под водой на небольшой глубине. Виды противогазов представлены на Рис. 7.5.



ИП-4М ИП-6 ПДА-3М

Рис. 9.5. Изолирующие противогазы

Изолирующие противогазы используют в случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают должной степени защиты, или когда в воздухе недостаточно кислорода. Источником кислорода в таком противогазе служит патрон, снаряженный специальным веществом. Для нужд населения выпускают ИП-4М, ИП-4МК, ИП-5, ИП-6, ИП-7, ПДА- 3М.

Действие изолирующих противогазов основано на использовании химически связанного кислорода. Они имеют замкнутую маятниковую схему дыхания: выдыхаемый воздух попадает в регенеративный патрон, вещество которое содержится в нем поглощает углекислый газ и влагу, а взамен выделяет необходимый для дыхания кислород. Затем дыхательная смесь попадает в дыхательный мешок. При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка снова проходит через регенеративный патрон, дополнительно очищается и поступает для дыхания. Материалы, из которых изготовлены противогазы, не оказывают отрицательного воздействия на организм. Применение незапотевающих пленок, а при отрицательных температурах и утеплительных манжет сохраняет прозрачность стекол в течение всего времени работы в противогазе при любой физической нагрузке. Грантируется высокая эксплуатационная безопасность.

ИП-4М, ИП-4МК используют при авариях, стихийных бедствиях. ИП-5, ИП-6 предназначены для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека в непригодной для дыхания атмосфере независимо от состава и концентрации вредных веществ в воздухе, а также при недостатке или отсутствии кислорода. Портативный дыхательный аппарат (ПДА-3М) предназначен для экстренной защиты органов дыхания, зрения и кожи лица человека в непригодной для дыхания атмосфере при эвакуации из опасной зоны, выполнении аварийных работ, а также в ожидании помощи [5].

По принципу действия изолирующие противогазы делятся на две группы: ИП-5); КИП-8).

- противогазы на основе химически связанного кислорода (ИП-4,

- противогазы на основе сжатого кислорода или воздуха (КИП-7, Исходя из принципа защитного действия, основанного на полной изоляции органов дыхания от окружающей среды, время пребывания в изолирующем противогазе зависит не от физико-химических свойств ОВ,РВ, БС и их концентраций, а от запаса кислорода и характера выполняемой работы.

Противогазы шланговые изолирующие презназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи человека от любых вредных примесей в воздухе независимо от их концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе рабочей зоны. Комплектуются возду- ходводящим шлангом длиной 10 или 20 м на барабане или в сумке.

**Респираторы.**

Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли (рис. 7.6).

Респираторы делятся на два типа. Первый – это респираторы, у которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат и лицевой частью. Второй – это респираторы, которые очищают вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединяемых к полумаске.




Рис. 7.6. Респираторы:

а – «Кама»; б – «Снежок»; в – У-2к; г – РП-КМ; д – Ф-62Ш; е – «Ас- тра 2»; ж – РПГ-67; з – РУ-6 Ом

Респираторы по назначению делят на следующие виды [5]:

***противоаэрозольные*** – для защиты органов дыхания от пыли, дыма, тумана, содержащих токсичные, бактериальные и другие опасные элементы, за счет пропускания вдыхаемого воздуха через фильтр из специального материала (респираторы «Лепесток», «Кама», «Снежок-П», У-2к, «Астра-2», Ф-62ш, РПА-1 и др.). Для фильтров в таких респираторах ис- пользуют материалы типа ФП (фильтр Петрянова), обладающие высокой эластичностью, механической прочностью, большой пылеемкостью, стой- костью к химическим агрессивным веществам и прекрасными фильтрую- щими свойствами;

***противогазовые*** – для защиты от паров и газов за счет фильтрования вдыхаемого воздуха через фильтрпатроны различных марок, различающихся составом адсорбирующего материала. При этом фильтр-патрон каждой марки защищает от газов только определенного вида (РПГ-67);

***универсальные*** – одновременно защищают от аэрозолей и отдель- ных видов газов и паров. Респираторы имеют противоаэрозольный фильтр и сменные противогазовые патроны разных марок (РУ-60м) или противо- газовые фильтры из ионообменного волокнистого материала («Снежок- ГП», «Лепесток-Г»).

По конструктивному оформлению различают респираторы двух типов:

***фильтрующие маски*** – их фильтрующий элемент одновременно служит лицевой частью;

***патронные*** – самостоятельно выполненные лицевая часть и фильтрующий элемент.

По характеру вентилирования подмасочного пространства респи- раторы делят на бесклапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух прохо- дит через фильтрующий элемент) и клапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух движется по различным каналам благодаря системе клапанов вдоха и выдоха).

В зависимости от срока службы различают респираторы одноразо- вого (типа «Лепесток», «Кама», У-2к и т. п.) и многоразового пользования, в которых предусмотрена возможность замены фильтров или их много- кратная регенерация (Ф-62ш, «Астра-2», РУ-60м и др.).

Респираторы ШБ-1, «Лепесток-5», «Лепесток-40» и «Лепесток-200» одинаковы и представляют собой сплошную легкую полумаску- фильтр из материала ФПП (фильтрующее полотно Петрянова). В нерабо- чем состоянии респиратор имеет вид круга. Каркасность его в рабочем со- стоянии обеспечивают пластмассовая распорка и алюминиевая пластина. Плотное прилегание респиратора к лицу достигается при помощи резино- вого шнура, вшитого в периметр круга, а также благодаря электростатиче- скому заряду материала ФПП, который образует полосу обтюрации. На го- лове респиратор крепят четырьмя шнурами.

*Противоаэрозольные респираторы*. В качестве фильтров в респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы. Наибольшее распространение получили полимерные фильтровальные материалы типа ФП (фильтр Петрянова) благодаря их хорошей эластичности, большой пылеемкости, а главное, высоким фильтрующим свойствам. Важной отличительной особенностью материалов ФП, изготовленных из перхлорвинила и других полимеров, обладающих изоляционными свойствами, является то, что они несут электростатические заряды, которые резко повышают эффективность улавливания аэрозолей и пыли.

*Респиратор противопылевый У-2К (в гражданской обороне Р-2)* обеспечивает защиту органов дыхания от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, радиоактивной и другой пыли, от некоторых бактериальных средств, дустов и порошкообразных удобрений, не выделяющих токсичные газы и пары. Использовать респиратор целесообразно при кратковременных работах небольшой интенсивности и запыленности воздуха. Не рекомендуется применять, когда в атмосфере сильная влага.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, наружный фильтр которой изготовлен из полиуретанового поропласта зеленого цвета, а внутренняя его часть – из тонкой воздухонепроницаемой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтированы два клапана вдоха (рис. 9.7). Клапан выдоха размещен в передней части полумаски и защищен экраном. Между поропластом и полиэтиленовой пленкой расположен второй фильтрующий слой из материала ФП. Для плотного прилегания респиратора к лицу в области переносицы имеется носовой зажим – фигурная алюминиевая пластина. Респиратор крепится при помощи регулируемого оголовья.



*Рис. 7.7.* Респираторы У-2К (Р-2)

Респираторы У-2К изготавливаются трех ростов, которые обозначаются на внутренней подбородочной части полумаски. Определение роста производится путем измерения высоты лица человека, т. е. расстояния между точкой наибольшего углубления переносицы и самой нижней точкой подбородка. При величине измерения от 99 до 109 мм берут первый рост, от 109 до 119 мм – второй, от 119 и выше – третий.

Принцип действия респиратора основан на том, что при вдохе воздух последовательно проходит через фильтрующий полиуретановый слой маски, где очищается от грубодисперсной пыли, а затем через фильтрующий полимерный материал (ФП), в котором происходит очистка воздуха от тонкодисперсной пыли. После очистки вдыхаемый воздух через клапаны вдоха попадает в подмасочное пространство и в органы дыхания.

При выдохе воздух из подмасочного пространства выходит через клапан выдоха наружу.

Чтобы подогнать респиратор У-2К (Р-2), нужно:

- вынуть его из полиэтиленового мешочка и проверить его исправность, надеть полумаску на лицо так, чтобы подбородок и нос разместились внутри нее, одна нерастягивающаяся тесьма оголовья располагалась бы на теменной части головы, а другая – на затылочной;
- с помощью пряжек, имеющихся на тесемках, отрегулировать их длину (для чего следует снять полумаску) таким образом, чтобы надетая полумаска плотно прилегала к лицу;
- на подогнанной надетой полумаске прижать концы носового зажима к носу.

Для проверки плотности прилегания респиратора к лицу необходимо плотно закрыть отверстия предохранительного экрана клапана выдоха ладо- нью и сделать легкий выдох. Если при этом по линии прилегания полумаски к лицу воздух не выходит, а лишь несколько раздувает респиратор, значит, он надет герметично. Если воздух проходит в области носа, то надо плотнее прижать концы носового зажима.

После снятия респиратора необходимо удалить пыль с наружной части полумаски с помощью щетки или вытряхиванием. Внутреннюю поверхность необходимо протереть и просушить, после чего респиратор необходимо вложить в полиэтиленовый пакет, который закрывается кольцом. Противоаэрозольный респиратор Ф-62Ш (однопатронный) – это средство индивидуальной защиты органов дыхания человека от различных видов промышленных пылей, он не защищает от газов, паров вредных ве- ществ, аэрозолей органических соединений. Предназначен для защиты от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, табачной пыли, пыли порошкообразных удобрений и интоксицидов, а также других видов пыли, не выделяющих токсичных газов. Широко применяется шахтерами. Респиратор противоаэрозольный ФА-2002

предназначен для защиты лица, глаз, органов дыхания от аэрозолей различной природы (пыль, дым, туман) при их суммарной концентрации не более 15 ПДК и при концентрации кислорода не менее 17 % (Рис. 7.8).



Ф-62Ш



ФА-2002

Рис. 7.8. Респираторы противоаэрозольные Ф-62Ш и ФА-2002

**Универсальные респираторы**

Газопылезащитные респираторы занимают как бы промежуточное положение между респираторами противопылевыми и противогазами. Они легче, проще и удобнее в использовании, чем противогаз. Однако защищают только органы дыхания при концентрации вредных веществ не более 10–15 ПДК. Глаза, лицо остаются открытыми. Вместе с тем такие респираторы во многих случаях довольно надежно предохраняют человека в газовой и пылегазовой среде.

Респиратор газопылезащитный РУ-60М (рис. 7.9) защищает органы дыхания от воздействия вредных веществ, присутствующих в воздухе одновременно в виде паров, газов и аэрозолей (пыли, дыма, тумана).



Рис. 7.9. Респиратор газопылезащитный (РУ-60М)

Запрещается применять эти респираторы для защиты от высокотоксичных веществ типа синильной кислоты, мышьяковистого, фосфористого, цианистого водорода, тетраэтилсвинца, низкомолекулярных углеводородов (метан, этан), а также от веществ, которые в парогазообразном состоянии могут проникнуть в организм через неповрежденную

кожу. Респиратор РУ-60М состоит из резиновой полумаски, обтюратора, поглощающих патронов (марки А, В, КД, Г), пластмассовых манжет с клапанами вдоха, клапана выдоха с предохранительным экраном и оголовья. С этими респираторами разрешается работать в средах, где концентрация пыли не более 100 мг/м$^3$.

Противогазовые респираторы. Респиратор противогазовый (РПГ-

67) – это средство индивидуальной защиты, применяется на предприятиях химической, металлургической и в других отраслях производства при концентрациях вредных веществ, не превышаю-

щих 10–15 ПДК.

Газодымозащитный комплект. Статистика показывает, что пожары с большим количеством человеческих жертв чаще всего встречаются в гостиницах, театрах, универсамах, ресторанах, вечерних клубах, учебных заведениях, на предприятиях, использующих легковоспламеняю- щиеся материалы.

Помещения быстро заполняются окисью углерода и другими токсическими газами. Люди гибнут от отравлений. Чтобы защитить органы дыхания и глаза от ядовитых газов, а голову человека от огня при выходе из горящего помещения, создан специальный газодымозащитный комплект (Рис. 9.10).



Рис. 9.10 Газодымозащитный комплект

Газодымозащитный комплект (ГДЗК) состоит из огнестойкого капюшона с прозрачной смотровой пленкой. В нижней части расположена эластичная манжета.

Внутри капюшона находится резиновая полумаска, в которой закреплен фильтрующе-сорбирующий патрон с клапаном вдоха. ГДЗК имеет регулируемое оголовье. При надевании следует широко растянуть эластичную манжету и накинуть капюшон на голову так, чтобы

манжета плотно облегала шею, при этом длинные волосы заправляются под капюшон. Очки можно не снимать. ГДЗК обеспечивает защиту от окиси углерода и цианистого водорода не менее 15 мин. Сопротивление при вдохе при 30 л/мин – не более 149 Па (15 мм вод. ст). Масса 800 г. Комплект хранится в картонной коробке в пакете из трехслойной полиэтиленовой пленки.

Капюшон «Феникс» предназначен для самостоятельной эвакуации из мест возможного отравления химически опасными и вредными вещест- вами. Защищает от продуктов горения, аэрозолей, паров и газов, опасных химических веществ, образующихся при аварийных ситуациях (Рис. 9.11).

Самоспасатели СИП-1, СПИ-20, СПФ, «Экстремал ПРО» (Рис. 9.11) предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания, токсичной и задымленной газовой среды. Применяются при экстренной эвакуации людей в случае террористических актов, а также с мест пожара в общественных зданиях, на транспорте, из жилых домов и т. п.





*а* *б* *в* *г*

Рис. 9.11. Самоспасатели:

а – СИП-1; б – СПИ-20; в – СПФ; г – капюшон «Феникс»; д – «Экстремал ПРО».

Самоспасатель противопожарный СИП-1 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и головы при самостоятельной эвакуации из помещений (гостиниц, высотных зданий, вагонов) во время пожара или при других аварийных ситуациях, от любых вредных веществ независимо от их концентрации и при недостатке кислорода в воздухе.

*Порядок выполнения работы*

1. Записать название и цель работы.
2. Законспектировать виды и назначение противогазов в виде табл. 7.3.

*Таблица 7.3*

**Виды и назначение противогазов**

| Наименование и марка | Назначение, вид веществ, от которых защищает | Комплектация | Примечание* |
|---|---|---|---|
| Фильтрующие противогазы | | | |
| Гражданские | | | |
| ГП-5 | | | |
| … | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| … т. д. | | | |

*В примечании указать, для каких возрастных групп предназначен, особенности мар- ки и т. п.

3. Указать правила пользования противогазами.

4. Измерить при помощи гибкого сантиметра лицевую часть головы и подобрать для себя размер противогаза ГП-5 (ГП-7) по росту.

5. Измерить при помощи гибкого сантиметра высоту своего лица и подобрать размер респиратора У-2К.

6. Показать отчет преподавателю.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 2009. – 616 с.

2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учеб. пособие для вузов / В. А. Акимов [и др.]. – М. : Высш. шк., 2008. – 592 с.

3. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрез- вычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов / Я. Д. Вишняков [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 304 с.

4. Емельянов В. М., Коханов В. Н., Некрасов П. А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов. – М. : Академический проект : Трикста, 2005. – 480 с.

5. Вознесенский В. В. Средства защиты органов дыхания и кожи. Противога- зы, респираторы и защитная одежда, основы их эксплуатации : учеб. пособие. – М. : Воен. знания, 2010. – 80 с.

6. Семенов С. Н., Лысенко В. П. Проведение занятий по гражданской обороне : метод. пособие. – М. : Высш. шк., 1990. – 96 с.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

**Наименование работы:** Действия населения при ЧС военного характера.

**Цель:** изучить действия населения при ЧС военного характера при угрозе применения радиационного, химического или биологического оружия, определить применяемые средства индивидуальной защиты, обосновать выбор защитных сооружений.

**Время:** 4 часа

**Материально-техническое обеспечение:** инструкционная карта, ручка, противогаз, респиратор, ватно-марлевая повязка

**Методика выполнения**

**Задание:**

1. Изучить индивидуальные средства защиты населения.

2. Изучить виды укрытий и правила поведения в убежищах и укрытиях.

3. Изучить применение СИЗ при угрозе применения химического и биологического оружия.

4. Отчет о работе оформить в виде плана-конспекта.

5. Заполнить таблицу.

| № | ЧС | Опасность | Поражающие факторы | Основные средства защиты |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

**Ядерное оружие** – самое страшное оружие современности. Поражение людей при его применении зависит от того, где они находились в момент ядерного взрыва. Наиболее эффективным средством защиты от всех поражающих факторов ядерного оружия являются убежища (укрытия). Находясь в убежищах (укрытиях), необходимо постоянно держать в готовности к немедленному использованию средства индивидуальной защиты. Средства

индивидуальной защиты подразделяют на средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). К средствам защиты органов дыхания человека относятся противогазы (фильтрующие (рис.8.1.) и изолирующие (рис.2.)) и респираторы (рис.3.), а также простейшие средства защиты – противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) (рис.4.) и ватно-марлевые повязки (рис.5.), изготовляемые обычно силами самого населения.

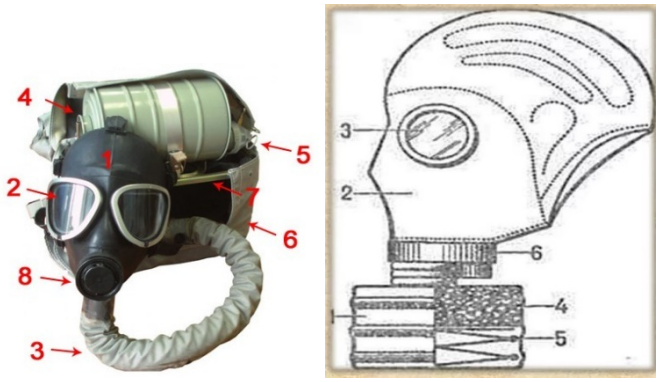



Рис. 8.1 Фильтрующий противогаз

1-фильтрующе-поглощающая коробка; 2-лицевая часть противогаза; 3-очковой узел; 4-шихга (обеспечивает поглощение паров и газов, и токсичных в-в); 5-ПАФ (противоаэрозольный фильтр); 6-клапанная коробка.



Рис.8.2. Изолирующий противогаз

1-лицевая часть, 2-очковый узел, 3-соеденительная трубка, 4-регенераторный патрон, 5-пусковое устройство патрона, 6-дыхательный мешок, 7-каркас, 8-устройство для переговоров.

**Порядок надевания противогаза:**

1. По команде «Газы!» задержите дыхание, не вдыхая воздух.

2. Закрыть глаза.

3. Достать противогаз из противогазной сумки, левой рукой доставая противогаз, а правой держа сумку снизу.

4. Вынуть пробку-заглушку из противогазной коробки.

5. Перед надеванием противогаза расположить большие пальцы рук снаружи, а остальные внутри.

6. Приложить нижнюю часть шлем-маски на подбородок.

7. Резко натянуть противогаз на голову снизу-вверх.

8. Выдохнуть.

9. Необходимо, чтобы после не образовалось складок, очковый узел должен быть расположен на уровне глаз.

10. Перевести сумку на бок.

**Снятие:**

1. По команде «Отбой!» брать за фильтровальную коробку и, потянув сверху-вниз, снять его.

2. Убрать противогаз в противогазную сумку.

3. Застегнуть пуговицы.

*Таблица 8.0*

**Подбор размера противогаза**

| Обхват головы | Размер противогаза |
|---|---|
| До 63 | 0 |
| 63,5-65,5 | 1 |
| 66-68 | 2 |
| 68,5-70,5 | 3 |
| 71 и более | 4 |

В качестве защиты органов дыхания от радиоактивной пыли и различных вредных аэрозолей могут быть использованы респираторы. Они просты в применении, малогабаритны и рассчитаны на массовое применение. Широко используются при выполнении работ, связанных с пылеобразованием.

**Респиратор** представляет собой фильтрующую полумаску, снабженную двумя клапанами вдоха, клапаном выхода (с предохранительным экраном),

оголовьем, состоящим из эластичных растягивающихся (и не растягивающихся) тесемок, и носовым зажимом. Работать в нем можно до 12 ч

Респираторы Р-2 изготовляются трех ростов -1,2 и 3-го, которые обозначаются внутренней подбородочной части полумаски.

Простейшими средствами защиты органов дыхания человека от радиоактивной пыли и биологических средств (при действиях во вторичном облаке) являются противопыльная тканевая маска ПТМ-1 (рис.8.3).

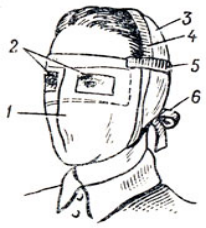



Рис.8.3. Противопыльная тканевая маска

1-корпус маски, 2-смотровые отверстия, 3-крепления, 4-резиновая тесьма, 5-поперечная резинка, 6-завязки.

И ватно-марлевая повязка (рис.8.4.) От ОВ (отравляющих веществ) они не защищают. Их изготавливает преимущественно само население. Маска состоит из корпуса и крепления. Корпус шьется из двух одинаковых по форме тканевых фильтрующих половинок, собранных на 4-5 слоев. На нем имеются смотровые отверстия со вставленными стеклами. Крепится маска на голове при помощи вставленной резинки и двух завязок.

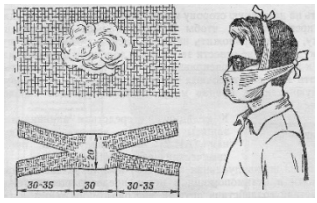



Рис.8.4. Ватно-марлевая повязка

Ватно-марлевая повязка изготовляется из куска марли размером 100 х50 см и ваты. На марлю накладывают слой ваты толщиной 2-3 см, длинной 30 см, шириной 20 см. Марлю с обеих сторон загибают и накладывают на вату. Концы марли разрезают на 30-35 см с каждой стороны, чтобы образовались две пары завязок. Марлевые повязки делают из 10-12 слоев марли. Они шьются также в

виде маски, закрывающей лицо или только подбородок, нос и рот. Для защиты глаз используются противопыльные очки.



Рис.8.5.Защитные очки

К средствам индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), в первую очередь, относятся защитные очки, предохраняющие от пыли, твердых частиц, химически неагрессивных жидкостей и газов, от слепящего яркого света, ультрафиолетового, инфракрасного излучения и от сочетания излучений указанных видов с воздействия летящих твердых частиц, а так же очкизащищающие от лазерного излучения и других опасных факторов.

К **средствам индивидуальной защиты кожи (СИЗК)** относят защитную одежду фильтрующего и изолирующего типа. К изолирующим средствам защиты кожи относятся общевойсковой комплексный защитный костюм (ОКЗК), общевойсковой защитный комплекс (ОЗК) (рис.8.6.), легкий защитный костюм (Л-1) , защитный комбинезон или костюм.

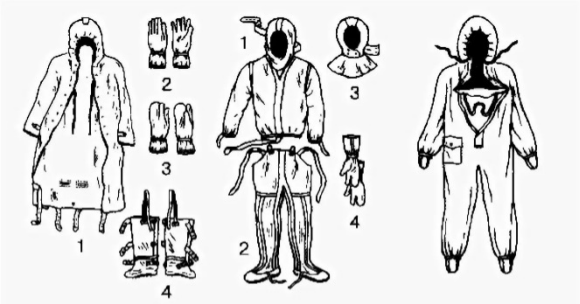


*Рис. 7.* Общевойсковой защитный комплект: 1 — защитный плащ; 2, 3 — защитные перчатки; 4 — защитные чулки

*Рис. 8.* Легкий защитный костюм Л-1: 1 — рубаха с капюшоном; 2 — брюки с защитными чулками; 3 — подшлемник; 4 — перчатки

Комплект защитной фильтрующей одежды

Рис. 8.6 Защитный костюм

**Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК)** предназначен для комплексной защиты от светового излучения и радиоактивной пыли, паров и аэрозолей ОВ и биологических аэрозолей. Он состоит из пропитанных специальным составом куртки, брюк, защитного белья, головного убора, подшлемника.

Простейшие средства защиты кожи применяются при отсутствии табельных средств. Может быть использована прежде всего производственная одежда (спецовка) – куртка и брюки, комбинезоны, халаты с капюшоном, сшитые из брезента, огнезащитной или прорезиненной ткани, грубого сукна. Они способны не только защищать от попадания на кожу людей радиоактивных веществ и биологических средств, но и не пропускать в течение некоторого времени капельножидких отравляющих веществ.

Обычная одежда, обработанная специальной пропиткой, может защищать и от паров отравляющих веществ. В качестве пропитки используют моющие средства или мыльно-масляную эмульсию. Основные представители неионогенных моющих средств – ОП-7 и ОП-10 (ОП-7иОП-10 - вспомогательные вещества, представляющие собой продукты обработки смеси моно- и диалкилфенолов окисью этилена. Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10 относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам. Применяются в качестве смачивающих, эмульсирующих, стабилизирующих поверхностно-активных веществ. Хорошо растворимы в воде). Синтетические моющие средства в чистом виде используются редко и служат исходным материалом для приготовления моющих средств, которые состоят из моющего вещества, активных добавок (соли фосфорной кислоты, сульфат натрия, метасиликат натрия и др.) и веществ, предохраняющих кожу (карбоксиметилцеллюлоза, дермоланы – высокомолекулярные циклические соединения, содержащие группы $SO_2$,$NH_4$,далгоны – конденсированные фосфаты).

Придать повседневной одежде защитные от отравляющих веществ свойства можно, пропитав ее раствором, который может быть приготовлен в домашних условиях. 2,5-3 л раствора, необходимого для пропитки одного комплекта одежды, можно получить если растворить 250-300 г измельченного хозяйственного мыла в 2-3 л горячей воды (60-70 ° С), добавить в раствор 0,5 л минерального (машинного) и другого масла и, подогревая,перемешивать раствор до получения однородной мыльно-масляной эмульсии. Одежду помещают в большую емкость (бак, ведро) и заливают раствором. Пропитанная одежда отжимается и просушивается (утюжке не подлежит).

В летную жаркую погоду необходимо соблюдать установленные сроки работы в защитной одежде. Зимой для предупреждения обмораживания следует надевать ее на ватник, использовать подшлемник, теплые портянки, в резиновые сапоги подкладывать теплые стельки, защитные перчатки одевать поверх обычных шерстяных или фланелевых. Обычно длительность пребывания людей в убежищах зависит от степени радиоактивного заражения местности. Если убежище находится в зоне заражения с уровнями радиации от 8 до 80 Р/ччерез один час после ядерного взрыва, то время пребывания в нем укрываемых людей составит от нескольких часов до одних суток (рис.8.7) .




Рис.8. 7. Ватно-марлевая повязка

В зоне заражения с уровнями радиации от 80 до 240 Р/ч нахождение людей в защитном сооружении увеличивается до 3 сут. В зоне заражения с уровнем радиации 240 Р/ч и выше это время составит 3 сут. и более. По истечении указанных сроков из убежищ (укрытий) можно перейти в жилые помещения. В течение последующих 1-4 сут. (в зависимости от уровней радиации в зонах

заражения) из таких помещений можно периодически выходить наружу, но не более чем на 3-4 ч в сутки.

В условиях сухой и ветреной погоды, когда возможно пылеобразование, при выходе из помещений следует использовать СИЗОД. Чтобы благополучно пережить указанные сроки пребывания в убежищах, необходимо иметь запасы продуктов питания (не менее чем на 4 сут. (крупы, сахар и соль, галеты, сухари, консервы, макаронные изделия, мука, сухофрукты, шоколад, подсолнечное масло, мед, варенье. уксус, вода)), питьевой воды (из расчета 3 л на человека в сутки), а также предметы первой необходимости и медикаменты.

Если в результате ядерного взрыва убежище (укрытие) окажется поврежденным, принимают меры к быстрому выходу из него, надев СИЗОД. Если основным и ли запасным выходом воспользоваться невозможно, приступают к расчистке одного из заваленных выходов или к проделыванию выхода. После выхода из очага ядерного поражения (зоны радиоактивного заражения) необходимо провести частичную дезактивацию и санитарную обработку, т.е. удалить радиоактивную пыль. При частичной дезактивации следует осторожно снять одежду, ни в коем случае не снимая СИЗОД. Встав спиной к ветру, вытряхнуть ее, развесить одежду на перекладине или веревке и обмести с нее пыль сверху вниз с помощью щетки или веника. Одежду можно выколачивать и палкой.

После этого следует продезактивировать обувь: протереть тряпками и ветошью, смоченными водой, очистить веником или щеткой. Резиновую обувь можно мыть. Противогаз дезактивируют в особой последовательности. Фильтрующе-поглощающую коробку вынимают из сумки, сумку тщательно вытряхивают. Затем тампоном, смоченным мыльной воде, моющим раствором или жидкостью из противохимического пакета обрабатывают фильтрующе-поглощающую коробку, соединительную трубку и наружную поверхность шлема-маски (маски). Лишь после этого противогаз снимают.

Противопыльные тканевые маски при дезактивации тщательно вытряхивают, чистят щетками, при возможности полощут или стирают в воде. Зараженные ватно-марлевые повязки сжигают. При частичной санитарной обработке открытые участки тела: руки, лицо, шею, глаза обмывают незараженной водой. Нос, рот и горло полощут. Важно, чтобы при обмывке лица зараженная вода не попала в глаза, рот и нос. При недостатке воды обработку проводят путем многократного протирания участков тела тампонами из марли (ваты, пакли, ветоши), смоченными незараженной водой. Протирание следует проводить сверху вниз. каждый раз переворачивая тампон чистой стороной. Зимой может использоваться незараженный снег.

Летом санитарную обработку можно организовать в реке или другом проточном водоеме. Частичная дезактивация и санитарная обработка, проводимые в одноразовом порядке, не всегда гарантируют полное удаление радиоактивной пыли. Потому после их проведения обязательно проводится дозиметрический контроль. Если заражение одежды и тела окажется выше допустимой нормы, частичные дезактивацию и санитарную обработку повторяют. В необходимых случаях проводится полная санитарная обработка. Своевременно проведенные частичные дезактивация и санитарная обработка могут полностью предотвратить или сильно снизить степень поражения людей радиоактивными веществами.

Если люди во время ядерного взрыва находятся вне убежища укрытия, следует использовать естественные ближайшие укрытия (рис.10). Если таких укрытий нет, надо повернуться к взрыву спиной, лечь на землю лицом вниз, руки спрятать под себя. Через 15-20 с. после взрыва, когда пройдет ударная волна, следует встать и немедленно надеть противогаз, респиратор или какое-либо другое СИЗОД. В случае отсутствия специальных средств следует закрыть рот и нос платком, шарфом или плотным материалом.

Задача состоит в том, чтобы исключить попадание внутрь организма радиоактивных веществ. Их поражающее действие бывает значительным в

течение длительного времени, поскольку выведение их из организма происходит медленно. Далее необходимо стряхнуть осевшую на одежду и обувь пыль, надеть имеющиеся средства защиты кожи.

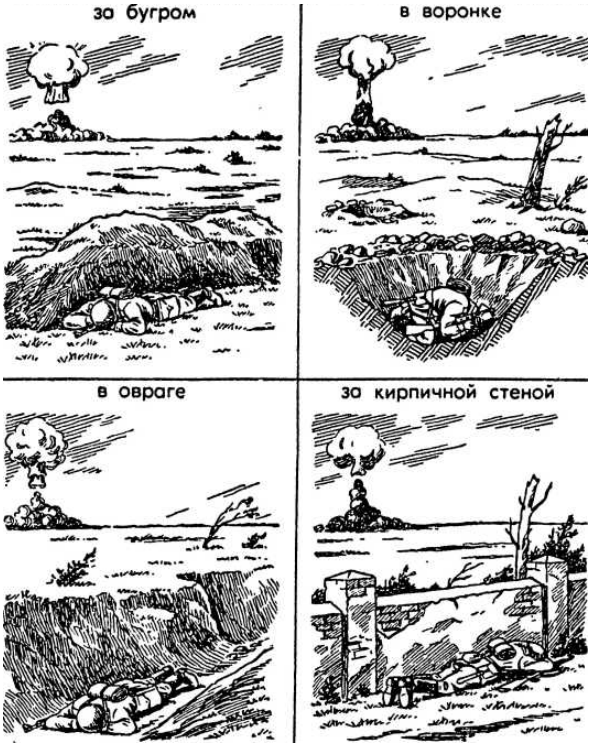



Рис 8.8 Естественные укрытия при внезапном ядерном взрыве

Для этого можно использовать имеющиеся одежду и обувь. Затем следует побыстрее покинуть очаг поражения или укрыться в ближайшем защитном сооружении.

Оставаться на зараженной радиоактивными веществами местности вне убежищ (укрытий), несмотря на использование средств индивидуальной защиты, опасно. Это сопряжено с возможностью облучения и, как следствие, развития лучевой болезни. В целях уменьшения возможности поражения радиоактивными веществами в зонах заражения запрещается принимать пищу, пить и курить. Приготовление пиши должно вестись на незараженной местности или, в крайнем случае, на местности, где уровень радиации не превышает 1 Р/ч. При выходе из очага поражения необходимо учитывать, что в результате ядерных взрывов разрушаются здания, сети коммунального хозяйства. При этом отдельные элементы зданий могут обрушиться через

некоторое время после взрыва. Продвигаться надо посередине улицы, стараясь возможно быстрее попасть в безопасное место. Нельзя трогать электропровода. Направление движения из очага поражения следует выбирать, ориентируясь на знаки ограждения, расставленные разведкой гражданской обороны. Они ведут всторону снижения уровней радиации. Двигаясь по зараженной территории, надо стараться не поднимать пыли, обходить лужи, не создавать брызг.

В результате применения химического оружия возникают очаги химического поражения-территории, в пределах которой в результате воздействия химического оружия произошли массовые поражения людей и сельскохозяйственных животных. Размеры очага зависят от масштаба и способа применения БТХВ (боевые токсичные химические вещества - это химические соединения, которые способны поражать людей и животных на больших площадях, проникать в различные сооружения, заражать местность и водоемы), его типа метеорологических условий, рельефа местности. Особенно опасны стойкие БТХВ нервнопаралитического действия. Их пары распространяются по ветру на довольно большое расстояние (15-25 км и более). Поэтому люди и животные могут быть поражены ими не только в районе применения химических боеприпасов, но и далеко за его пределами. Длительность поражающего действия БТХВ тем меньше, чем сильнее ветер и восходящие потоки воздуха. В лесах, парках, оврагах, на узких улицах они сохраняются дольше, чем на открытой местности. Современные отравляющие вещества обладают чрезвычайно высокой токсичностью.

При обнаружении признаков применения противником отравляющих веществ, далее ОВ (по сигналу «Химическая тревога») надо срочно надеть противогаз, а в случае необходимости - средства защиты кожи. Если поблизости имеется убежище, нужно укрыться в нем. Перед тем как войти в убежище, следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища. Эта мера предосторожности исключает занос ОВ в убежище. Противогаз снимают после входа в убежище.

При пользовании укрытием, например, подвалом, не следует забывать, что оно м служить защитой лишь от попадания на кожные покровы и одежду капельножидких ОВ. Однако оно не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. Находясь в таких укрытиях, при наружном заражении обязательно надо воспользоваться противогазом. Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты - противогазы и средства защиты кожи и выйти за пределы очага поражения по направлениям, обозначенным специальными указателями. Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует перпендикулярно направлению ветра.

На зараженной ОВ территории надо двигаться быстро, но не пыль (брызги). Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам. Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ. На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. Особо осторожно нужно двигаться через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли ОВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров ОВ. В городах пары ОВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе распространяется на наибольшие расстояния по улицам,тоннелям, трубопроводам.

ОВ на кожных покровах, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты необходимо немедленно снять их тампонами из марли или ваты; если таких тампонов нет, капли ОВ можно снять тампонами из бумаги или ветоши. Пораженные места следует обработать раствором из противохимического пакета или тщательно промыть теплой водой с мылом. После выхода из очага

химического поражения немедленно проводится полная санитарная обработка. Если это невозможно, проводятся частичные дегазация и санитарная обработка.

Очагом биологического поражения считаются территорииподвергшиеся непосредственному воздействию бактериальных (биологических) средств, создающих источник распространения инфекционных заболеваний. Заражение людей и животных происходит в результате вдыхания зараженного воздуха, попадания микробов или токсинов на слизистую оболочку и поврежденную кожу, употребления в пищу зараженных продуктов питания и воды.

Причиной заражения могут быть укусы зараженных насекомых и клещей, соприкосновения с зараженными предметами, ранения осколками боеприпасов, снаряженных БС (биологические средства поражения - общее название болезнетворных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, предназначенных для использования в системах биологического оружия с целью поражения людей, животных и растений). Заражение возможно также в результате непосредственного общения с больными людьми (животными). Ряд заболеваний быстро передается от больных людей к здоровым и вызывает эпидемии (чума, холера, тиф, грипп и др.). К основным средствам защиты населения от биологического оружия относятся вакциносывороточные препараты, антибиотики, сульфамидные и другие лекарственные вещества, используемые для специальной и экстренной профилактики инфекционных болезней.

Употребимы такие средства индивидуальной и коллективной защиты. Своевременное и правильное применение средств индивидуальной защиты и защитных сооружений предохранит от попадания БС в органы дыхания, на кожные покровы и одежду. Необходимо строгое соблюдение правил личной гигиены и санитарно-гигиенических требований к питанию и водоснабжению населения. Приготовление и прием питии должны исключать возможность ее заражения бактериальными средствами. Посуду необходимо мыть дезинфицирующими растворами или обрабатывать кипячением. В случае

применения противником биологического оружия возможно возникновение значительного количества инфекционных заболеваний.

Основными формами борьбы с эпидемиями являются обсервация и карантин. Делается это в тех случаях, когда примененные возбудители болезней относятся к особо опасным (чума, холера и др.). Карантинный режим предусматривает полную изоляцию очага поражения от окружающего населения. Это наиболее эффективный способ противодействия распространению инфекционных заболеваний. На внешних границах зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, выход людей, вывод животных и вывоз имущества запрещаются. Транзитный проезд транспорта через очаги поражения запрещается. Объекты экономики переходят на особый режим работы со строгим выполнением противоэпидемических требований. Рабочие смены разбиваются на отдельные группы как можно более малочисленные по составу. Контакт между ними сокращается до минимума. Питание и отдых рабочих и служащих организуются по группам в специально отведенных для этого помещениях. Работа учебных заведений, зрелищных учреждений, рынков и т.д. прекращается. Людям не разрешается без крайней необходимости выходить их своих квартир. Продукты питания, вода и предметы первой необходимости доставляются им специальными командами.

При выполнении срочных работ вне зданий люди должны быть обязательно в средствах индивидуальной защиты. Если установленный вид возбудителя не относится к группе особо опасных, вместо карантина применяется обсервация. Она предусматривает медицинское наблюдение за очагом поражения и проведение необходимых лечебно-профилактических мероприятий. Изоляционно-ограничительные меры при обсервации менее строгие: организуются дезинфекция, дезинсекция и дератизация.

**Дезинфекция** имеет целью обеззараживание объектов внешней среды, которые необходимы для нормальной деятельности и безопасного нахождения людей. Для дезинфекции применяются растворы хлорной извести и хлорамина,

лизол, формалин, могут использоваться горячая вода (с мылом или содой) и пар.

**Дезинсекция и дератизация**-это мероприятия, связанные соответственно с уничтожением насекомых и истреблением грызунов, которые являются переносчиками инфекционных заболеваний. Для уничтожения насекомых применяют физические (кипячение, проглаживание накаленным утюгом и др.), химические (применение дезинсектирующих средств) и комбинированные способы.

Истребление грызунов в большинстве случаев проводят с помощью механических приспособлений (ловушек различных типов) и химических препаратов. После проведения дезинфекции, дезинсекции и дератизации проводится полная санитарная обработка лиц, принимавших участие в осуществлении названных мероприятий. При необходимости организуется санитарная обработка и остального населения.

**Контрольные вопросы**

1. Перечислите СИЗОД.

2. Перечислите СИЗ кожи.

3. Назовите порядок изготовления ВМП.

4. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?

5. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?

6. Что относится к основным средством защиты населения от биологического оружия?

7.Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?

8. Какие действия предполагает санитарная обработка?

9. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. – 3-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013. – 320 с.: ил.

2. Безопасности жизнедеятельности: учебник / Е.А. Арустамов. – 9-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013 с.: ис.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ Уфимцев

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

## Б1.О.04 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Авторы: Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Безопасности горного производства | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Елохин В.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 14.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

## Б1.О.05.01 ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: **2022**

Екатеринбург

# ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

*Перечень тестовых заданий:*

**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, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:**

А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека
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 физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.**

А) 1, 2, 3, 4

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

# 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).

Автор: Шулиманов Д.Ф.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

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).

## 1. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

### 1.2.Вопросы для групповой дискуссии

1 .Что можно отнести к средствам физического воспитания?

2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека

3. Чем отличается спорт от физической культуры?

4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?

5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?

6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия

7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?

8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

### 1.3. Типовые тестовые задания для промежуточной аттестации по теоретическому разделу дисциплины:

**Вариант 1**

**ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.**

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:

   а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.
2. Физическое воспитание – это:

   а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
   б) приобщение человека к физической культуре;
   в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
   г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.
3. Чем спорт отличается от физической культуры:

   а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.
4 Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

   а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности;
   г) систематичности;
5 Под физическим развитием понимается:

   а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;
   б) размеры мускулатуры, форма 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.

**ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.**

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

   а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
   б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
   в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
   г) все перечисленное.
2. Состояние здоровья обусловлено:

   а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;
   в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.
3. Что не относятся к внешним факторам, влияющим на человека:

   а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;
   г) биологические факторы.
4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

   а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.
5. К активному отдыху относится:

   а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

**ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.**

1. Физическими упражнениями называются:

   а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
   б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
   в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
   г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.
2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

   а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.
3. Физические упражнения являются:

   а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;
   в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.
4. Что не относится к методам физического воспитания:

   а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;
   г) самостоятельный.
5. Метод в физической культуре – это

   а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;
   б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;
   в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;
   г) способ применения физических упражнений.

**ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.**

1. Физическая подготовка – это:

   а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
   б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
   в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
   г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.
2. К основным физическим качествам относятся:

   а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
   в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.
3. Различают гибкость:

   а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
   г) простую и сложную.
4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

   а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.
5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

   а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

**Вариант 2**

**ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.**

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:
   а) на интеллектуальные способности;
   б) на удовлетворение социальных потребностей;
   в) на воспитание лидерских качеств;
   г) на полноценное физическое развитие.
2. Физическая культура – это:
   а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
   б) часть наука о природе двигательной деятельности человека
   в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
   г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.
3. Что не относиться к компонентам физической культуры:
   а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура; г) гигиеническая физическая культура.
4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:
   а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
   б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
   в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
   г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.
5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:
   а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
   б) инструктивно-методические знания;
   в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
   г) все вышеперечисленное.

**ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.**

1. Что понимается под закаливанием:
   а) купание в холодной воде и хождение босиком;
   б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
   в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
   г) укрепление здоровья.
2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:
   а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
   б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
   в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
   г) все перечисленное.
3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:
   а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.
4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

а) защита внутренней среды организма; б) теплорегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ; г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

а) обеспечивает ритмичность работы организма;
б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

**ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.**

1. Физическое упражнение - это:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относиться к средствам физического воспитания:

а) физические упражнения;
б) подвижные игры;
в) соревнования;
в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

а) сознательность и активность;
б) наглядность и доступность;
в) систематичность и динамичность;
г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует 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 выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

**ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.**

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;

г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
б) подвижные и спортивные игры;
в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) статическую и динамическую.

**Ключ:**

| № вопр. | Вариант - 1 | | | | Вариант - 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 |
| 1 | а | б | г | г | г | б | г | а |
| 2 | а | б | б | в | а | б | б | а |
| 3 | в | в | в | в | б | а | в | б |
| 4 | в | в | г | б | в | г | г | в |
| 5 | а | в | г | в | г | а | б | а |

**Вариант 1**

**ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.**

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:

а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.

2. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

**ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.**

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:

а) фехтование;

б) баскетбол;
в) фигурное катание;
г) художественная гимнастика.

3. Количество игроков одной команды в волейболе на площадке:
   а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.
4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:
   а) по частоте дыхания;
   б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
   в) по объему выполненной работы.

**ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.**

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:
   а) двигательное умение;
   б) массовый спорт;
   в) двигательный навык;
   г) спорт высших достижений.
2. Как дозируются упражнения на гибкость:
   а) до появления пота;
   б) до снижения амплитуды движений;
   в) по 12-16 циклов движений;
   г) до появления болевых ощущений.
3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:
   а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
   б) они выполняются до утомления;
   в) они вызывают значительное напряжение мышц;
   г) они выполняются медленно.
4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:
   а) в фигурном катании;
   б) в пауэрлифтинге;
   в) в художественной гимнастике;
   г) в лыжном спорте.

**ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.**

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:
   а) обеспечивают усиленную работу мышц;
   б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
   в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
   г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.
2. Меры профилактики переутомления:
   а) посидеть 3-4 минуты;
   б) сменить вид деятельности;
   в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
   г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.
3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:
   а) 100 – 130 уд/мин;

б) 130 – 150 уд/мин;
в) 150 – 170 уд/мин;
г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:
а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
в) подготовка организма к предстоящей работе;
г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

**ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.**

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:
а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) производственная физическая культура;
г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:
а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:
а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:
а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

**Вариант 2**

**ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.**

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:
а) педагогический поэтапный контроль;
б) педагогический текущий контроль;
в) педагогический оперативный контроль;
г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:
а) упражнения на гибкость;
б) дыхательные упражнения;
в) упражнения с отягощением;
г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:
а) за час до приема пищи;
б) после сна натощак;
в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:
а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
б) контроля родителей;
в) лично спортсмену;
г) лично тренеру.

**ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.**

1. К циклическим видам спорта не относится:
   а) волейбол;
   б) стайерский бег;
   в) плавание;
   г) спортивная ходьба.
2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:
   а) спортивная гимнастика;
   б) лыжный спорт;
   в) триатлон;
   г) атлетическая гимнастика.
3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:
   а) спорт высших достижений;
   б) лечебная физическая культура;
   в) профессионально-прикладная физическая культура;
   в) массовый спорт.
4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:
   а) упражнения на развитие выносливости;
   б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;
   в) бег и общеразвивающие упражнения.

**ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.**

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:
   а) способность сохранять равновесие;
   б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;
   в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;
   г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.
2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:
   а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;
   б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;
   в) выделение частей в занятии требует Министерство науки и образования;
   г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.
3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:
   а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;
   б) степень преодолеваемых при их выполнении трудностей;
   в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;
   г) частотой сердечных сокращений.
4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:
   а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

**ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.**

1. К объективным показателям самоконтроля относится:
   а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.
2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:
   а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

4. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;

б) сменить вид деятельности;

в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;

г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

**ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.**

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:

а) физкультурная пауза;

б) производственная физическая культура;

в) спорт высших достижений;

г) массовый спорт.

2. Профессионально-прикладная физическая подготовка - это

а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;

б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;

в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;

г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.

3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:

а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

**Ключ:**

| № вопр. | | Вариант - 1 | | | | | Вариант - 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 | ДЕ 5 | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 | ДЕ 5 |
| 1 | в | в | в | б | в | в | а | в | а | б |
| 2 | а | г | б | в | а | в | а | б | в | а |
| 3 | в | б | в | б | г | а | а | а | в | г |
| 4 | в | б | г | в | г | а | в | в | в | г |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ Угрюмов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

## Б1.О.05.02 ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: **2022**

Екатеринбург

# ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

*Перечень тестовых заданий:*

**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, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:**

А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека
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 физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.**

А) 1, 2, 3, 4

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

# 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).

Автор: Шулиманов Д.Ф.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

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).

## 1. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

### 1.2.Вопросы для групповой дискуссии

1 .Что можно отнести к средствам физического воспитания?

2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека

3. Чем отличается спорт от физической культуры?

4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?

5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?

6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия

7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?

8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

### 1.3. Типовые тестовые задания для промежуточной аттестации по теоретическому разделу дисциплины:

**Вариант 1**

**ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.**

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:

   а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.
2. Физическое воспитание – это:

   а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
   б) приобщение человека к физической культуре;
   в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
   г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.
3. Чем спорт отличается от физической культуры:

   а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.
4 Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

   а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности;
   г) систематичности;
5 Под физическим развитием понимается:

   а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;
   б) размеры мускулатуры, форма 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.

**ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.**

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

   а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
   б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
   в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
   г) все перечисленное.
2. Состояние здоровья обусловлено:

   а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;
   в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.
3. Что не относятся к внешним факторам, влияющим на человека:

   а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;
   г) биологические факторы.
4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

   а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.
5. К активному отдыху относится:

   а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

**ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.**

1. Физическими упражнениями называются:

   а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
   б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
   в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
   г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.
2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

   а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.
3. Физические упражнения являются:

   а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;
   в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.
4. Что не относится к методам физического воспитания:

   а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;
   г) самостоятельный.
5. Метод в физической культуре – это

   а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;
   б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;
   в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;
   г) способ применения физических упражнений.

**ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.**

1. Физическая подготовка – это:

   а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
   б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
   в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
   г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.
2. К основным физическим качествам относятся:

   а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
   в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.
3. Различают гибкость:

   а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
   г) простую и сложную.
4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

   а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.
5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

   а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

**Вариант 2**

**ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.**

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:
   а) на интеллектуальные способности;
   б) на удовлетворение социальных потребностей;
   в) на воспитание лидерских качеств;
   г) на полноценное физическое развитие.
2. Физическая культура – это:
   а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
   б) часть наука о природе двигательной деятельности человека
   в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
   г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.
3. Что не относиться к компонентам физической культуры:
   а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура; г) гигиеническая физическая культура.
4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:
   а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
   б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
   в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
   г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.
5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:
   а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
   б) инструктивно-методические знания;
   в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
   г) все вышеперечисленное.

**ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.**

1. Что понимается под закаливанием:
   а) купание в холодной воде и хождение босиком;
   б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
   в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
   г) укрепление здоровья.
2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:
   а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
   б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
   в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
   г) все перечисленное.
3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:
   а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.
4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

а) защита внутренней среды организма; б) теплорегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ; г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

а) обеспечивает ритмичность работы организма;
б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

**ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.**

1. Физическое упражнение - это:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относиться к средствам физического воспитания:

а) физические упражнения;
б) подвижные игры;
в) соревнования;
в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

а) сознательность и активность;
б) наглядность и доступность;
в) систематичность и динамичность;
г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует 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 выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

**ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.**

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;

г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
б) подвижные и спортивные игры;
в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) статическую и динамическую.

**Ключ:**

| № вопр. | Вариант - 1 | | | | Вариант - 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 |
| 1 | а | б | г | г | г | б | г | а |
| 2 | а | б | б | в | а | б | б | а |
| 3 | в | в | в | в | б | а | в | б |
| 4 | в | в | г | б | в | г | г | в |
| 5 | а | в | г | в | г | а | б | а |

**Вариант 1**

**ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.**

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:

а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.

2. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

**ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.**

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:

а) фехтование;

б) баскетбол;
в) фигурное катание;
г) художественная гимнастика.

3. Количество игроков одной команды в волейболе на площадке:
   а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.
4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:
   а) по частоте дыхания;
   б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
   в) по объему выполненной работы.

**ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.**

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:
   а) двигательное умение;
   б) массовый спорт;
   в) двигательный навык;
   г) спорт высших достижений.
2. Как дозируются упражнения на гибкость:
   а) до появления пота;
   б) до снижения амплитуды движений;
   в) по 12-16 циклов движений;
   г) до появления болевых ощущений.
3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:
   а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
   б) они выполняются до утомления;
   в) они вызывают значительное напряжение мышц;
   г) они выполняются медленно.
4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:
   а) в фигурном катании;
   б) в пауэрлифтинге;
   в) в художественной гимнастике;
   г) в лыжном спорте.

**ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.**

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:
   а) обеспечивают усиленную работу мышц;
   б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
   в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
   г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.
2. Меры профилактики переутомления:
   а) посидеть 3-4 минуты;
   б) сменить вид деятельности;
   в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
   г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.
3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:
   а) 100 – 130 уд/мин;

б) 130 – 150 уд/мин;
в) 150 – 170 уд/мин;
г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:
а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
в) подготовка организма к предстоящей работе;
г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

**ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.**

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:
а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) производственная физическая культура;
г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:
а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:
а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:
а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

**Вариант 2**

**ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.**

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:
а) педагогический поэтапный контроль;
б) педагогический текущий контроль;
в) педагогический оперативный контроль;
г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:
а) упражнения на гибкость;
б) дыхательные упражнения;
в) упражнения с отягощением;
г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:
а) за час до приема пищи;
б) после сна натощак;
в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:
а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
б) контроля родителей;
в) лично спортсмену;
г) лично тренеру.

**ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.**

1. К циклическим видам спорта не относится:
   а) волейбол;
   б) стайерский бег;
   в) плавание;
   г) спортивная ходьба.
2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:
   а) спортивная гимнастика;
   б) лыжный спорт;
   в) триатлон;
   г) атлетическая гимнастика.
3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:
   а) спорт высших достижений;
   б) лечебная физическая культура;
   в) профессионально-прикладная физическая культура;
   в) массовый спорт.
4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:
   а) упражнения на развитие выносливости;
   б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;
   в) бег и общеразвивающие упражнения.

**ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.**

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:
   а) способность сохранять равновесие;
   б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;
   в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;
   г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.
2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:
   а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;
   б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;
   в) выделение частей в занятии требует Министерство науки и образования;
   г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.
3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:
   а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;
   б) степень преодолеваемых при их выполнении трудностей;
   в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;
   г) частотой сердечных сокращений.
4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:
   а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

**ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.**

1. К объективным показателям самоконтроля относится:
   а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.
2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:
   а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

4. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;

б) сменить вид деятельности;

в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;

г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

**ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.**

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:

а) физкультурная пауза;

б) производственная физическая культура;

в) спорт высших достижений;

г) массовый спорт.

2. Профессионально-прикладная физическая подготовка - это

а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;

б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;

в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;

г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.

3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:

а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

**Ключ:**

| № вопр. | | Вариант - 1 | | | | | Вариант - 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 | ДЕ 5 | ДЕ 1 | ДЕ 2 | ДЕ 3 | ДЕ 4 | ДЕ 5 |
| 1 | в | в | в | б | в | в | а | в | а | б |
| 2 | а | г | б | в | а | в | а | б | в | а |
| 3 | в | б | в | б | г | а | а | а | в | г |
| 4 | в | б | г | в | г | а | в | в | в | г |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

# Б1.О.06 РУССКИЙ ЯЗЫК И ДЕЛОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доцент

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры иностранных языков и деловой коммуникации (ИЯДК) | Рассмотрены методической комиссией 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 28.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## Методические рекомендации к практическим занятиям

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе лекций, ознакомления с учебной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют более качественному усвоению знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы.

Приступая к подготовке к практическому занятию необходимо изучить соответствующие конспекты лекций по заданной теме, главы учебников или учебных пособий, разобрать примеры, ознакомиться с дополнительной литературой (например, словарями). Конспектирование дополнительных источников также способствует более плодотворному усвоению учебного материала. Следует обращать внимание на основные понятия и классификации, актуальные для темы практического занятия.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студента. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения и проследить их логику. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Все это находит свое отражение в процессе выполнения итогового зачетного теста.

Очевидны три структурные части практического занятия: предваряющая (подготовка к занятию), непосредственно само практического занятия (обсуждение вопросов темы в группе, выполнение упражнений по теме) и завершающая часть(последующая работа студентов по устранению обнаружившихся пробелов).Не только само практическое занятие, но и предваряющая, и заключающая части его являются необходимыми звеньями целостной системы усвоения вынесенной на обсуждение темы.

Перед очередным практическим занятием целесообразно выполнить все задания, предназначенные для самостоятельного рассмотрения, изучить лекцию, соответствующую теме практического занятия. В процессе подготовки к практическому занятию закрепляются и уточняются уже известные и осваиваются новые знания. Столкнувшись в ходе подготовки с недостаточно понятными моментами темы, необходимо найти ответы самостоятельно или зафиксировать свои вопросы для постановки и уяснения их на самом практическом занятии.

В начале занятия следует задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении, поскольку всегда сначала студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия.

В ходе практического занятия каждый должен опираться на свои конспекты, сделанные на лекции или по учебникам и учебным пособиям, на самостоятельно выполненные упражнения по данной теме.

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь.

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе прослушивания и запоминания лекционного материала, ознакомления с учебной и научной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют получению наиболее качественных знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы. Планы практических занятий состоят из отдельных тем, расположенных в соответствии с рабочей программой изучаемой дисциплины. Каждая тема включает следующие элементы:

- цель проведения занятия;
- теоретические вопросы, необходимые для усвоения темы;
- задания;
- список литературы по теме для подготовки к практическому занятию.

Работа на практических занятиях направлена на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам изучаемой дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений (например, аналитических).

В ходе занятий у студентов формируются практические умения и навыки, отраженные в РПД.

## Методические материалы к практическим занятиям

### ТЕМА 1. СЛОВАРИ И СПРАВОЧНИКИ ПО КУЛЬТУРЕ РЕЧИ. СИСТЕМА СЛОВАРНЫХ ПОМЕТ

**Цель –** вспомнить классификацию словарей и проверить у студентов умение работать с ними (лексикографическая грамотность).

**Основные понятия темы:**

| |
|---|
| **Лексикография** – раздел науки о языке, занимающийся теорией и практикой составления словарей. |
| **Энциклопедический словарь** – книга, содержащая описание научных понятий и терминов, исторических событий, характеристику персоналий из разных областей или определенной области знания. |
| **Лингвистический словарь** – книга, содержащая собрание слов (морфем, фразеологизмов и т. д.), расположенных по определённому принципу (как правило, по алфавиту), и дающая сведения об их значениях, употреблении, происхождении, переводе на другой язык и т. п. |
| **Словарная статья** – отдельный текст, посвященный языковой единице (слову, морфеме и т. п.) или их группе (лексической группе, гнезду слов и т. п.). |
| **Помета** – применяемое в словарях сокращенное указание на какие-либо характерные признаки слова или его употребления. |

**Задание 1**. *Прочитайте и сравните словарные статьи, взятые из разных словарей. Найдите общую и различающую их дополнительную информацию. Объясните, чем вызвано различие.*

**ФАЗА – 1.** В геохимии: совокупность однородных частей системы, одинаковых по термодинамическим свойствам (тем, которые не зависят от количества вещества) и отграниченных от других частей поверхностью раздела. В природных процессах минералообразования могут принимать участие газовая Ф., жидкие Ф. и твердые Ф. – металлы. Системы, состоящие из одной Ф., называются однофазными, или гомогенными (напр., раствор различных солей в воде; кристалл кварца без включений; мономинеральная горная порода); состоящие из нескольких Ф. – многофазными, или гетерогенными (напр., раствор вместе с твердым осадком; кристалл кварца с газово-жидким включением; полиминеральная порода). **2.** В исторической геологии: термин, иногда употребляющийся для обозначения времени, соответствующего длительности накопления отложений, составляющих зону как часть яруса. Термин был условно принят в этом значении VIII сессией МГК в Париже в 1900 г., но не стал общепринятым. При изучении четвертичного периода иногда фазой называют время каждого отдельного оледенения и промежутков между ними (*Геологический толковый словарь*[1]).

**ФА́ЗА**, -ы, *ж*. [нем. Phase< греч. phasis появление (о небесных светилах)]. **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н., а также само положение, форма чего-

[1]Геологический толковый словарь [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.edudic.ru/geo/

н. в данный момент; то же, что фазис. *Новая ф. в развитии общества. Луна в первой фазе.***2.***физ.* Величина, характеризующая состояние какого-н. процесса в каждый момент времени. *Ф. колебания маятника. Газообразная ф. вещества.***Фа́зовый** – относящийся к фазе (в 1-м и 2-м знач.), фазам. **3.***эл.* Отдельная группа обмоток генератора. **Фа́зный** – относящийся к фазе, фазам. (Крысин Л. П. Толковый словарь иноязычных слов. М., 2001. С. 810).

**ФА́ЗА**, -ы, *ж.* **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н. (напр. положения планеты, формы или состояния вещества, периодического явления, общественного процесса), а также само положение, форма в этот момент (книжн.). *Первая ф. Луны. Жидкая ф. Газообразная ф. Ф. колебания маятника. Вступить в новую ф. развития.***2.** Отдельная группа обмоток генератора (спец.). || *прил.* **фа́зовый**, -ая, -ое (к 1 знач.) *и***фа́зный**, -ая, -ое (ко 2 знач.). ♦**Фазовые глаголы** – в лингвистике: глаголы со значением начала, продолжения или окончания действия. (Ожегов С. И. и Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. М., 2005. С. 847).

**Задание 2**. *Познакомьтесь с типами помет, используемых в толковых словарях. Объясните значение всех помет, приведенных в качестве примера.*

**ТИПЫ ПОМЕТ ТОЛКОВОГО СЛОВАРЯ**

| **Типы помет** | **Примеры помет** | **Значение отсутствия помет** |
|---|---|---|
| **1.** Помета, указывающая на принадлежность к функциональному стилю | *науч., газет., публиц., оф.-дел., разг., книжн*. и др. | Слово межстилевое |
| **2.** Помета, указывающая на сферу употребления слова | *обл., прост., жарг.*, *спец.* и др. | Слово общеупотребительное |
| **3.** Помета, указывающая на принадлежность к активному / пассивному запасу | *устар., ист., арх.*, *нов.* и др. | Слово принадлежит к активному запасу |
| **4.** Помета, указывающая на эмоционально-экспрессивную окраску слова | *ласк., ирон., шутл., унич., бран., пренебр., высок., неодобр.* и др. | Слово нейтральное |

**Задание 3.***Прочитайте словарные статьи, извлеченные из толкового словаря современного русского языка. Укажите пометы и объясните, что они означают.*

**Абориге́н**, -а, *м.* (книжн.) – коренной житель страны, местности. || *ж.* **абориге́нка** (разг.)

**Грамоте́й**, -я, *м.* (устар. и ирон.) – грамотный человек.

**Деяние**, -я, *ср.* (высок. и спец.) – действие, поступок, свершение.

**Жена́тик**, -а, *м.* (прост. шутл.) – женатый человек (обычно о молодожене).

**Иждиве́нчество**, -а, *ср.* (неодобр.) – стремление во всем рассчитывать не на свои силы, а на помощь других, вообще жить за чужой счет.

**Карапу́з**, -а, *м.* (разг. шутл.) – толстый, пухлый малыш.

**Кляча**, -и, *ж.* (разг. пренебр.) – плохая (обычно старая) лошадь.

**Ле́нчик**, -а, *м.* (спец.) – деревянная основа седла.

**Мате́рщина**, -ы, *ж., собират.* (прост. груб.) – неприличная брань.

**Ми́шка**, -и, *м.* (разг. ласк.) – то же, что медведь.

**Небезызве́стный**, -ая, -ое; -тен, -тна (обычно ирон.) – достаточно, хорошо известный.

**Неулыба**, -ы, *м.* и *ж.* (обл. и прост.) – человек, который редко улыбается, неулыбчив.

**Новоде́л**, -а, *м.* (разг.) – здание, сооружение, построенное на месте уничтоженного, исчезнувшего и воспроизводящее его прежний внешний вид.

**Нувори́ш**, -а, *м.* (книжн. презр.) – богач, нажививший свое состояние на социальных переменах или бедствиях, на разорении других.

**Общепи́т**, -а, *м.* (офиц.) – сокращение: общественное питание – отрасль народного хозяйства, занимающаяся производством и продажей готовой пищи и полуфабрикатов. || *прил.***общепи́товский**, -ая, -ое (разг.).

**Остоло́п**, -а, *м.* (прост. бран.) – глупец, болван.

**Отчи́зна**, -ы, *ж.* (высок.) – отечество, родина.

**Побо́ры**, -ов. **1.** Чрезмерные, непосильные налоги или сборы (устар.). **2.** *перен.* Неофициальные сборы средств на что-нибудь (разг. неодобр.).

**Предуве́домить**, -млю, -мишь; -мленный; *сов.*, *кого-что* (устар. и офиц.) – заранее уведомить.

**Риста́лище**, -а, *ср.* (стар.) – площадь для гимнастических, конных и других состязаний, а также само такое состязание.

**Сва́ра**, -ы, *ж.* (прост.) – шумная перебранка, ссора.

**Торга́ш**, -а, *м.***1.** То же, что торговец (устар. неодобр.). **2.***перен.* Человек, который выше всего ставит свою выгоду, корысть, личный интерес (презр.).

**Умка**, -и, *м.* (обл.) – белый медведь.

**Упова́ние**, -а, *ср.* (книжн., часто ирон.) – то же, что надежда.

**Ха́м**, -а, *м.* (презр. и бран.) – грубый, наглый человек.

**Задание 4.** *Познакомьтесь с пометами, используемыми в орфоэпических словарях, словарях грамматических трудностей и т. п. Какие пометы указывают на императивную норму, а какие на диспозитивную? Запишите их в предложенную ниже таблицу.*

## НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛОВ[2]

Словарь является не просто нормативным, а ставит своей задачей показать литературную норму во всем многообразии ее проявлений. В отличие от большинства нормативных словарей, словарь отражает и такие факты речи, которые считаются неверными с точки зрения литературной нормы. Все запретительные пометы, которые характеризуют неверные варианты, снабжаются значком «восклицательный знак» (!). В Словаре используются ясные и общедоступные способы нормативной оценки вариантов.

1. Равноправные варианты соединяются союзом *и*:

ба́рхатка*и*бархо́тка;

ведёрцев *и* ведёрец.

При этом на первом месте помещается обычно традиционный вариант, более частотный в употреблении.

2. Помета «допустимо» (*и доп.*) свидетельствует о том, что оба варианта соответствуют нормам литературного языка. Естественно, что предпочтителен вариант,

[2] Орфоэпический словарь русского языка для школьников / Сост. О. А. Михайлова. Екатеринбург: У-Фактория, 2002. С. 6-8.

помещённый на первом месте. Такая помета используется, как правило, применительно к новым, входящим в норму вариантам ударения, произношения и грамматическим формам. Например:

бредо́вый*и доп.*бредово́й;

белёсый *и доп.*беле́сый;

ма́шет*и доп.*маха́ет.

3. Помета «допустимо устаревшее» (*доп. устар.*) означает, что второй вариант, хотя и находится в пределах литературной нормы, всё реже встречается в речевой практике, постепенно утрачивается, переходя в пассивный языковой фонд. Например:

ворва́лся*и доп. устар.* ворвался́

вспе́ненный, -ая, -ое, *кратк. ф.*вспе́нен, вспе́нена*и доп. устар.*вспенённый, вспенён, вспенена́

бу́до[чн]ик*и доп. устар.*бу́до[шн]ик.

4. Помета «не рекомендуется» (*не рек.*) применяется в тех случаях, когда отмеченный ею вариант в данное время не признаётся нормативным. Однако его широкое употребление в современной речи и соответствие общим тенденциям языкового развития не исключают возможности признания этого варианта литературной нормой в будущем. Например:

бало́ванный ! *не рек.*ба́лованный;

вручу́т ! *не рек.*вру́чит;

гру́фели, -ей ! *не рек.* грифеля́, -е́й.

5. Помета «не рекомендуется устаревшее» (*не рек. устар.*) означает, что снабжённый ею вариант, ныне находящийся за пределами нормы, представляет собой бывшую норму. Например:

горшо́чек, горшо́чка ! *не рек. устар.*горше́чек;

да́рит ! *не рек. устар.* дарю́т.

6. Помета «неправильно» (*неправ.*) служит для предупреждения распространённых речевых ошибок. Например:

вы́боры, вы́боров ! неправ. выбора́, выборо́в;

компромету́ровать, -рую, -рует ! неправ. компроме[н]ту́ровать

| Рекомендательные пометы | Запретительные пометы |
|---|---|
| | |

## ТЕМА 2. ОРФОГРАФИЧЕСКИЕ И ПУНКТУАЦИОННЫЕ НОРМЫ

**Цель –** повторить основные правила орфографии и пунктуации русского языка.

**Основные понятия темы:**

| |
|---|
| **Орфографические нормы** – это правила написания слов. |
| **Пунктуационные нормы** – это правила расстановки знаков препинания. |

**Задание 1.***Повторите правописание гласных (безударных и чередующихся) и согласных в корне слова. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы. Расставьте знаки препинания. Объясните свой выбор.*

Я р…шил в…рнуться д…мой. Быстрыми шагами я прошел зар…сли кустов. У моих ног т…нулась р…внина а дальше ст…ной возвышался мрачный лес. Я осм…трелокрес…ность и спустился с х…лма. Высокая тр…ва на дне д…лины б…лела р…вной скат…ртью. Я вышел на опушку и пошел полем. Трудно было проб…раться по у…кой тр…пинке. Кругом р…сла высокая ро…ь. Н…чная птица промчалась и к…снулась меня св…им крылом. В т…шине глухо разд…вались мои шаги. Но вот на в…чернем небе стали заж…гаться звезды. Забл…стел серп м…л…догомес…ца. Теперь я узнал д…рогу и предпол…гал что через час буду дома.

**Задание 2.***Повторите правописание приставок. Перепишите предложения, вставив пропущенные буквы. Расставьте недостающие знаки препинания при однородных членах предложения.*

Перед самым селом п…р…езжаем речку вброд. На спуске перед церковью ра…ливается море сарафанов мужицких голосов. Народ все пр…бывает мужики в пиджаках ребятишки со свистульками, на ра…пряженных телегах сидят пр…старелыепр…езжие. Над колокольнями белеют верхи палаток, а над ними – облака, и падают вьются стрелами свищут в воздухе стрижи.

Медленно пр…бираясь в ра(с, сс)тупившейся толпе, по…ъезжаем к ограде пр…вязываем лошадей. На дощатом пр…лавке ра…ложены картинки и книги, и мещанин-пр…давец по…совывает календари и книги с з…манчивыми названиями. Всё смех и ржанье лошадей крик бабы, ругающей мужика, (с, з)ливается в один ярмарочный гул. За время работы ярмарки хочется успеть (с, з)делать многое пр…смотреть липового меда п…дешевле п…торговаться в свое удовольствие пр…купить гостинцев родным.

В обед негаданно с…бирается туча, и дождь, по…нимая пыль, барабанит по усыпанной по…солнечной шелухой дороге. Но летний дождь быстро пр…ходит, и яркая радуга, упершись в реку, широким полотенцем ра…кидывается над ярмаркой. С ярмарки народ ра…ъезжается только после обеда. (По И. Соколову-Микитову)

**Задание 3.***Повторите правописание Ъ и Ь (учтите разные функции Ь). Перепишите, вставив, где необходимо, пропущенные буквы.*

Пред…юбилейное мероприятие, обжеч…ся огнем, решил удалит…сяпроч…, кофе был горяч…, достан…те багаж…, чувствовать гореч… неудач…, выть по-волч…и, любител…скаякинос…емка, должность камен…щика, выйти замуж… осен…ю, береч… здоров…е, сроч…ный заказ, лечить кон…юнктивит, уловить фал…ш… в голосе, трех…этажный павил…он, заменить мед…ю, назнач…те время трех встреч…, с…еш… во время лан…ча, следить за своей реч…ю, купает…ся в реке, оформиш… пен…сию, остав…те антиквару старинную брош…, четырех…ядерный процессор, волосы до плеч…, сер…езныйкомпан…он, умнож…те полученный резул…тат, он хорош… собой, выявить из…ян, декабр…ские морозы, с…агитировать на выборы, коротко стрич…ся, сверх…естественный об…ект, боиш…ся ос…минога, неб…ющаяся вещ…, об…емный текст п…есы, не забуд…те плащ…, невтерпеж… ждать, раз…яренный бык, разрабатывать кар…ер.

**Задание 4.***Повторите правописание Н и НН в причастиях, прилагательных и образованных от них формах. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и расставив недостающие знаки препинания при причастных оборотах. Причастные обороты подчеркните.*

Было нестерпимо холодн…о, и даже не верилось, что днем придется жариться в раскален…ом пекле. Среди потрескавшихся от зноя пород обнаруживаются словно бы отполирован…ые плиты гранита. В этом заброшен…ом неповторимом уголке необозримой пустыни существование человека – никогда не прекращающееся сражение с природой. Палатки кочевников соседствуют с домами сложен…ыми из обожжен…ого кирпича.

Снаружи жилище покрывает сетка сплетен…ая из жесткой травы. Узор наносится и на пленку, которой палатка скрепляется изнутри.

Все палатки украшен…ы под цвет камен…ых глыб. Комнаты соединен…ы переходами из плетен…ых циновок. Все разложен…о аккуратн…о, повсюду чистота. Сбоку вышел мужчина в незаменимом традицион…ом облачении. На нем накидка казавшаяся накрахмален…ой. Бросался в глаза и меч повеш…н…ый к поясу.

Геолог подходит к карте разукрашен…ой цветными пометками. Все, что нанесен…о на нее, – плод трудн…ых поисков в горах прокален…ых солнцем. Новые месторождения открывают разведчики недр. (По Б. Фетисову)

**Задание 5.***Повторите правописание НЕ и НИ с разными частями речи. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки.*

Нет (н…)чего лучше Невского проспекта, по крайней мере в Петербурге. Чем (н…)блестит эта улица – красавица нашей столицы! Я знаю, что (н…)один из бедных чиновных ее жителей (н…)променяет на все блага Невского проспекта. Да и кому же он (н…)приятнен? Здесь единствен…ое место, где показываются люди (н…)по(н…)обходимости, куда загнала их надобность и меркантильный интерес, об…емлющий весь Петербург. Здесь житель Петербургской или Выборгской части, (н…)сколько лет (н…)бывавший у своего приятеля в Песках или у Московской заставы, может быть уверен, что встретится с ним (н…)пр…мен…о.

Можно сказать решительно, что в это время, то есть до двенадцати часов, Невский проспект (н…)составляет (н…)(для)кого цели, он служит только средством: он постепен…о заполняется лицами, имеющими свои занятия, свои заботы, свои досады, но вовсе (н…)думающими о нем. В это время, что бы вы на себя (н…)надели, хотя бы даже вместо шляпы был картуз у вас на голове, хотя воротнички слишком высунулись из вашего галстука, – (н…)кто этого (н…)заметит. (по Н. В. Гоголю)

**Задание 6.***Повторите правописание наречий и частиц. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки. Вставьте недостающие знаки при деепричастных оборотах. Деепричастия подпишите.*

Лето выдалось знойное и сокрушило все. Земля иссохла, прокалилась до того, что ящерицы (не)боясь (ни)кого прибегали на порог с отчаянно колотящимися глотками, лиш…(бы) куда(нибудь) спрятаться. А коршуны забирались (в)высь и (на)долго умолкали в горящем мареве.

И ребят непоседливых сморила (не)померная жара. Они прятались от нее под стенами домов выглядывая (из)редк… (от)туда на проходящие мимо них пассажирские и товарные поезда. Когда у разъезда составы сбавляли ход, детям казалось, что уж… этот(то) поезд

притормозит и остановится. Они бежали за ним (в)догонку заслоняясь ручонками от солнца и (по)детски наивно надеясь укатить из пекла.

Тяжко было смотреть, с какой завистью и печалью малыши глядели (в)след уходящим в неизвестность, (на)стеж… раскрытым вагонам. Пассажиры выглядывали из открытых окон, то(же) сходили с ума от духоты и мечтали о том, что(бы) (на)утро очутиться там, где прохладные реки и зеленые леса. Вряд(ли) они задумывались о том, что жара может задержаться… (По Ч. Айтматову)

**Задание 7.***Повторите правила постановки знаков препинания в сложных предложениях. Перепишите предложения, расставив знаки препинания. Обратите особое внимание на пунктуацию при однородных и обособленных членах предложения. Подчеркните грамматические основы.*

1. Сначала соседи смеялись между собою над высокомерием Троекурова и каждый день ожидали чтоб незваные гости посетили Покровское где было им чем поживиться но наконец принуждены были с ним согласиться и сознаться что и разбойники оказывали ему непонятное уважение. (А. С. Пушкин)
2. Раза три в год Финский залив и покрывающее его серое небо нарядятся в голубой цвет и млеют любуясь друг другом и северный человек едучи из Петербурга в Петергоф не насмотрится на редкое чудо млеет в непривычном зное и все заликует дерево цветок и животное. (И. А. Гончаров)
3. Я писал вам как мы гонимые бурным ветром дрожа от холода пробежали мимо берегов Европы как в первый раз пал на нас у подошвы гор Мадейры ласковый луч солнца и заплескали голубые волны засияли синие небеса как мы жадно бросились к берегу погреться горячим дыханием земли. (И. А. Гончаров)
4. Иногда бывает что облака в беспорядке толпятся на горизонте а солнце прячась за них красит их и небо во всевозможные цвета в багряный оранжевый золотой лиловый грязно-розовый. (А. П. Чехов)
5. Направо темнели холмы налево все небо было запито багровым заревом и трудно было понять был ли то пожар или же собиралась всходить луна. (А. П. Чехов)
6. Живя здесь я реже попадался на глаза отцу и его гостям и мне казалось что если я живу не в настоящей комнате и не каждый день хожу в дом то слова отца что я сижу у него на шее звучат уже как будто не так обидно. (А. П. Чехов)
7. Он пел и от каждого звука его голоса веяло чем-то родным и необозримо широким словно знакомая степь раскрывалась перед нами уходя в бесконечную даль. (И. С. Тургенев)
8. Большая низкая лампа с непрозрачным абажуром стоящая на письменном столе горела ясно но освещала только поверхность стола да часть потолка образуя на нем дрожащее круглое пятно света в остальной комнате все было в полумраке в нем можно было разглядеть только шкаф с книгами большой диван еще кое-какую мебель. (В. Гаршин)
9. Куда ни обращаешь взор всюду как будто встречаешь быстро удаляющийся образ лета которое время от времени оборачивается назад и бросает прощальную меланхолически-задумчивую улыбку. (Д. Григорович)
10. А на него посмотришь и кажется что вся эта земная деятельность для него только лишь забава и ею занят он пока а настоящие его заботы где-то впереди куда порою устремлялись его бойкие но как бы неживые оловянного блеска глаза. (Ф. Сологуб)

11. На седом фоне тумана ближайшие сосны однотонно плоско и неясно вырисовываются своими прямыми и голыми стволами и в их неподвижности среди этой голубой тишины и среди этого холодного тумана чувствуется что-то суровое печальное и покорное. (А. И. Куприн)

## ТЕМА 3. АКЦЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

**Цель –** повторить характеристику русского языка, составить собственный акцентологический словарь при выполнении упражнений[3].

**Основные понятия темы:**

| |
|---|
| **Акцентологические нормы** – это правила постановки ударения в слове. |
| **Омонимы** – слова, у которых от постановки ударения зависит значение. |

**Задание 1.***Расставьте ударения в следующих словах. Укажите варианты постановки ударения (например, ста́ртер и стартёр):*

**1)** Асимметрия, блага, кулинария, столяр, добыча, плато, диоптрия, творог, средства, шофер, туфля, эксперт, кремень, страховщик, нефтепровод, маркетинг, шасси, христианин, рассредоточение, досуг, жалюзи, танцовщица, шарфы, торты, искра, бармен, вероисповедание, квартал, симметрия, диспансер, обеспечение, склады, таможня, щебень, баржа, алкоголь, индустрия, приговор, генезис, договор, свекла, бижутерия, каталог, ходатайство,километр, пережитое, хвоя, полиграфия, ортопедия, пиццерия, стюард, овен, упрочение (*имена существительные*).

**2)** Асбестовый, совестливый, мизерный, оптовый, мастерски, украинский, втридорога, важно, тотчас, просмотровый, завидно, правы, давнишний, стары, одновременный, красивее, красивейший, равны, семестровый, счастливо, досыта, иначе, поутру, начерно, зубчатый (*имена прилагательные и наречия*).

**3)** Аранжировать, заржаветь, нормировать, убыстрить, заплесневеть, новорожденный, опошлить, баловать, балованный, расклешенный, дарит, включишь, включенный, копировать, повторишь, понял, звонит, закупорить, начался, начатый, положить, положил, вручит, врученный, доложишь, облегчить, осведомиться,премировать,черпать, ободрить, пломбировать, вогнутый, вскружит, буксировать, скрещенный, разрыхлить, плодоносить, наклоненный, окислить (*глагольные формы*).

**Задание 2.***Поясните, как зависит значение от постановки ударения в следующих словах (омонимах):*

Глазки, замок, рожки, выкупать, ирис, характерный, полки, хлопок, мука, вычитать, орган, видение, острота, трусить, свойство, гвоздики, бронировать, кредит, угольный, правило, провидение, полнить, лавровый, электрик.

*Например: пла́чу (1 лицо ед. число от глагола «плакать») – плачу́ (1 лицо ед. число от глагола «платить»).*

---

[3] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей при постановке ударения.

**Задание 3.** *Прочитайте предложения, обращая внимание на постановку ударения в подчёркнутых словах. Составьте по аналогии свои предложения, использовав любые слова из* ***задания 1*** *и / или* ***2****.*

1. В последнем кварталеэтого года экспертыодной из фирм заключили выгодный договор на прокладку газопровода**,** за что были премированы. 2. Для обеспечениездорового образа жизни исключите из своего рациона арахис, тортыи алкоголь, а включите в него творог, свеклу и щавель. 3. В мебельном отделе нашего торгового центра вы можете приобрести красивейшиекухонныегарнитуры по оптовым ценам.

## ТЕМА 4. ОРФОЭПИЧЕСКИЕ НОРМЫ

**Цель –** повторить правила транскрибирования слов, выявить основные трудности в плане произношения, составить собственный орфоэпический словарь при выполнении упражнений[4].

**Основные понятия темы:**

| |
|---|
| **Орфоэпические нормы** – это правила произношения слов.<br>**Транскрипция** – графическая запись того, как произносится слово (всегда в квадратных скобках). |

**Задание 1.***Отметьте правильное произношение сочетания ЧН в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

| **[шн]** | **[шн]** и **[чн]** | **[чн]** |
|---|---|---|
| | | |

**1)** Шуточный, копеечный, отличник, девичник, будничный, булочная, очечник, полуночник, нарочно, прачечная, скучно, скворечник, горчичник, Фоминична, яичница, достаточно, порядочный, горничная, Никитична, двоечник, пустячный, Ильинична, конечно, спичечный, подсвечник, Кузьминична.

**2)** Шапочный мастер – шапочное знакомство, сердечные капли – друг сердечный, подаренная перечница – чертова перечница.

**Задание 2.** *Отметьте правильное произношение согласного перед Е в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

| **Твёрдое произношение** | **Варианты** | **Мягкое произношение** |
|---|---|---|
| | | |

Автосервис, дефис, агрессия, дендрарий, бухгалтер, депрессия, гарем, термин, шинель, термос, патент, сессия, тенденция, рейд, газель, дезодорант, фанера, Одесса, академия, бизнесмен, деградация, менеджер, музей, деканат, темперамент, тезис, аксессуары, протекция, бандероль, гипотеза, детектив, кредо, бассейн, экспресс, дедукция, декада, темп, терапевт, дефицит, интервал, дебаты, рельсы, ниппель, компетентный, дезинформация, пресса, цистерна, стратегия, тренинг, сенсорный, сейф, портмоне.

[4]При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей произношения.

**Задание 3.***Прочитайте слова, обращая внимание на произношение ударного звука, обозначенного буквой Е:*

**1)** Острие, поблекший, афера, хребет, оседлый, одноименный, маневренный, опека, жернов, желчь, блеклый, желоб, безнадежный, бытие, повлекший, жердочка, никчемный, гладкошерстный, гашеный, недоуменный.

**2)** Именительный падеж – падеж скота;

Истекший срок – истекший кровью;

Кричит как оглашенный – оглашенный приговор;

Совершенные пропорции – совершенные поступки;

Крестный ход – крестный отец.

**Задание 4.***Прочитайте слова, обращая внимание на произношение выделенных согласных:*

1) Ма**сс**а, су**рр**огат, гру**пп**а, гри**пп**, те**рр**аса, а**тт**естат, ко**лл**ега, мета**лл**, су**мм**а, а**нн**отация, криста**лл**, оди**нн**адцать, и**лл**юзия, ва**нн**а, апе**лл**яция, ка**сс**а, га**лл**юцинация, не**тт**о.

2) Дро**жж**и, бу**хг**алтер, по**зж**е, во**жж**и, и**зж**арить, вы**жж**енный, пе**сч**аный, и**зж**ить, ра**зж**ать, же**стч**е, ни**зш**ий, до**жд**и, ре**зч**е, ви**зж**ать, и**зж**ога, ма**сш**таб, мо**жж**евельник, бе**зж**изненный, ра**сч**ет, съе**зж**у, прие**зж**ай.

**Задание 5*.***Прочитайте следующий текст, обращая внимание на правильное произношение и постановку ударения в подчёркнутых словах:*

Примером успешного ведениябизнеса в различных отраслях экономики является деятельность фирмы «Mihail-tur». За 11 лет ее существования удалось сформировать коллективпрофессионалов из высококвалифицированныхменеджеров, компетентныхэкспертов, торговых агентов. Компании принадлежат две трети долейуставного фонда АО «Лейбл-мастер», владельца одного из крупнейших торговых центров города. Занимаясь оптовым поставкам подростковой одежды, фирма поддерживает связи с модельнымиагентствами, что позволяет обновлять коллекции на 15 процентов каждый квартал. С ассортиментом одежды можно познакомиться по объемному каталогу, размещенному на корпоративном интернет-сайте. Руководство фирмы заявило о намерениуглубить это направление, для чего налаживаются связи с другими поставщиками, проводятся маркетинговыеисследования с целью изучения конъюнктуры рынка в трех крупнейших областях региона. В планы компании входит также сосредоточение средств в области дорожного строительства. Начата подготовка к тендернымторгам, намеченным на первую декаду ноября, к участию в которых приглашаются компании, заинтересованные в строительстве современного путепровода.

## ТЕМА 5. СЛОВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

**Цель** – вспомнить состав слова, научиться находить в предложениях ошибки, связанные с неверным образованием слова.

**Основные понятия темы:**

| |
|---|
| **Словообразовательные нормы** – это правила образования новых слов. |

**Задание 1.***Найдите в предложениях слова, в которых нарушена словообразовательная норма, запишите их. Выделите неправильно выбранную часть слова (приставку, суффикс). Исправьте допущенные ошибки.*

**1.** Завесьте, пожалуйста, килограмм помидоров с витрины. **2.** Студенты в очередной раз немного запоздали на лекцию. **3.** Уважаемые пассажиры, проходите по-быстрому в середину вагона или садитесь взади. **4.** Он был коренным курчанином и после учебы в Москве вернулся в родной Курск. **5.** Чтобы сдать зачет, важно завсегда посещать занятия. **6.** Одна из самых актуальных проблем современной России – это взятничество в государственных учреждениях. **7.** После концерта микрофоны со сцены надо будет перенести взад. **8.** Многие кавказские народы отличает их гостеприимчивость. **9.** Моя жизнь в этом году была наполнена заботами о заканчивании школы и поступлении в университет. **10.** Сегодня у первого курса была лекция по химии заместо высшей математики.

## ТЕМА 6. ЛЕКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

**Цель** – вспомнить основные типы речевых ошибок, связанных со значением слова.

**Основные понятия темы:**

**Лексические нормы** – это правила употребления слова в точном значении, которое закрепилось в литературном языке и зафиксировано в толковых словарях.

**Паронимы** – это слова однокоренные, близкие по форме, но абсолютно разные по значению.

**Речевая избыточность** – это употребление лишних слов (тавтология, плеоназм).

**Лексическая сочетаемость** – это способность слова соединяться с другими словами по значению.

**Жаргонизм** – слово, свойственные для речи той или иной социальной, профессиональной группы людей.

**Фразеологизм** – устойчивое словосочетание, смысл которого не определяется значением отдельно взятых слов

**Задание 1.***Объясните разницу в значении приведенных ниже паронимов. Составьте с каждым из них словосочетание, подобрав подходящее по смыслу слово.*

Осудить – обсудить, удачливый – удачный, соседний – соседский, жилой – жилищный, поступок – проступок, опечатки – отпечатки, командированный – командировочный, усвоить – освоить, эффектность – эффективность, невежа – невежда, представить – предоставить, цельный – целый, искусный – искусственный, практический – практичный; гуманный – гуманистический – гуманитарный; плодовитый – плодовый – плодотворный, экономический – экономичный – экономный.

**Задание 2.***Найдите в следующих предложениях избыточные словосочетания, выпишите их. Объясните причину избыточности, указав на лишнее слово (или лишние слова).*

**1.** При входе в «Копирус» висит прейскурант цен на предлагаемые услуги. **2.** Уезжая из Москвы, мы купили памятные сувениры в киоске у вокзала. **3.** Для преподавателя важно то, какие взаимоотношения друг с другом сложились между студентами в группе.

**4.**Неприятно резал слух голос, доносившийся из конференц-зала. **5.** Депутату приходится встречаться со всеми социальными слоями общества.

**Задание 3.***Найдите в следующих предложениях иноязычные по происхождению слова, которые употреблены в неточном значении. Запишите свой вариант исправления.*

**1.** Рабочий станка допустил целый ряд дефектов при изготовлении деталей. **2.** Пейзаж Екатеринбурга за последние десять лет обогатился современными постройками, хотя многие памятники архитектуры и были реконструированы до основания. **3.** В целях профилактики основное внимание уделяется ранним проявлениям, т. е. дебюту гриппа. **4.** Для окон актового зала мы долго искали гардины длиной 4 метра, а уже потом подбирали шторы в тон стен. **5.** В январе состоялся бенефис талантливого исполнителя: он впервые выступал на профессиональной сцене.

**Задание 4.***Найдите в следующих предложениях нарушения правил лексической сочетаемости слов. Запишите свой вариант исправления.*

**1.**Грамотный руководитель должен показывать образец своим подчиненным. **2.**Нововведения сыграли важное значение в развитии горного комбината. **3.** Красочное оформление детских книг издательства «Эгмонт» должно вызвать внимание и заинтересовать покупателей. **4.** Новогодний спектакль в Театре кукол оказал на детей большое впечатление. **5.** Первую лекцию по геологии в этом году провел молодой преподаватель.

**Задание 5.** *Найдите в предложениях жаргонные, просторечные, разговорные слова, замените их литературным вариантом и запишите исправленный вариант.*

**1.** Несколько студентов до сих пор не отнесло хвостовки в деканат. **2.** В центре Екатеринбурга забабахали очередную свечку. **3.** Я считаю, что необходимо избавляться от любой нецензурщины в нашей речи. **4.** После окончания вуза мы решили замутить свой бизнес, решив, что в этом деле нам по-любому повезет. **5.** Работяги привыкли вкалывать на заводе от зари до зари.

**Задание 6.** *Исправьте в следующих предложениях речевые ошибки, вызванные неправильным употреблением фразеологизма.*

**1.** Михаил на публике говорит очень убедительно, язык у него хорошо подвязан. **2.** Туристам кинулась в глаза красота уральской природы. **3.** Его обещания рубля ломаного не стоят. **4.** Об умельцах у нас говорят: «Они в своем деле коня подковали». **5.** К сожалению, студенты редко сейчас грызут камень науки по-настоящему.

**Задание 7*.***Найдите и исправьте в следующих предложениях речевые ошибки. Запишите правильный вариант.*

**1.** Норвежские спортсмены по-прежнему остаются нашими самыми серьезными оппонентами в биатлоне. **2.** В своей работе руководители горных предприятий руководствуются новейшей научной и методической литературой. **3.** Многодетным семьям, чтобы жить достойно, приходится искать несколько истоков доходов. **4.** Обычно мы общаемся, не придавая важности невербальным средствам коммуникации. **5.** Екатеринбургская Епархия активно распространяет душевную литературу. **6.** Продукты Черкашинского мясокомбината пользуются авторитетом у покупателей. **7.** Исправьте

ошибки в контрольной работе так, чтобы было правильно. **8.** Все места на парковке были заняты, и поэтому много машин толпилось на обочине. **9.** К маю ветераны ВОВ получили очередную добавку к пенсии. **10.** После собеседования она сказала, что на должность промоутера брали только смазливых молодых людей. **11.** В прошлом году выдался неурожайный год в плане картошки. **12.** Ребенок с рождения имитирует поведение родителей. **13.** На Неделе первокурсника нам сразу выдали студики и зачётки. **14.** Команда нашего факультета заняла первенство в смотре художественной самодеятельности. **15.** После первых же дней изнурительной работы на Севере очень хотелось вернуться назад домой.

## ТЕМА 7. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

**Цель** – вспомнить правила определения рода у существительных и аббревиатур, особенности несклоняемых существительных, образования некоторых грамматических форм разных частей речи и научиться исправлять ошибки, связанные с их неверным образованием (все это с опорой на учебную литературу и словари[5]).

**Основные понятия темы:**

| |
|---|
| **Морфологические нормы** – это правила образования грамматических форм слова. |

**Задание 1.** *Определите род у следующих существительных и аббревиатур. Подберите к ним подходящие по смыслу прилагательные (или причастия), учитывая правила синтаксического согласования.*

**1)** Атташе, авеню, адвокат, амплуа, ассорти, аэрозоль, белоручка, бра, безе, боа, боди, бродяга, видео, визави, врач, выскочка, гну, гуру, денди, доцент, евро, жалюзи, жюри, зануда, иваси, какаду, кантри, каре, кашне, кенгуру, киви, кимоно, колибри, коллега, колли, кольраби, кофе, крупье, кутюрье, лама, левша, манго, мартини, маэстро, меню, миледи, монпансье, недоросль, непоседа, ниндзя, пани, пари, педагог, пенальти, пенсне, пони, преподаватель, протеже, профессор, растяпа, резюме, рефери, сабо, салями, сирокко, спагетти, табу, такси, тамада, танго, толь, торнадо, турне, тюль, фламинго, фрау, хачапури, хиппи, цеце, цунами, шасси (*склоняемые и несклоняемые существительные*).

**2)** Айдахо, Бали, Борнео, Гоби, Дели, Калахари, Капри, Килиманджаро, Колорадо, Лимпопо, Мехико, Миссисипи, Онтарио, Сорренто, Тбилиси, Толедо, Чили (*имена собственные*).

**3)** АО, АТС, БАМ, бомж, ВТО, вуз, ГАЗ, ГОК, ГУМ, ДК, дот, ДСП, ДТП, жэк, колхоз, КПП, ЛДПР, МВД, МИД, НИИ, НХЛ, НЭП, общепит, ООН, ПК, полпред, СЕ, СМУ, СНГ, СССР, ТАУ, ТВ, ТРЦ, УЗТМ, ФГБОУ, ФМС, ФСБ, ЦУМ (*аббревиатуры*).

**Задание 2.** *Определите род у следующих сложносоставных существительных. Составьте с ними словосочетания* ***прил. + сущ.***

Диван-кровать, музей-квартира, генерал-губернатор, плащ-палатка, идея-фикс, конференц-зал, жар-птица, кафе-столовая, чудо-человек, матч-реванш, салон-парикмахерская, программа-максимум, женщина-космонавт, альфа-излучение, ракета-носитель, премьер-министр, кофе-пауза.

---

[5] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем грамматических трудностей.

**Задание 3.** *Определите, какие фамилии при заполнении бланка письма или заявления будут склоняться, а какие нет. Обращайте внимание на пол человека. Запишите эти имена и фамилии в нужном падеже.*

*Кому:*

Сергей Левченко, Александр Живаго, Елена Сверчук, Анна Шевченко, Константин Ярош, Татьяна Чубинец, Вероника Лежава, Андрей Горенко, Борис Станкевич, Виталий Воробей, Ирина Шевчук, Иван Миклухо-Маклай, Виктор Доброво, Владислав Карамыш, Анна Диоп, Андрей Кожемяк, Мария Мицкевич, Петр Галаган, Маргарита Венда, Вадим Черных.

*От кого:*

Николай Черныш, Наталья Седых, Светлана Карась, Семен Фоменко, Лев Щерба, Сергей Соловьев-Седой, Александр Максимаджи, Екатерина Франюк, Леонид Березняк, Юлия Родных, Максим Жук, Алёна Ремесло, Николай Стрижак, Наталия Черных, Марат Ардзинба, Вера Ноздреватых, Виктория Приходько, Евгений Столпнер, Кирилл Шапиро, Станислав Горбачевич.

**Задание 33.** *Заполните таблицу следующими существительными, в зависимости от того, как у них образуется форма именительного падежа множественного числа.*

| Окончание **–а/ –я** | Окончание **–ы/ –и** | Варианты **–а/ –я** и **–ы/ –и** |
|---|---|---|
| | | |

*Отдельно укажите существительные, у которых от выбора окончания в этой форме зависит значение (например, ордер**а** – «документы» и ордер**ы** – «элементы в архитектуре»).*

**1)** Брелок, бухгалтер, ветер, вексель, возраст, герб, год, директор, договор, жемчуг, инженер, инспектор, клин, колос, купол, лектор, медвежонок, небо, окорок, офицер, отпуск, пандус, паспорт, плинтус, почерк, прииск, прожектор, профессор, ребенок, редактор, сектор, семя, слесарь, столяр, сторож, табель, токарь, тополь, трактор, хозяин, цех, чудо, шило, шофёр, штемпель.

**2)** Корпус, лагерь, образ, повод, полоз, полутон, провод, пропуск, прут, тормоз, хлеб.

**Задание 4.** *Образуйте форму родительного падежа множественного числа от следующих существительных. Отметьте наличие вариантов (например, ла́сты – ла́ст**ов** и ла́ст□).*

Армяне, апельсины, басни, блюдца, болгары, ботинки, брызги, буряты, валенки, гардемарины, гектары, граммы, грузины, дела, деньги, джинсы, заморозки, казахи, калории, кастрюли, килограммы, клавиши, комментарии, макароны, мандарины, мечты, микроны, мокасины, носки, осетины, партизаны, перила, перипетии, петли, плечи, полотенца, поместья, помидоры, просьбы, развилки, рельсы, русла, сани, сапоги, сбои, свадьбы, сваи, свечи, серьги, солдаты, тапочки, тиски, турки, туфли, цыгане, чукчи, чулки, южане, юнги, яблоки, ясли.

**Задание 5.** *Раскройте скобки, заменяя цифровые обозначения словами, правильно определяя падеж числительных и существительных.*

**1.** Выборы в Государственную Думу состоялись в (358 округов). **2.** Появилась серия вспомогательных пособий с (5 735 чертежей). **3.** Теплоход с (657 отдыхающих) плыл вниз по Волге. **4.** За время последней экспедиции мы прошли свыше (2 580 километров). **5.** Нарушения техники безопасности были выявлены на (4 893 предприятия).

**Задание 6.** *Исправьте неверное употребление числительных в следующих предложениях:*

**1.** Лекция по философии будет прочитана для обоих студенческих групп. **2.** Мать-героиня воспитала семерых сыновей и четверых дочерей. **3.** Забор тянулся по обоим сторонам улицы и ограничивал движение. **4.** Двоих подруг она уже встретила по приезде в родной город. **5.** Главные достопримечательности Санкт-Петербурга расположены по обеим берегам Невы.

**Задание 7.***Выпишите из предложений неправильно образованные грамматические формы. Запишите исправленный вариант.*

**1.** Всем стало понятно, что ейное предложение по реконструкции здания не будет одобрено. **2.** После второго матча наша команда оказалась в более лучшем положении. **3.** Староста пожаловалась преподавателю, что наша группа не влазиет в аудиторию 3519. **4.**Съездя в другой город, она поняла, как хорошо на родине. **5.** Ремонтники уже второй месяц не могли сменить треснутое стекло в окне. **6.** Он схватился за канат двумями руками. **7.** Хозяйка встретила гостей в бигудях и халате. **8.** Наши альпинисты покорили самые высочайшие вершины мира. **9.** Я надеялся, что к началу сессии выздоровлю. **10.** В этот раз студенты справились с заданием еще более хуже.

**Задание 8.** *Найдите нарушения морфологических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

**1.** Новый преподаватель кажется более образованнее. **2.** Студенческое общежитие находится в полтора километрах от здания университета. **3.**ФНС был создан как федеральный орган исполнительной власти. **4.** В магазине «Лео-строй» разнообразные варианты цветных жалюзей. **5.** Куратор совсем не интересовался ихними проблемами в учебе. **6.** МВФ выделило очередной транш в 1,5 миллиарда долларов. **7.** В столовой нельзя пользоваться лопнутыми стаканами. **8.** Эту сумму мы добавим к тысяче двести сорокам рублям. **9.** На конференцию молодых ученых пригласили самых умнейших студентов старших курсов. **10.** Вскоре Сергей Исаев стал популярной тамадой на свадьбах и других торжествах. **11.** На вновь открытое предприятие требуются бухгалтера, сторожи и инженера АСУП. **12.** Южнее Сочи находится солнечное Сухуми. **13.** На дипломную практику горный комбинат принял троих девушек с нашего курса. **14.** Мама традиционно купила пять килограмм мандарин и апельсин для праздничного новогоднего стола. **15.**Увидя раздраженное состояние преподавателя, студентка решила с ним не спорить.

## ТЕМА 8. СИНТАКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

**Цель** – повторить основные правила построения словосочетаний и предложений

**Основные понятия темы:**

**Синтаксические нормы** – это правила, регулирующие порядок и связь слов в

словосочетании и предложении.

**Задание 1.** *Раскройте скобки, правильно определив падеж зависимого слова. При необходимости используйте предлоги. Запишите получившиеся словосочетания.*

Согласно (устав университета), точка зрения (события), благодаря (поддержка друга), анонс (предстоящие гастроли), вопреки (мнение большинства), наперекор (судьба), вклад (развитие науки), жажда (слава), заведующий (кафедра), по (возвращение) из отпуска, отзыв (курсовая работа), рецензия (новый фильм), оплачивать (проезд), свидетельствовать (необходимость перемен), доказывать (новая теория), поделиться (результаты исследования), апеллировать (здравый смысл), по (прибытие) поезда; предостеречь (опасность) – предупредить (опасность), обращать внимание (недостатки) – уделять внимание (подготовка к экзаменам), уверенность (свои силы) – вера (победа).

**Задание 2.** *Найдите предложения, в которых неверно употреблен деепричастный оборот. Предложите свой вариант исправления.*

*Образец: Подводя итог проделанной работы, мною был вдвинутряд предложений по модернизации (**действие, названное деепричастием, не относится к подлежащему**).*

*Варианты исправления: 1) Подводя итог проделанной работы, явыдвинул ряд предложений по модернизации. 2) Когда яподвел итог проделанной работы, мною был вдвинутряд предложений по модернизации. 3) После подведения ряда итогов проделанной работы мною был вдвинутряд предложений по модернизации.*

**1.** Будучи ребенком, Дмитрия всегда интересовали вопросы, связанные с техникой. **2.** Читая произведения русской классики, меня охватывает чувство гордости за отечественную литературу. **3.** Не чувствуя ни усталости, ни голода, наш путь к вершине продолжался. **4.** Узнав эту прекрасную новость, радости студентов не было предела. **5.** Первым, слегка хромая, из автобуса вышел седой старик. **6.** Записываясь на практику, у студентов были очень ограничены возможности выбора места ее прохождения. **7.** Вспоминая родные места, мне видится наш маленький кирпичный домик в тени тополей. **8.** Глядя на ярко освещенные стены Зимнего дворца, у меня возникло желание приехать сюда еще раз. **9.** Позвонив в третий раз, он с грустью понял, что никого нет дома. **10.**Произведя ряд расчетов, задача была решена студентами в течение 15 минут.

**Задание 3.** *Найдите предложения, в которых неправильно согласовано подлежащее со сказуемым. Запишите исправленный вариант.*

**1.** Много знаменитых людей закончили наш университет. **2.** Немало средств были потрачены на восстановление полуразрушенного памятника архитектуры. **3.** Несколько важных дат будут отмечены в календаре помимо официальных государственных праздников. **4.** На собрание по поводу летней практики явились лишь 31 студент. **5.** Часть студентов не справились с итоговой контрольной работой. **6.** Множество горожан приняли участие в шествии «Бессмертного полка». **7.** Ряд важных вопросов не были решены во время последнего заседания Ученого совета. **8.** Половина участников соревнований были размещены в студенческом общежитии. **9.** Тысяча периодических изданий имеются в открытом доступе в электронной библиотеке. **10.** Газета «Екатеринбургские новости» опубликовали интересную статью о творчестве молодых поэтов и писателей Урала.

**Задание 4.** *Найдите нарушения синтаксических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

**1.** Согласно распоряжения ректора всем студентам и сотрудникам необходимо пройти флюорографический осмотр. **2.** Открыв дверь в аудиторию, перед моими глазами предстала странная картина. **3.** Важно изучать условия жизни человека и как они связаны с процессами, происходящими сегодня в нашем обществе. **4.** Молодежь всегда принимали участие в студенческой самодеятельности и спортивных мероприятиях. **5.** В своей новой статье автор исследует и размышляет о возможностях искусственного интеллекта. **6.** Приказ был подписан ректором университета, устанавливающий обязательное посещение занятий, и доведен до сведения сотрудников вуза, преподавателей и студентов. **7.** Несколько членов Ученого совета не присутствовали на очередном заседании. **8.** В район приехал инструктор для подготовки специалистов по борьбе с сельскохозяйственными вредителями из местных жителей. **9.** Ученики горного лицея поступают в престижные учебные заведения, родители которых гордятся их успехами в учебе. **10.** Можно было согласиться лишь с теми положениями доклада, где приводились статистические данные для подтверждения гипотезы. **11.** Сдав нормативы ГТО, большинству из нас был вручен золотой значок. **12.** Учебное пособие не только предназначено для преподавателей, а также и для студентов и аспирантов. **13.**Скоро будет заселен многоквартирный дом, выросший на глазах за несколько месяцев и который уже приняла комиссия.**14.** Нам предложили поселиться в номере-люкс новой гостиницы для туристов с видом на море.**15.** Преподаватель попросил студентов, чтобы они ему напомнили на следующем занятии, чтобы он им распечатал раздаточный материал к семинарскому занятию.

## ТЕМА 9. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТИЛЕЙ

**Цель** – повторить систему функциональных стильных стилей русского языка, научиться определять стиль текста и доказывать свою точку зрения в этом вопросе.

**КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):**

**Функциональный стиль** – это исторически сложившаяся и социально осознанная разновидность языка, функционирующая в определенной сфере человеческой деятельности и общения, создаваемая особенностями употребления в этой сфере языковых средств и их специфической организацией.

В основе классификации стилей лежат экстралингвистические факторы: сфера применения языка, обусловленная ею тематика и цели общения. Сферы применения языка соотносятся с видами деятельности человека, соответствующими формам общественного сознания: наука, идеология, право, искусство, религия. Выделяются стили официальной речи (книжные): **научный**, **официально-деловой**, **публицистический**, **литературно-художественный**, **церковно-религиозный**. Им противопоставлен стиль неофициальной речи – **разговорный**, экстралингвистической основой которого является сфера бытовых отношений и общения (быт как область отношений людей вне их непосредственной производственной и общественно-политической деятельности).

Сферы применения языка в значительной мере влияют на тематику и содержание высказывания. Каждая из них имеет свои актуальные темы. Например, в научной сфере обсуждаются проблемы научного познания мира, в сфере бытовых отношений – бытовые

вопросы. Однако в разных сферах может обсуждаться одна и та же тема, но цели преследуются неодинаковые, вследствие чего высказывания различаются и по содержанию, и по форме (см. **Задание 1**).

Каждый стиль обладает определёнными языковыми особенностями (прежде всего лексическими и грамматическими). Можно говорить лишь об относительной замкнутости функциональных стилей: большинство языковых средств в каждом стиле нейтральные, межстилевые. Однако ядро каждого стиля образуют присущие именно ему языковые средства с соответствующей стилистической окраской и едиными нормами употребления.

Следует отбирать слова и конструкции в соответствии с выбранным стилем, особенно в письменной речи. Употребление разностилевых языковых средств в рамках одного текста ведет к появлению стилистических ошибок. Часто встречаются ошибки, связанные с неуместным употреблением канцеляризмов, а также злоупотреблением специальными терминами в ненаучном тексте и использованием разговорной и просторечной лексики в книжных текстах (см. **Задание 2**).

Можно сделать вывод, что **стилистические нормы** – это 1) правила употребления языковых средств в соответствии с выбранным стилем и 2) правила выбора стиля, соответствующего условиям общения.

Таким образом, специфические черты каждого функционального стиля можно описать, ориентируясь на целый ряд признаков, которые обознаются как **стилеобразующиефакторы**, а также на его стилевые и языковые особенности. Кроме того, каждый стиль включает в себя тексты разных жанров (см. **Задание 3**).

| Функциональный стиль | Стилеобразующий фактор | | | | | | Жанры |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Доминирующая языковая функция | Форма общественного сознания | Основная форма речи | Типичный вид речи | Тон речи | Тип адресата | |
| Научный | Сообщение | Научное сознание | Письменная | Монолог | Нейтральный | Массовый (подготовленный к восприятию научной информации) | Учебник, монография лекция, научная статья, аннотация, реферат, конспект, тезисы, курсовая работа, выпускная работа, диссертация, доклад |
| Официально-деловой | Сообщение / воздействие | Правовое сознание | Письменная | Монолог | Нейтральный / императивный | Массовый | Конституция, закон, приказ, указ, распоряжение, положение, регламент, заявление, автобиография, резюме, характеристика |
| Публицистический | Сообщение + воздействие | Идеологическое сознание | Письменная и устная | Монолог и диалог | Обусловленный содержательно | Массовый | Репортаж, интервью, очерк, дискуссионное выступление, статья, информационная заметка |
| Литературно-художественный | Воздействие | Эстетическое сознание | Письменная | Обусловленный родом и жанром литературы | Обусловленный эстетической задачей | Массовый (подготовленный к восприятию классических произведений) | Роман, повесть, рассказ, новелла, стихотворение, поэма, баллада |
| Церковно-религиозный | Воздействие | Религиозное сознание | Письменная и устная | Монолог | Обусловленный ситуативно | Массовый | Исповедь, проповедь, житие, молитва |
| Разговорный | Общение | Обыденное сознание | Устная | Диалог и полилог | Обусловленный ситуативно | Личный (конкретный собеседник) | Дружеская беседа, семейная беседа, бытовой спор, байка |

**Задание 1.** *Прочитайте тексты, посвященные одной теме. Определите функционально-стилевую принадлежность текстов, опираясь на стилеобразующие факторы и языковые особенности каждого из них.*

**Текст 1**

Гроза – атмосферное явление, заключающееся в электрических разрядах между так называемыми кучево-дождевыми (грозовыми) облаками или между облаками и земной поверхностью, а также находящимися над ней предметами. Эти разряды – молнии – сопровождаются осадками в виде ливня, иногда с градом и сильным ветром (иногда до шквала). Гроза наблюдается в жаркую погоду при бурной конденсации водяного пара над перегретой сушей, а также в холодных воздушных массах, движущихся на более теплую подстилающую поверхность.

**Текст 2**

Как передает наш корреспондент, вчера над центральными районами Пензенской области прошла небывалой силы гроза. В ряде мест были повалены телеграфные столбы, порваны провода, с корнем вырваны столетние деревья. В двух деревнях возникли пожары в результате удара молнии. К этому прибавилось еще одно стихийное бедствие: ливневый дождь вызвал сильное наводнение. Нанесен значительный ущерб сельскому хозяйству. Временно было прервано железнодорожное и автомобильное сообщение между соседними районами.

**Текст 3**

Доводим до Вашего сведения, что вчера после полуночи над районным центром – городом Нижний Ломов и прилегающей к нему сельской местностью – пронеслась сильная гроза, продолжавшаяся около получаса. Скорость ветра достигала 30-35 метров в секунду. Причинен значительный материальный ущерб жителям деревень Ивановка, Щепилово и Вязники, исчисляемый, по предварительным данным, сотнями тысяч рублей. Имели место пожары, возникшие вследствие удара молнии. Сильно пострадало здание школы в деревне Курково, для его восстановления понадобится капитальный ремонт. Вышедшая из берегов в результате проливного дождя река Вад затопила значительную площадь. Человеческих жертв нет. Образована специальная комиссия для выяснения размеров причиненного стихийным бедствием ущерба и оказания помощи пострадавшему местному населению. О принятых мерах будет незамедлительно доложено.

**Текст 4**

Ты не поверишь, какая гроза прошла вчера над нами! Я человек не робкого десятка, и то испугался насмерть.

Сначала все было тихо, нормально, я уже собирался было лечь, да вдруг как сверкнет молния, бабахнет гром! И с такой силищей, что весь наш домишко задрожал. Я уже подумал, не разломалось ли небо над нами на куски, которые вот-вот обрушатся на мою несчастную голову. А потом разверзлись хляби небесные... В придачу ко всему наша безобидная речушка вздулась, распухла и ну заливать своей мутной водицей все вокруг. А совсем рядом, что называется – рукой подать, загорелась школа. И стар и млад – все повысыпали из изб, толкутся, орут, скотина ревет – вот страсти какие! Здорово я перепугался в тот час, да, слава Богу, все скоро кончилось.

**Текст 5**

При Крещении священник крестообразно помазывает лоб христианина святым миром, говоря: «Печать дара Духа Святаго». Впоследствии всякий раз, когда христианин осеняет себя крестным знамением, он поклоняется спасительной Страсти Господней и призывает

крестную силу, иже есть сила крестной смерти нашего Христа. Говоря: «Кресте Христов, спаси нас силою твоею», мы призываем силу крестной жертвы Господа. Поэтому крест обладает великой силой. Например, началась гроза. Сверкают молнии, и в большой железный крест на колокольне тоже может ударить молния. Однако, если стоящий под этим железным крестом христианин имеет на себе вот такой маленький крестик и говорит: «Кресте Христов, спаси мя силою твоею», то молния ему не повредит. В первом случае действуют природные законы: молния попадает в крест и сбивает его на землю. Во втором случае такой вот малюсенький крестик хранит верующего человека, призвавшего на помощь силу Креста.

**Текст 6**

Между далью и правым горизонтом мигнула молния, и так ярко, что осветила часть степи и место, где ясное небо граничило с чернотой. Страшная туча надвигалась не спеша, сплошной массой; на ее краю висели большие, черные лохмотья; точно такие же лохмотья, давя друг друга, громоздились на правом и на левом горизонте. Этот оборванный, разлохмаченный вид тучи придавал ей какое-то пьяное, озорническое выражение. Явственно и не глухо проворчал гром. Егорушка перекрестился и стал быстро надевать пальто.

Вдруг рванул ветер и со свистом понесся по степи, беспорядочно закружился и поднял с травою такой шум, что из-за него не было слышно ни грома, ни скрипа колес. Он дул с черной тучи, неся с собой облака пыли и запах дождя и мокрой земли. Лунный свет затуманился, стал как будто грязнее, звезды еще больше нахмурились, и видно было, как по краю дороги спешили куда-то назад облака пыли и их тени.

Чернота на небе раскрыла рот и дыхнула белым огнем; тотчас же опять загремел гром.

Дождь почему-то долго не начинался... Было страшно темно. А молнии в потемках казались белее и ослепительнее, так что глазам было больно.

Вдруг над самой головой его [Егорушки] со страшным, оглушительным треском разломалось небо; он нагнулся и притаил дыхание, ожидая, когда на его затылок и спину посыпятся обломки... Раздался новый удар, такой же сильный и ужасный. Небо уже не гремело, не грохотало, а издавало сухие, трескучие, похожие на треск сухого дерева звуки. (*А. П. Чехов. Степь*)

**Задание 2.***Найдите в следующих предложениях стилистические ошибки и запишите исправленный вариант.*

**1.** Некоторым министрам необходимо включить мозги, чтобы до них дошло, что на прожиточный минимум люди в России могут только существовать. **2.** В статье сообщается, что левые лекарства отследят по аптекам и конфискуют. **3.** Мэр города рассказал, что в настоящее время ведется возведение двух бюджетных высоток в Пионерском поселке. **4.** Новый сотрудник редакции сумел нарыть некий компромат на верхушку министерства, но опубликовать материалы ему не дали. **5.** Директор гимназии был в ауте, когда ему сообщили, что гимназия получила-таки грант в размере 1 млн. рублей. **6.** Бытие в хрущевках и интенсивные трудовые затраты скрашивала душевная атмосфера, царившая в те годы в коллективе. **7.** Благополучие родных деревень отстаивает наш председатель, который по восемнадцать часов в сутки мотается по полям, фермам, частит по делам в Екатеринбург. **8.** Трудно понять, почему ученый допустил такую промашку в расчетах. **9.** Семь школ, которые дислоцируются в нашем районе, переполнены, поэтому некоторым детям приходится ездить за тридевять земель.**10.** Избранников народа одолевает такое количество проблем, что у некоторых уже крыша поехала.

**Задание 3.** *Определите, к какому стилю принадлежит каждый из предложенных текстов*[6]*. Попытайтесь обосновать свою точку зрения.*

**Текст 1**

В психологии и этике делового общения речь пойдет не столько об абстрактных общепсихологических категориях и принципах, сколько о профессиональных психологических и в то же время практически ориентированных знаниях, которые могут обеспечить успех той или иной деятельности. Под **деловым**понимается общение, обеспечивающее успех какого-то общего дела, создающее условия для сотрудничества людей, чтобы осуществить значимые для них цели. Деловое общение содействует установлению и развитию отношений сотрудничества и партнерства между коллегами по работе, руководителями и подчиненными, партнерами, соперниками и конкурентами. Оно предполагает такие способы достижения общих целей, которые не только не исключают, но, наоборот, предполагают также и достижение лично значимых целей, удовлетворение личных интересов.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 2**

Веруем в Единого Бога Отца Всемогущего, Творца неба и земли.

Веруем также в Иисуса Христа, Его Единородного Сына и Господа нашего, Который был зачат Духом Святым, рожден девой Марией, Который страдал во времена Понтия Пилата, был распят, умер и был погребен, сошел в царство смерти, на третий день воскрес из мертвых, вознесся на Небо и воссел одесную Всемогущего Бога Отца, откуда вернется судить живых и мертвых.

Веруем также во Святого Духа, Святую Соборную Церковь, собрание святых, в прощение грехов, воскресение мертвых и жизнь вечную.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 3**

**В Горном университете прошел День открытых дверей. На площадке перед Большим актовым залом – Залом УГМК развернулся настоящий наукоград: кроме презентации различных направлений подготовки, школьников ждали специализированные мастер-классы.**

Об основах робототехники будущим абитуриентам рассказывали сотрудники кафедры горных машин и комплексов и робот Герман. О далеких экспедициях и романтике походов – студенты-геологоразведчики. У стенда **Уральского геологического музея** ребята рассматривали минералы под микроскопом, а вместе с инструкторами **студенческого патриотического центра «Святогор»** учились основам безопасного обращения с оружием.

[6]Задание может быть выполнено как тестовое.

Всего на **День открытых дверей в Горный университет** пришли около тысячи школьников. Многие из них уже серьезно задумались о том, чтобы стать частью дружной семьи горняков.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 4**

В соответствии с Федеральным законом от 18.06.2001 N 77-ФЗ «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», Постановлением Правительства РФ от 25.12.2001 N 892 «О реализации Федерального закона «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», санитарно-эпидемиологическими правилами СП 3.1.2.3114-13 «Профилактика туберкулеза» и в целях раннего выявления заболеваний органов грудной клетки среди студентов и сотрудников университета

ПРИКАЗЫВАЮ:

Организовать с 10 апреля по 12 мая 2017 года флюорографический профилактический осмотр студентов и сотрудников университета в передвижном цифровом флюорографическом кабинете, установленном во дворе I учебного здания, с предъявлением каждым студентом и сотрудником копии полиса обязательного медицинского страхования.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 5**

Страны, которые являются участниками процесса торговли минеральным сырьем, решают разные задачи, что отражается на структуре их экономики, влияет на характер воспроизводственных процессов, порождает специфические для каждой страны проблемы. Взаимодействие экспортеров и импортеров сырья накладывает отпечаток на международные отношения, являясь причиной возникновения конфликтов, создания экономических и военно-политических союзов. Стремление к поддержанию и расширению экспорта вызывает дополнительные потребности в производстве сырья внутри страны, в развитии минерально-сырьевой базы. Импорт сырья следует рассматривать как источник удовлетворения потребностей и стимулирование развития несырьевых отраслей.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 6**

Отец наш шибко тада заболел // У него было очень больное сердце // А что такое больное сердце в те годы / это же неизлечимая болячка! Он работал у нас мастером в заводе / в формовочном цехе / где делались изделия для сталелитейного завода / для нижнетагильского // Ковшовые кирпичи / розетки / воронки всякие / сифоны / вообщем / всякая всячина // Всё было для фронта / всё для победы // Щас этого никто не понимает / особенно нынешняя молодёжь // Какие же тяжёлые дни пережило наше поколение! И не дай

вам Бог узнать / что такое война! Да даже твои родители ещё воспитывались в этом послевоенном духе // Ну да ладно / всё равно меня трудно понять…

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 7**

Реклама работает на подсознательном уровне, обращается к иррациональному в природе человека. Ее влияние и глубже и сильнее, чем мы думаем, потешаясь над каким-нибудь слабоумным персонажем вроде пропагандиста бытовой техники. Кого и в чем может убедить этот шут гороховый? Оказалось – нас. Но не в том, что его товары дешевле и лучше, а совсем в другом – в преимуществе нового образа жизни.

От рекламы не требуется реализма. Задавая высокие нравственные стандарты, она порождает особое позитивное мышление. Задача рекламы состоит в том, чтобы потребитель подсознательно стремился отождествить себя с героем «коммершелз». Тогда он купит сковородку не для того, чтобы жарить яичницу, а для того, чтобы стать участником идеальной экранной жизни.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 8**

Наутро поднявшееся яркое солнце быстро съело тонкий ледок, подернувший воды, и весь теплый воздух задрожал от наполнивших его испарений отжившей земли. Зазеленела старая и вылезающая иглами молодая трава, надулись почки калины, смородины и липкой спиртовой березы, и на обсыпанной золотым светом лозине загудела выставленная облетавшаяся пчела. Залились невидимые жаворонки над бархатом зеленей и обледеневшим жнивьем, заплакали чибисы над налившимися бурою неубравшеюся водой низами и болотами, и высоко пролетели с весенним гоготаньем журавли и гуси. Заревела на выгонах облезшая, только местами еще не перелинявшая скотина, заиграли кривоногие ягнята вокруг теряющих волну блеющих матерей, побежали быстроногие ребята по просыхающим, с отпечатками босых ног тропинкам, затрещали на пруду веселые голоса баб с холстами, и застучали по дворам топоры мужиков, налаживающих сохи и бороны. Пришла настоящая весна.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 9**

К нашему большому сожалению, мы должны сообщить Вам, что партия лакокрасочных материалов, отгруженных Вами на судне «Ленинград» по контракту 27-005/40289, не соответствует по качеству нашим спецификациям, на основании которых был заключен контракт.

Согласно параграфу № 03 в договоре, мы имеем право отказаться от приемки этой партии товара. Однако, принимая во внимание наши длительные деловые отношения и то

обстоятельство, что предыдущие поставки лакокрасочных материалов в счет данного контракта были произведены в соответствии с условиями договора и надлежащего качества, мы согласны принять эту партию товара, если Вы предоставите нам скидку в 10 %.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 10**

Человек должен быть широк. Из универсализма вытекает креативность, а ЕГЭ не обеспечивает ни того, ни другого. Даже те ребята, которые прекрасно сдали тесты по выбранным предметам, далеко не всегда в состоянии объяснить, откуда взялись все эти ответы, вывести их самостоятельно. А предложение «докрутить» чуть дальше и глубже вообще ставит в тупик: «Почему вы у нас спрашиваете то, что вы нам не рассказали?» Но креативность как раз и состоит в умении давать такие ответы. Учащийся – это же не шляпа, в которую положили кролика, чтобы его же и достать. Это неинтересно.

Убрать ЕГЭ нельзя. Но если оставить все как есть, мы обречены на дальнейшее отставание в науке, в любых творческих профессиях. Поэтому необходимо уточнить функционал ЕГЭ. А для этого надо все же назвать кошку кошкой и понять, что такое образование.

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

**Текст 11**

На религию после революции 1917 года было наложено так называемое табу. Христианское вероисповедание и все реалии, связанные с ним, воспринимались только как культурное наследие и пережиток царского режима. Соборы и церкви были лишь памятниками архитектуры, жития святых – памятниками литературы, иконы и фрески – памятниками художественного творчества. Очень многие храмы были разрушены или применялись не по своему прямому назначению; они становились складами, конторами, монастыри превращались в тюрьмы и колонии. Люди, особенно священнослужители, преследовались за свою веру. Как следствие, лексика религиозного характера со временем стала постепенно переходить в пассивный состав языка, используясь в основном в составе фразеологизмов и афоризмов (как Бог на душу положит; как у Христа за пазухой; человек предполагает, а Бог располагает). Некоторые слова изменили свою семантику (воскресение, братия), многие приобрели в современном русском языке отрицательную окраску (вертеп).

| | |
|---|---|
| 1) разговорному | 4) научному |
| 2) художественному | 5) публицистическому |
| 3) официально-деловому | 6) церковно-религиозному |

## ТЕМА 10. НАУЧНЫЙ СТИЛЬ

**Цель** – познакомиться со спецификой научного стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности научных текстов.

**КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):**

**Научный стиль –** один из важнейших функциональных стилей литературного языка, относящийся к письменно-книжному типу речи и обслуживающий сферу науки и производства. Цель текста научного стиля может заключаться в передаче объективной информации о природе, человеке и обществе, доказательстве ее новизны, истинности или ценности.

**Основные стилевые черты научного стиля:**

– **объективность**, которая проявляется в изложении разных точек зрения на рассматриваемую проблемы, в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения, в сосредоточенности на предмете высказывания;

– **логичность**, которая проявляется в последовательности и непротиворечивости изложения научной теории и создается с помощью особых синтаксических конструкций (сложные предложения с придаточными причины, условия, следствия; предложения с вводными словами *во-первых*, *во-вторых*, *наконец*, *итак*, *следовательно* и др.);

– **доказательность**, которая проявляется в цепочке рассуждений, аргументации определенных положений и гипотез;

– **точность**, которая достигается благодаря использованию терминов (т. е. слов и словосочетаний, обозначающих понятия особой области знания или деятельности), однозначных слов; четким оформлением синтаксических связей;

– **обобщенность** и **отвлеченность**, которые проявляются в отборе слов (преобладание имен существительных над глаголом, общенаучные слова, имена существительные с абстрактным значением, конкретные существительные в обобщенном значении), в употреблении грамматических форм (глаголы настоящего времени во «вневременном» значении, возвратные и безличные глаголы, преобладание форм 3-го лица, форм несовершенного вида), в использовании синтаксических конструкций (неопределенно-личные предложения, страдательные обороты), в существовании авторского «мы», характерного только для научного стиля;

– **насыщенность фактической информацией**;

– **отсутствие выражения эмоций** (отсутствуют разговорные элементы, эмоционально-экспрессивная лексика, неполные конструкции и т. п.).

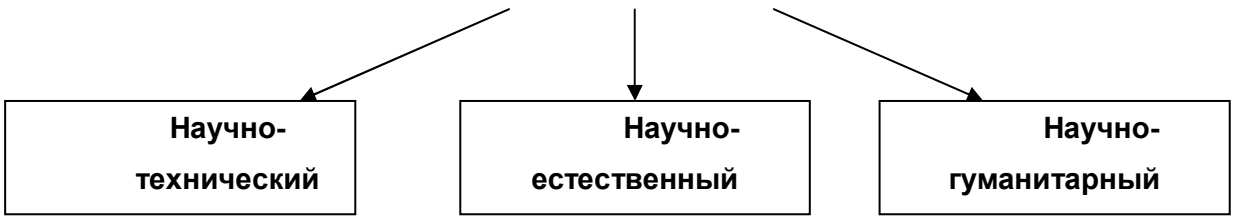
**Основные языковые особенности научного стиля:**

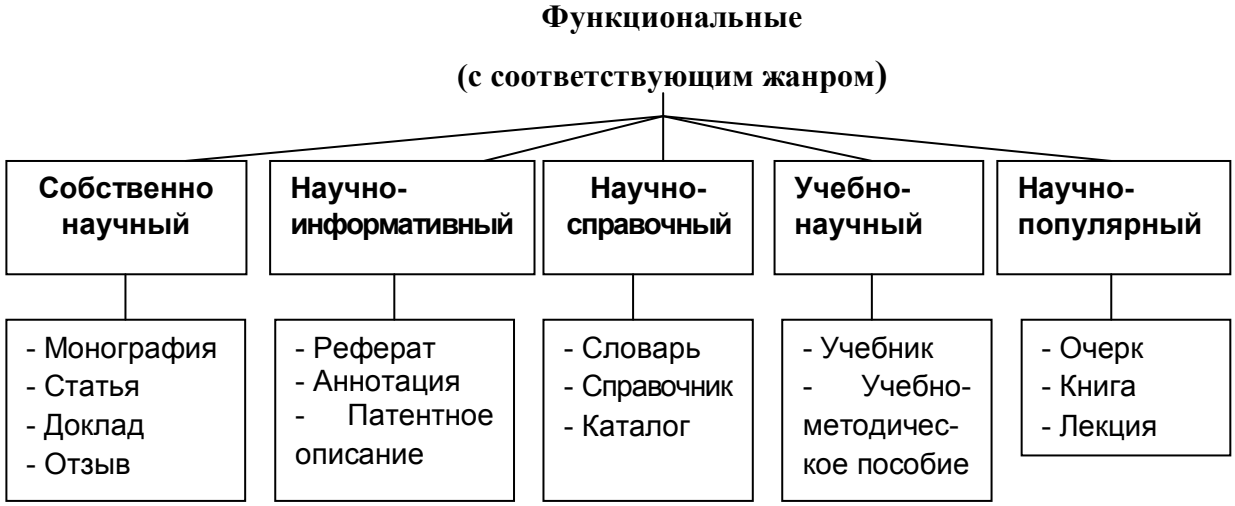
| Языковые особенности | Примеры |
|---|---|
| **Лексические** | |
| 1) термины | *обогащение полезных ископаемых, месторождение, осадочные породы, смешанослойный минерал, рудное тело* и др. |
| 2) общенаучная лексика | *закон, теория, аспект, носитель, конструкция* и др. |
| 3) книжная лексика абстрактного значения | *применение, явление, замедление, обязательство, подготовка* и др. |
| **Морфологические** | |
| 1) частотность существительных | (Примерно 40 % существительных на единицу текста) |

| | |
|---|---|
| 2) частотность форм родительного падежа существительных | *попадание в водоемы масло-смазывающих продуктов* (род.п.) *отдельных узлов* (род. п.) *механического оборудования* (род. п.) *гидротехнических сооружений* (род. п.) и т. п. |
| 3) широкое использование существительных среднего рода | *отношение, употребление, дело, доказательство, заполнение* и др. |
| 4) преобладание глаголов несовершенного вида настоящего времени | *равняется, оказывается, возрастает, наблюдается, составляет* и др. |
| 5) полузнаменательные глаголы-связки | *есть, быть, являться* |
| 6) употребление причастий и деепричастий | *подчеркнутый, обрабатываемый, соответствующий; замечая, решая, сменив* и др. |
| **Синтаксические** | |
| 1) вводные слова и конструкции | *вероятно, возможно, таким образом; по словам ученых, по мнению большинства исследователей* и др. |
| 2) бессубъектные конструкции | *карьер был разработан; оборудование было закуплено; проект был одобрен* и др. |
| 3) безличные предложения | *необходимо отметить; следует подчеркнуть; можно сделать ряд выводов* и др. |
| 4) обобщенно-личные предложения | *подчеркнем следующие положения; выделим важные особенности; отметим ряд недостатков* и др. |
| 5) цепочки однородных членов | *Хорошие каталоги Интернета обеспечивают разнообразный дополнительный сервис: поиск по ключевым словам в базе данных, списки последних поступлений, списки наиболее интересных из них, выдачу случайной ссылки, автоматическое оповещение по электронной почте о свежих поступлениях.* |
| 6) многокомпонентные сложные предложения с союзной связью | *Если экспериментоправдывает надежды, то гипотезадетализируется и конкретизуется, а затем ставится новый эксперимент.* |

**Подстили научной речи:**

**Тематические**






**Задание 1.** *Проанализируйте текст по следующей схеме:*

***1.*** *Охарактеризуйте текст по стилеобразующим факторам научного стиля.*

***2.*** *Докажите принадлежность текста к научному стилю с опорой на основные стилевые черты.*

***3.*** *Определите отнесенность текста к тематическому и функциональному подстилю научного стиля.*

***4.*** *Составьте план текста и сформулируйте главную мысль.*

***5.*** *Выделите в тексте языковые особенности научного стиля.*

**Вариант 1: ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ**[7]

В геологии существует более ста различных специальностей и специализаций. Одни из них тесно связаны с химией (геохимическое направление), другие – с физикой (геофизическое направление), третьи – с биологией (палеонтологическое и палеобиологическое направления), четвертые – с математикой и кибернетикой (компьютерное моделирование геологических процессов), пятые – с астрономией и астрофизикой (космическая геология) и т. д.

В недрах Земли находятся залежи полезных ископаемых, вопросами поиска и разведки которых занимается геология. На земной поверхности протекают разнообразные геологические процессы, люди возводят здания и различные инженерные сооружения, строят транспортные магистрали. Задачей геологов является обеспечение их устойчивости и безопасного функционирования. Правильное решение этих двух основных практических задач немыслимо без глубокого знания общих закономерностей строения и развития отдельных геосфер. Раскрытие данных закономерностей и познание лежащих в их основе причин невозможны без изучения всей Земли, так как наша планета представляет собой единую природную среду и развивается так же, как и все планеты Солнечной системы.

Знание происхождения и эволюции Земли, условий образования и развития земной коры, ее строения и состава во взаимодействии с внешними оболочками – водной (гидросферой) и воздушной (атмосферой), а также с внутренними оболочками – земным ядром и мантией – составляет необходимое звено мировоззрения. Оно позволяет понять, как

[7] Геология: учебник для студ. высш. учеб.заведений / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. – 7-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 6-7.

осуществляется постепенный переход от неживого неорганического мира к органическому, как эволюционируют живые существа и вместе с ними изменяются геологические процессы.

Велико и познавательно значение геологии как науки о Земле, ее строении, происхождении и развитии. Она затрагивает проблемы происхождения и эволюции жизни и природных условий. Геология всегда стояла в центре ожесточенной борьбы научных воззрений и научных школ против религиозных предрассудков.

Практическое значение геологии огромно и разнообразно. Весь арсенал современной науки и техники основан на использовании продуктов земных недр – нефти, угля, различных металлов, строительных материалов, подземных вод и др. Воды минеральных источников используют в лечебных и бальнеологических целях. Для поисков, разведки и извлечения разнообразного минерального сырья из земных недр требуется прежде всего разработка методов обнаружения залежей полезных ископаемых, которые необходимы для промышленности, сельского хозяйства и строительства.

Среди полезных ископаемых различают рудные, или металлические, из которых добывают различные металлы, и нерудные, или неметаллические. Из последних добывают удобрения, каменную соль, серу, строительные материалы, драгоценные (алмаз, рубин, сапфир, изумруд), полудрагоценные (аметист, циркон, топаз, цитрин, нефрит, малахит и др.) и поделочные камни (яшма, кварциты и др.), а также горючие полезные ископаемые (нефть, каменный и бурый уголь, горючие сланцы, газ). Подземные воды (пресные и минеральные) также являются полезными ископаемыми. Поисками залежей подземных вод и практическим их использованием занимается специальная отрасль геологии – гидрогеология. В особые научные дисциплины выделились геология рудных и геология нерудных месторождений, геология горючих полезных ископаемых. Без знания геологического строения территории не обходится ни одно строительство промышленных и гражданских зданий, транспортных магистралей, трубопроводов и средств связи. Эта особая отрасль геологии именуется инженерной геологией. Работами, проводимыми в районах развития многолетней мерзлоты, занимается такая наука, как мерзлотоведение.

Все перечисленные специальные научные дисциплины образуют самостоятельный раздел геологии, который называется *практической*, или *прикладной*, геологией.

## ВАРИАНТ 2: ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ[8]

Современная мировая экономика характеризуется неуклонным ростом потребления минерального сырья, расширением круга используемых в промышленности элементов, вовлечением в производство новых типов месторождений полезных ископаемых. Укрепление и совершенствование минерально-сырьевой базы России – основная задача геологической службы.

Обеспечение ресурсами и запасами не только действующих отраслей горнодобывающей промышленности, но и ее перспективных направлений требует оперативного решения проблемы освоения новых видов полезных ископаемых. Успешное осуществление геолого-разведочных работ возможно лишь при условии постоянного совершенствования теории и методов поисков и разведок месторождений полезных

[8]Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [В. В. Авдонин, В. В. Мосейкин, Г. В. Ручкин и др.]; под ред. В. В. Авдонина. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 5-6.

ископаемых. Результативность геолого-разведочной отрасли определяется уровнем научных и методических разработок, степенью использования современных поисково-разведочных средств.

Научные основы поисков и разведок месторождений полезных ископаемых созданы трудами нескольких поколений отечественных геологов, среди которых в первую очередь необходимо назвать Г. Д. Ажгирея, Я. Н. Белевцева, А. Г. Бетехтина, Ю. А. Билибина, П. П. Бурова, А. Б. Каждана, В. М. Крейтера, В. А. Обручева, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, С. С. Смирнова, А. А. Якжина и др.

Многими ведущими учеными были написаны замечательные учебники и методические руководства по поискам и разведкам месторождений, не утратившие своего значения до настоящего времени. Тем не менее в последние годы произошли существенные изменения в самой структуре минерально-сырьевой базы, оценке перспектив использования природных ресурсов и методов их вовлечения в промышленное использование.

В геолого-разведочной отрасли можно отметить несколько областей, в которых наблюдаются наиболее значимые изменения.

Во-первых, это касается совершенствования теории и методики поисковых работ. Во-вторых, широкое внедрение компьютерных технологий во все направления геолого-разведочного процесса качественно изменило методику подсчета запасов и оценки месторождений на всех стадиях их освоения.

Существенные изменения происходят и в методике добычных работ, в особенности в связи с требованиями экологической безопасности.

Наконец, необходимо учитывать еще одно важное обстоятельство. Наряду с неуклонно возрастающей потребностью в различных видах минерального сырья отчетливо проявляется тенденция истощения минерально-сырьевой базы, снижения открываемости новых месторождений, вовлечения в промышленное производство неблагоприятных по геологической позиции месторождений и руд более низкого качества. Эти причины стимулируют повышенный интерес к минерально-сырьевому потенциалу Мирового океана. Вследствие интенсификации научно-исследовательских и поисково-разведочных работ в океане в последние годы сложилась качественно новая ситуация – возникла необходимость решения проблем освоения минерально-сырьевых ресурсов океана в практической плоскости, что ознаменовалось интенсивными усилиями по разработке теоретических основ, методики и технических средств морских геолого-разведочных работ.

Авторский коллектив настоящего учебника постарался отразить в нем все важнейшие достижения, касающиеся поисков, разведки и эксплуатации месторождений и характеризующие современное состояние геолого-разведочной отрасли.

## Вариант 3: ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА[9]

Полезные ископаемые, располагающиеся в земной коре в пределах территории страны, образуют ее минерально-сырьевую базу. Эти природные ресурсы называют богатством недр государства.

[9] Городниченко В. И., Дмитриев А. П. Основы горного дела: учебник для вузов. М.: Издательство «Горная Книга», Издательство московского государственного горного университета, 2008. С. 7-8.

Добычу полезных ископаемых обеспечивают горно-добывающие отрасли промышленности, перспективы развития которых зависят прежде всего от состояния природных ресурсов. Их освоение играет важнейшую роль в развитии экономики России.

В нашей стране выявлены в промышленных концентрациях все виды минерального сырья, используемого в мировой практике.

Оценка прогнозных ресурсов, которую сегодня осуществляют в основном до глубины освоенных промышленностью недр, составляющей для твердых полезных ископаемых около 1 км, свидетельствует о том, что в России в обозримом будущем исчерпания минеральных ресурсов не предвидится, тем более что результаты исследований сверхглубоких скважин подтверждают наличие промышленных концентраций полезных компонентов на глубинах до 10 км.

По данным Министерства природных ресурсов России, в нашей стране 60–70 % запасов важнейших видов полезных ископаемых сосредоточено в ограниченном числе крупных месторождений. В настоящее время сохраняют свое значение освоенные крупные месторождения полезных ископаемых и имеют большие перспективы развития месторождения в регионах Сибири, Дальнего Востока и Севера.

В Сибири находится около 84 % разведанных запасов угля России (категории А, В, Сi), из них бурых и каменных углей примерно поровну. В этих запасах сосредоточено до 90 % коксующихся углей России и около 85 % особо ценных для коксования углей марок ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС.

В настоящее время в Сибири, включая республику Саха, добывается около 70 % углей России. Как считают эксперты, этот показатель будет возрастать в связи с сокращением добычи угля в европейской части страны, а также на Урале и Дальнем Востоке. Можно предположить, что основная роль в обеспечении потребностей страны в углях в будущем будет принадлежать Кузбассу.

Повышение эффективности производства имеет особое значение для горно-добывающих отраслей промышленности, которые обеспечивают топливом, минеральным сырьем и материалами многие отрасли экономики страны: черную и цветную металлургию, энергетику, химическую, строительных материалов, сельское хозяйство и др.

Результаты работы горных предприятий в значительной степени определяют уровень эффективности производства во всех других отраслях, потребляющих их продукцию.

Так, в общих затратах на производство цветных металлов затраты на добычу руды составляют более 50 %. В затратах на производство электроэнергии 60–70 % составляют затраты на топливо.

Повышение эффективности горного производства должно осуществляться путем его технического перевооружения, обеспечивающего снижение затрат на производство продукции, повышение качества продукции, экономное и рациональное использование трудовых и материальных ресурсов, комплексное освоение богатства земных недр.

**Задание 2.** *Отредактируйте предложения таким образом, чтобы они соответствовали научному стилю, запишите исправленный вариант. Определите, с чем связаны допущенные ошибки.*

**1.** В своей курсовой работе я хотел бы ответить на очень актуальные в наше нелегкое время вопросы. **2.** Авторы этих статей абсолютно неправильно думают, что только их точка зрения имеет право на существование. **3.** Выводы оказались неожиданными, на первый взгляд просто сумасшедшими. **4.** Однако вначале необходимо разобраться, есть ли угроза

энергетического голода. **5.** Мне кажется, что первый способ решения проблемы более целесообразный. **6.** Стоит представить, а какой будет польза от этого изобретения. **7.** Компьютерный вирус – это сильный паразит! **8.** Современное состояние экономики, энергетики и экологии выдвигает необходимость проведения интердисциплинарных исследований. **9.** Это приводит к необходимости изыскания и выделения огромных усилий общества, чтобы противостоять результатам экологически опасных действий. **10.** В настоящее время сетевые технологии претерпевают бурное развитие. **11.** Свобода в современной России – это не столько свобода сотрудничества и доброжелательного диалога, как своевольное навязывание своего понимания свободы ради сокрушения чужой. **12.** Математическая модель включала в себя систему уравнений, описывающая течение газа около криволинейной поверхности. **13.** Земля должна рассматриваться как некая квазизамкнутая система, ресурс жизнеобеспечения которой большой, но ограничен. **14.** Изучение новых материалов дает свои плоды. **15.** Используя метод аналогий, на кафедре систем управления разработан комплекс программных средств для изучения систем путем их моделирования.

## ТЕМА 11. ОФИЦИАЛЬНО-ДЕЛОВОЙ СТИЛЬ

**Цель** – познакомиться со спецификой официально-делового стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности документов, их жанр, видеть реквизиты.

**КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):**

**Официально-деловой стиль** – это стиль, который обслуживает правовую и административно-общественную сферы деятельности. Он используется при написании документов, деловых бумаг и писем в государственных учреждениях, суде, а также в разных видах делового устного общения.

Среди книжных стилей официально-деловой стиль выделяется относительной устойчивостью и замкнутостью. С течением времени он, естественно, подвергается некоторым изменениям, но многие его черты: исторически сложившиеся жанры, специфическая лексика, морфология, синтаксические обороты – придают ему в целом консервативный характер.

**Основные стилевые черты официально-делового стиля:**

– **объективный**, **абстрагированный (неличный) характер изложения**, который проявляется в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения (отсутствуют местоименные и глагольные формы 2-го лица, ограничены – 1-го лица);

– **точность и детальностьизложения**, которые не допускают каких-либо разночтений; быстрота понимания не является важной, так как заинтересованный человек в случае необходимости прочитает документ несколько раз, стремясь к полному пониманию;

– **стандартизированность**, **стереотипностьизложения**, которая проявляется в том, что разнородные явления жизни в официально-деловом стиле укладываются в ограниченное количество стандартных форм (*анкета*, *справка*, *инструкция*, *заявление*, *деловое письмо* и т. д.);

– **долженствующе-предписующий характер изложения**, т. е. **волюнтативность** (выражение воли), которая в текстах выражается семантически (подбором слов) и грамматически (формы первого лица глагола – *предлагаю*, *приказываю*, *поздравляю*; формами долженствования – *надлежит*, *необходимо*, *следует*, *предлагается*);

– **отсутствие выражения эмоций и оценок** (не употребляются эмоционально-экспрессивные средства).

Эти черты находят свое выражение 1) в отборе языковых средств (лексических, морфологических и синтаксических); 2) в оформлении деловых документов.

**Основные языковые особенности официально-делового стиля:**

| Языковые особенности | Примеры |
|---|---|
| **Лексические** | |
| 1) языковые штампы(канцеляризмы, клише) | *ставить вопрос, на основании решения, по собственному желанию, по семейным обстоятельствам, входящие-исходящие документы,контроль за исполнением возложить, по истечении срока* и др. |
| 2) профессиональная терминология | *недоимка, алиби, черный нал, теневой бизнес,жилищный найм, прокурорский надзор, единовременное пособие* и др. |
| 3) архаизмы | *оным удостоверяю, сей документ, в надлежащем виде, во избежание* и др. |
| 4) тяготение к использованию родовых понятий с широкой и бедной семантикой | *прибыть* (вместо *приехать, прилететь, прийти* и т. д.), *транспортное средство* (вместо *автобус, самолет, «Волга»* и т. д.), *населенный пункт* (вместо *деревня, город, село* и т. д.), *помещение (вместо: квартира, цех, ангар, вестибюль, кров, обитель, апартаменты и т. д.)* |
| **Морфологические** | |
| 1) существительные-названия людей по признаку, обусловленному действием | *налогоплательщик, ответчик, арендатор, свидетель* и др. |
| 2) существительные, обозначающие должности и звания в форме мужского рода | *сержант полиции Ушакова, инспекторНеверова,ответчик Прошина*и др. |
| 3) отглагольные существительные с частицей *не-* | *нелишение, неявка, несоблюдение, непризнание* и др. |
| 4) производные предлоги | *в связи, в течение, за счет, в силу, по мере, в отношении, на основании* и др. |
| 5) инфинитивные конструкции | *провести осмотр, оказать помощь, доказать невиновность* и др. |
| 6) глаголы настоящего времени в значении обычно производимого действия | *обвиняемому обеспечивается право на защиту, занеуплату взимается штраф* и др. |
| 7) сложные слова, образованные от | *бракосочетание, правонарушение,* |

| | |
|---|---|
| двух и более основ | *налогообложение, землепользование, пассажироперевозки, дачевладелец, нетрудоспособность, работодатель, квартиросъемщик, материально-технический, осенне-зимний, ремонтно-эксплуатационный, вышеуказанный, нижепоименованный*и др. |
| 8) нанизывание существительных с суффиксом -*ние* | *Приготовлением к преступлению признается приискание и приспособление средств или орудий или умышленное создание условий для совершенияпреступлений....* |
| 9) гигантский пласт официальных наименований номенклатуре учреждений, профессий, должностей и т. п. | *Российское акционерное общество «Единая энергетическая система России», Открытое акционерное общество «Нефтяная компания «Лукойл», Всероссийский научно-исследовательский институт документоведения и архивного дела,главный научный сотрудник, заместитель командира полка по инженерной службе, главный специалист сектора делопроизводства компании, председатель Военной коллегии Верховного Суда Российской Федерации, депутат Государственной Думы РФ и др.* |
| 10) широкое использование аббревиатур | *РФ, МИД, МЧС, ФСБ, РЖД, Сбербанк, МОК, СМИ, РПЦ, УГГУ, ЕГЭ, ОСАГО, ТРЦ, ТК, УФМС, МОУ, ФГБОУ, ГТО, ГОСТ, ФГОС, КамАЗ, Роспечать и др.* |
| 11) употребление цепочки имен существительных в родительном падеже | *Для применения (род. п.) мер (род. п.) общественного воздействия (род. п.); в целях широкой гласности (род. п.) работы (род. п.) Министерства (род. п.) высшего образования (род. п.); результаты деятельности(род. п.)органов(род. п.) налоговой полиции(род. п.)* и др. |
| **Синтаксические** | |
| 1) употребление простых предложений с однородными членами, причем ряды этих однородных членов могут быть весьма распространенными (до 8–10) | *Объектами общей собственности крестьянского хозяйства является имущество: земельный участок, насаждения, хозяйственные или иные постройки, мелиоративные и другие сооружения, продуктивный и рабочий скот, птица, сельскохозяйственная и иная техника, оборудование, транспортные* |

| | |
|---|---|
| | *средства, инвентарь и другое имуществои* др. |
| 2) наличие пассивных конструкций | *платежи вносятся в указанное время, сроки выплат установлены на год* и др. |
| 3) преобладание сложных предложений, в особенности сложноподчиненных, с придаточными условия | *При наличии спора о размерах причитающихся уволенному работнику сумм администрацияобязана уплатить указанное в настоящей статье возмещение в том случае, если споррешен в пользу работника*. |

**Документ –** зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими её идентифицировать.

**Форма** документа (схема, отражающая семантико-информативную структуру текста) предоставляет в распоряжение его составителя определенный набор **реквизитов** (необходимые элементы оформления документа) и определенную их **композицию** (последовательность и порядок их размещения в тексте). Состав реквизитов, требования к реквизитам и бланкам документов устанавливаются ГОСТом. В настоящее время это ГОСТ Р 6.30-2003 «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов».

| | **Состав реквизитов документа** |
|---|---|
| **1.** | Государственный герб Российской Федерации |
| **2.** | Герб субъекта Российской Федерации |
| **3.** | Эмблема организации или товарный знак |
| **4.** | Код организации |
| **5.** | Основной государственный регистрационный номер юридического лица (ОГРН) |
| **6.** | Идентификационный номер налогоплательщика / код причины постановки на учет (ИНН / КПП) |
| **7.** | Код формы документа |
| **8.** | Наименование организации |
| **9.** | Справочные данные об организации |
| **10.** | Наименование вида документа (жанр документа) |
| **11.** | Дата составления документа |
| **12.** | Регистрационный номер документа |
| **13.** | Ссылка на регистрационный номер или дату документа |
| **14.** | Место составления или издания документа |
| **15.** | Адресат |
| **16.** | Гриф утверждения документа |
| **17.** | Резолюция |
| **18.** | Заголовок к тексту |
| **19.** | Отметка о контроле |
| **20.** | Текст документа |
| **21.** | Отметка о наличии приложения |
| **22.** | Подпись |
| **23.** | Гриф согласования документа |

| | |
|---|---|
| **24.** | Визы согласования документа |
| **25.** | Оттиск печати |
| **26.** | Отметка о заверении копии |
| **27.** | Отметка об исполнителе |
| **28.** | Отметка об исполнении документа и направлении его в дело |
| **29.** | Отметка о поступлении документа в организацию |
| **30.** | Идентификатор электронной копии документа |

Состав реквизитов конкретного документа определяется его видом и назначением. К наиболее частотным реквизитам можно отнести: **адресата**, **адресанта**, **названиежанрадокумента**, **основной текст документа**, **списокприложений**, **дату** и **подпись**. Логическому делению текста способствует его рубрикация, деление на части с помощью внутренних заголовков, подзаголовков, нумерация или графически единообразное выделение всех однотипных частей.

**Способы классификации документов:**

1. ***По месту составления***: *внутренние* и *внешние* документы. **Внутренний** документ создаётся в рамках одной организации, где работают и составитель, и адресат текста (*приказы администрации предприятия, служебные записки, должностные инструкции* и др). **Внешние** документы предназначаются адресатам, работающим на других предприятиях (*все виды деловых писем, приказы и распоряжения вышестоящих организаций* и др.).
2. ***По содержанию***: *простые* и *сложные*. **Простые** документы посвящены решению одного вопроса (*заявление*, *объяснительная записка* и другие виды личной документации), **сложные** – двух и более (*приказы*, *письма*, *инструкции*).
3. ***По форме***: *индивидуальные* и *типовые*. **Индивидуальные** документы предполагают некоторую самостоятельность текста и элементы творческого подхода, что не исключает их стандартизованности (*отдельные виды писем, служебных и докладных записок*). **Типовые** документы строятся на базе заранее заданного текста путём видоизменения его отдельных элементов; чаще всего эти документы одинаковы для групп однородных предприятий (*штатное расписание, положение о персонале* и др.). Если в типовом документе постоянные элементы отпечатаны типографским способом, а для переменных предусмотрены пробелы, которые заполняются при его составлении, то такой документ называют **трафаретным** (*анкеты, некоторые виды справок, трудовые договоры*).
4. ***По срокам исполнения***: *срочные* и *бессрочные*. В **срочных** документах содержится указание на выполнение некоторых действий в ограниченный временной период (*распоряжения, указания* и др.). Действие **бессрочных** документов не ограничено временными рамками (*указы, законы, некоторые виды инструкций*).
5. ***По происхождению***: *служебные* и *личные*. **Служебные** документы направлены на реализацию интересов организации (*приказы, деловые письма, контракты*). **Личные** документы, как правило, отражают взаимодействие отдельного физического лица с официальными органами или другими лицами (*заявление, доверенность, расписка, объяснительная записка* и др.).
6. ***По виду оформления***: *подлинник* (подписанный и надлежащим образом оформленный экземпляр документа, составленный в первый раз), *копия* (абсолютно точно воспроизводит подлинник, но имеет ограниченную юридическую силу, за исключением

нотариально заверенных.), *дубликат* (копия, имеющая одинаковую силу с подлинником, выдающаяся в случае его утери) и *выписки* (воспроизведение только одной из частей подлинника).

7. ***По функции***: **организационные** документы, направленные на регламентацию деятельности организации или предприятия (*устав, положение, штатное расписание, положение о персонале, должностную инструкцию*), **распорядительные** документы, содержащие конкретные распоряжения (*приказы, распоряжения, указания, решения*)., **информационно-справочные** документы, документы **по персоналу предприятия** (*трудовой договор, личные карточки, учётные карточки, анкеты*), **письма**, **договоры**.

**Задание 1.***Проанализируйте текст официально-делового стиля:*

***1.*** *Укажите характеристику данного текста с точки зрения классификации документов.*

***2.*** *Обозначьте реквизиты и композиционные элементы государственного документа.*

***3.*** *Опишите стилевые и языковые особенности текста*[10].

**Федеральный закон от 1 июня 2005 г. N 53-ФЗ**
**«О государственном языке Российской Федерации»**

С изменениями и дополнениями от: 2 июля 2013 г., 5 мая 2014 г.
Принят Государственной Думой 20 мая 2005 года
Одобрен Советом Федерации 25 мая 2005 года

Настоящий Федеральный закон направлен на обеспечение использования государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации, обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации, защиту и развитие языковой культуры.

*Статья 1. Русский язык как государственный язык Российской Федерации*

1. В соответствии с Конституцией Российской Федерации государственным языком Российской Федерации на всей ее территории является русский язык.

2. Статус русского языка как государственного языка Российской Федерации предусматривает обязательность использования русского языка в сферах, определенных настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами, Законом Российской Федерации от 25 октября 1991 года N 1807-I «О языках народов Российской Федерации» и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, его защиту и поддержку, а также обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации.

3. Порядок утверждения норм современного русского литературного языка при его использовании в качестве государственного языка Российской Федерации, правил русской орфографии и пунктуации определяется Правительством Российской Федерации.

4. Государственный язык Российской Федерации является языком, способствующим взаимопониманию, укреплению межнациональных связей народов Российской Федерации в едином многонациональном государстве.

[10] Возможна работа по вариантам: 1 вариант – анализ Статьи 1; 2 вариант – анализ Статьи 3; 3 вариант – анализ статьи 4.

5. Защита и поддержка русского языка как государственного языка Российской Федерации способствуют приумножению и взаимообогащению духовной культуры народов Российской Федерации.

6. При использовании русского языка как государственного языка Российской Федерации не допускается использование слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка (в том числе нецензурной брани), за исключением иностранных слов, не имеющих общеупотребительных аналогов в русском языке.

7. Обязательность использования государственного языка Российской Федерации не должна толковаться как отрицание или умаление права на пользование государственными языками республик, находящихся в составе Российской Федерации, и языками народов Российской Федерации.

<…>

*Статья 3. Сферы использования государственного языка Российской Федерации*

1. Государственный язык Российской Федерации подлежит обязательному использованию:

1) в деятельности федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности, в том числе в деятельности по ведению делопроизводства;

2) в наименованиях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности;

3) при подготовке и проведении выборов и референдумов;

4) в конституционном, гражданском, уголовном, административном судопроизводстве, судопроизводстве в арбитражных судах, делопроизводстве в федеральных судах, судопроизводстве и делопроизводстве у мировых судей и в других судах субъектов Российской Федерации;

5) при официальном опубликовании международных договоров Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов;

6) во взаимоотношениях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности и граждан Российской Федерации, иностранных граждан, лиц без гражданства, общественных объединений;

7) при написании наименований географических объектов, нанесении надписей на дорожные знаки;

8) при оформлении документов, удостоверяющих личность гражданина Российской Федерации, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Российской Федерации, изготовлении бланков свидетельств о государственной регистрации актов гражданского состояния, оформлении документов об образовании и (или) о квалификации установленного в соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2012 года N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» образца, а также других документов, оформление которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется на государственном языке Российской Федерации, при оформлении адресов

отправителей и получателей телеграмм и почтовых отправлений, пересылаемых в пределах Российской Федерации, почтовых переводов денежных средств;

9) в продукции средств массовой информации;

9.1) при показах фильмов в кинозалах;

9.2) при публичных исполнениях произведений литературы, искусства, народного творчества посредством проведения театрально-зрелищных, культурно-просветительных, зрелищно-развлекательных мероприятий;

10) в рекламе;

11) в иных определенных федеральными законами сферах.

1.1. В сферах, указанных в пунктах 9, 9.1, 9.2 и 10 части 1 настоящей статьи, и в иных предусмотренных федеральными законами случаях наряду с государственным языком Российской Федерации могут использоваться государственные языки республик, находящихся в составе Российской Федерации, другие языки народов Российской Федерации, а в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, также иностранные языки.

<…>

*Статья 4. Защита и поддержка государственного языка Российской Федерации*

В целях защиты и поддержки государственного языка Российской Федерации федеральные органы государственной власти в пределах своей компетенции:

1) обеспечивают функционирование государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации;

2) разрабатывают и принимают федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, разрабатывают и реализуют направленные на защиту и поддержку государственного языка Российской Федерации соответствующие федеральные целевые программы;

3) принимают меры, направленные на обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации;

4) принимают меры по совершенствованию системы образования и системы подготовки специалистов в области русского языка и преподавателей русского языка как иностранного языка, а также осуществляют подготовку научно-педагогических кадров для образовательных организаций с обучением на русском языке за пределами Российской Федерации;

5) содействуют изучению русского языка за пределами Российской Федерации;

6) осуществляют государственную поддержку издания словарей и грамматик русского языка;

7) осуществляют контроль за соблюдением законодательства Российской Федерации о государственном языке Российской Федерации, в том числе за использованием слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка, путем организации проведения независимой экспертизы;

8) принимают иные меры по защите и поддержке государственного языка Российской Федерации.

<…>

Президент Российской Федерации В. Путин

**Задание 2**. *Проанализируйте следующий текст*[11]*:*

***1.*** *Обозначьте реквизиты и структурно-содержательные элементы документа.*

***2.*** *Опишите стилевые и языковые особенности.*

***3.*** *Имеются ли в тексте документа средства, не соответствующие требованиям официально-делового стиля? Докажите свою точку зрения.*

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор УГГУ**,** профессор
_____ Н.П. Косарев

**РЕГЛАМЕНТ**
**ношения форменной одежды преподавателями,**
**сотрудниками и студентами УГГУ**

1. Общие положения

Форменная одежда УГГУ – важнейший наряду с флагом и гербом символ корпоративной чести и достоинства, принадлежности преподавателей, сотрудников и студентов к высшему учебному заведению – Уральскому государственному горному университету.

Ношение форменной одежды в установленных случаях является почетным правом и обязанностью (моральным долгом) всех преподавателей, сотрудников и студентов УГГУ, облегченных этим доверием. По решению ректора почетное право ношения форменной одежды предоставляется заслуженным выпускникам.

Отказ от форменной одежды рассматривается как пренебрежение горняцким единством и неуважение к корпоративной символике Уральского государственного горного университета.

2. Руководящий состав университета: члены Ученого совета, включая ректорат, деканов, заведующих кафедрами, представителей студенческого, ветеранского и профсоюзного актива, а также руководителя управления отделов и служб, не входящие в Ученый совет, обязаны носить форму в следующих случаях:

- на всех рабочих совещаниях, проводимых ректором, первым проректором и проректором по научной работе;
- на заседаниях Ученого совета и Президиума Ученого совета университета, ученых советах факультетов;
- на торжественных собраниях сотрудников и студентов, митингах, конференциях, проводимых по планам ректората и деканатов;
- при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и других официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также политическими, общественными и научными организациями.

3. Преподаватели университета, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

- во время лекционных занятий;
- при участии в собраниях студентов, преподавателей, конференциях и митингах;

[11] Текст Регламента приводится без изменений и исправлений.

– при посещениях ректората и деканатов.

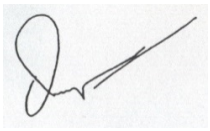
4. Сотрудники из числа административно-управленческого персонала (помощники ректора, проректоров, референты, секретари) обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

– при нахождении на рабочем месте в дни проведения крупных общеуниверситетских мероприятий, при приеме делегаций, гостей и в иных случаях по распоряжению ректора;
– при участии, в том числе при орг. техническом обеспечении заседании Ученого совета и ректорских совещаний;
– при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

5. Студенты – представители студенческого актива, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде:

– при посещении ректората, деканатов;
– на всех официальных мероприятиях, проводимых в университете;
– при участии в официальных мероприятиях, проводимых вне стен университета органами власти, политическими, общественными, научными и образовательными учреждениями.

6. По собственной инициативе студенты, сотрудники и преподаватели университета могут находиться в форменной одежде во всех случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и ее функциональному назначению.



Ученый секретарь совета, профессор О. В. Ошкордин
28.09.2005 г.

**Задание 3.***Проанализируйте текст*[12] *с точки зрения использованных языковых средств, характерных для официально-делового стиля. Опишите средства, с помощью которых в тексте реализуется такая стилевая черта, как волюнтативность.*

*Есть ли в Правилах отступления от требований официально-делового стиля? Подтвердите свою точку зрения, опираясь на текст документа.*




**Правила внутреннего распорядка обучающихся**
**в ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»**
*Дата введения 01 сентября 2014 года*

<…>

**5. Основные права и обязанности обучающихся**

[12] Текст Правил внутреннего распорядка приводится без изменений и исправлений.

***5.1 Права обучающихся***

Обучающиеся в университете имеют право:

– получать образование в соответствии с ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) обучаться в пределах этих стандартов по индивидуальным учебным планам, ускоренным курсам обучения;

– бесплатно пользоваться библиотечно-информационными ресурсами, получать дополнительные (в том числе платные) образовательные услуги;

– участвовать в управлении университетом;

– свободно выражать собственные мнения и убеждения;

– выбирать факультативные (необязательные для данного направления подготовки (специальности) и элективные (избираемые в обязательном порядке) курсы, предлагаемые факультетом и кафедрой;

– участвовать в формировании содержания своего образования при условии соблюдения требований ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) среднего профессионального и высшего образования; указанное право может быть ограничено условиями договора, заключенного между студентом и физическим или юридическим лицом, оказывающим ему содействие в получении образования и последующем трудоустройстве;

– осваивать помимо учебных дисциплин по избранным направлениям подготовки (специальностям) любые другие учебные дисциплины, преподаваемые в университете, в порядке, предусмотренном Уставом, а также преподаваемые в других высших учебных заведениях (по согласованию между их руководителями);

– определять по согласованию с деканатом и кафедрами набор дисциплин по специальности в пределах, установленных учебным планом, а также посещать дополнительно любые виды учебных занятий, проводимых в университете;

– ставить перед деканом и ректором, руководителем территориально обособленного учебного подразделения вопрос о замене преподавателей, не обеспечивающих должное качество учебного материала, нарушающих расписание занятий, иные правила организации учебно-воспитательного процесса;

– участвовать в обсуждении и решении важнейших вопросов деятельности университета и его обособленных структурных подразделений, в том числе через общественные организации и органы управления;

– бесплатно пользоваться услугами учебных, научных, лечебных и других подразделений университета в порядке, установленном Уставом;

– принимать участие во всех видах научно-исследовательских работ, конференциях, симпозиумах;

– совмещать учебу с профессиональной деятельностью и иной работой;

– представлять свои работы для публикации, в том числе в изданиях университета;

– обжаловать приказы и распоряжения администрации высшего учебного заведения в установленном законодательством РФ порядке;

– переходить с платного договорного обучения на бесплатное обучение в порядке, предусмотренном Уставом университета;

– получать от университета информацию о положении дел в сфере занятости населения и возможностях трудоустройства по специальности в соответствии с заключенными договорами и законодательством о занятости выпускников образовательных учреждений.

Обучающиеся в университете по заочной форме, выполняющие учебный план, имеют право на дополнительный оплачиваемый и не оплачиваемый отпуск по месту работы, на сокращенную рабочую неделю и на другие льготы, которые предоставляются в порядке, устанавливаемом законодательством РФ (ст. 173-176 ТК РФ).

Обучающиеся в университете имеют право на свободное посещение мероприятий, не предусмотренных учебным планом.

Обучающиеся в университете имеют право на перевод в другое образовательное учреждение, реализующее образовательную программу соответствующего уровня, при согласии этого образовательного учреждения и успешном прохождении ими аттестации.

Обучающиеся в университете по очной форме обучения имеют право на получение отсрочки от призыва на военную службу в соответствии с Федеральным законом «О воинской обязанности и военной службе».

***5.2 Обязанности обучающихся***

Обучающиеся в университете обязаны:

– добросовестно посещать учебные занятия, глубоко овладевать теоретическими знаниями, практическими навыками и современными методами для работы по избранной специальности;

– выполнять в установленные сроки все виды заданий, предусмотренных соответствующими учебными планами и программами обучения;

– постоянно повышать общую культуру, нравственность и физическое совершенство;

– нетерпимо относиться к недостаткам в учебно-воспитательном процессе и быту;

– бережно и аккуратно относиться к учебным и иным помещениям, оборудованию, учебным пособиям, литературе, приборам, другому имуществу университета; без соответствующего разрешения студентам запрещается выносить предметы и оборудование из лабораторий, кабинетов, аудиторий, учебных, бытовых корпусов и других помещений;

– нести материальную ответственность за ущерб, причиненный имуществу университета в соответствии с нормами действующего законодательства;

– незамедлительно сообщать в администрацию университета о возникновении ситуации, представляющей угрозу жизни и здоровью людей, сохранности имущества университета;

– соблюдать требования Устава университета, настоящие Правила и Правила проживания в общежитиях;

– поддерживать деловую репутацию, честь и престиж университета.

Обучающиеся в территориально обособленном учебном подразделении университета (филиале) помимо указанных выше правомочий пользуются правами и исполняют обязанности, предусмотренные Положением о соответствующем структурном подразделении или договорами о профессиональной подготовке, включая договоры на индивидуальную подготовку специалиста.

При неявке на занятия по уважительным причинам обучающийся ставит об этом в известность декана факультета, руководителя (уполномоченного работника) иного учебного структурного подразделения и в первый день явки на учебу представляет данные о причине неявки и документы установленного образца (справки, письма, телеграммы и т. п.), содержащие сведения оправдательного характера.

***5.3 Требования к ношению формы***

Обучающиеся в университете должны быть дисциплинированными и опрятными, вести себя достойно в университете, на улице, в общественном месте и в быту. В соответствии с решением Ученого совета университета от 25.06.2004 года, обучающиеся обязаны носить форменную одежду в ниже перечисленных случаях:

– на всех совещаниях, проводимых ректором, проректорами и деканами факультетов;

– на торжественных собраниях коллектива, митингах и конференциях;

– при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и иных официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также общественными и научными организациями, на которых обучающиеся университета являются его представителями;

– при участии, в т. ч. организационно-техническом обеспечении заседаний Ученого совета университета и ректорских совещаний; при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

– в иных случаях по распоряжению ректора.

По собственной инициативе обучающиеся университета могут находиться в форменной одежде в иных случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и её функциональному назначению.

Запрещается ношение предметов формы одежды измененных или неустановленных образцов, а также знаков различия, не предусмотренных Положением о форменной одежде.

<…>

## ТЕМА 12. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕЛОВЫХ БУМАГ

**Цель** – научиться оформлять основные жанры деловых бумаг.

**КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (требуется записать определение, основные реквизиты и образец):**

**Заявление** – это документ, содержащий просьбу, предложение или жалобу какого-либо лица.

Заявление, как и большинство деловых бумаг, составляется в произвольной форме от руки или печатается на листе бумаги формата А4.

**Основные реквизиты заявления:**

**1.** Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

**2.** Сведения об адресате (должность, ФИО полностью, в некоторых случаях адрес или другая контактная информация).

**3.** Наименование жанра документа.

**4.** Основной текст заявления с точным изложением просьбы, предложения или жалобы.

**5.** Опись приложений к документу, если они имеются.

**6.** Дата.

**7.** Подпись.

**Образец оформления заявления**

*Декану ФГиГ*
*проф. Талалаю А. Г.*
*от студента группы МПГ-16*
*Волкова Михаила Владимировича*

***Заявление***

*Прошу отпустить меня с занятий на 3 дня с 25 по 27 октября 2018 года в связи с участием в областных соревнованиях по футболу.*

*Копию справки-вызова прилагаю.*

*01.10.2018 г.*

---

**Доверенность** – это документ, выдаваемый одним лицом (доверителем) другому лицу (доверенному) для представительства перед третьими лицами и дающий право доверенному лицу действовать от имени доверителя.

Доверенность предоставляет полномочия доверенному лицу предпринимать за доверителя какое-либо действие. В зависимости от вида полномочий различают три вида доверенности: 1) **разовая** (дает право на совершение одного конкретного действия), 2) **специальная** (дает право на совершение однородных действий), 3) **генеральная** (дает право на общее управление имуществом доверителя).

**Основные реквизиты разовой доверенности:**

**1.** Наименование жанра документа.

**2.** Наименование доверителя (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

**3.** Наименование доверенного лица (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

**4.** Формулировка доверяемой функции.

**5.** Дата.

**6.** Подпись.

**Образец оформления разовой доверенности**

*Доверенность*

*Я, Зорянова Евгения Михайловна, студентка группы ВД-16 (паспорт: серия 3209 № 345177, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Чкаловском районе гор. Екатеринбурга 09.06.2009 г., проживающая по адресу: г. Екатеринбург, ул. 8 марта, д. 104, кв. 190), доверяю Соловчуку Сергею Станиславовичу, студенту группы ГМО-17 (паспорт: серия 5404 № 654321, выдан Железнодорожным РУВД г. Ульяновска 13.09. 2008*

*г., проживающему по адресу: г. Екатеринбург, ул. Сулимова, д. 63, кв. 77), получить в кассе УГГУ мою стипендию за март 2017 года.*

*25.02.2017 г.*

---

**Расписка** – это документ, подтверждающий произведенное кем-либо определенное действие (получение ценных предметов).

Расписка всегда составляется от руки. Если она имеет особо важное значение, ее необходимо заверить.

**Основные реквизиты расписки:**

**1.** Наименование жанра документа.

**2.** Наименование лица, получившего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

**3.** Наименование лица, выдавшего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

**4.** Точное наименование полученных ценностей с указанием количества (цифрами и прописью).

**5.** Дата, до которой необходимо вернуть полученные ценности.

**6.** Дата.

**7.** Подпись.

**Образец оформления расписки**

***Расписка***

*Я, Воробьева Наталия Александровна, студентка группы УП-17 (паспорт: серия 5009 № 2435672, выдан отделом УФМС Ленинского района г. Новосибирска 25.09.2005 г., проживающая по адресу: Свердловская область, г. Первоуральск, ул. Горького, д. 7, кв. 5), получила от Штишеля Артемия Павловича, инженера кафедры ГД (паспорт: серия 6507 № 575849, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Кировском районе г. Екатеринбурга 05.10.2004 г., проживающего по адресу: г. Екатеринбург, пер. Красный, д. 34, кв. 33), 10 000 (десять тысяч) рублей.*

*Обязуюсь вернуть указанную сумму до 31 декабря 2017 г.*

*07 ноября 2017 г.*

---

**Докладная записка** – это документ, информирующий адресата о сложившейся ситуации, а также содержащий выводы и предложения составителя.

Основной текст докладной записки делится на две части:

- в первой излагаются причины, послужившие поводом для ее написания;
- во второй анализируется сложившаяся ситуация, содержатся выводы и предложения о действиях, которые необходимо предпринять.

**Основные реквизиты докладной записки:**

**1.** Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

**2.** Наименование жанра документа.

**3.** Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

**4.** Опись приложений к документу, если они имеются.

**5.** Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

**6.** Дата.

**Образец оформления докладной записки**

*Ректору УГТУ*
*проф. Душину А. В.*

*Докладная записка*

*24 декабря 2018 г. примерно в 12.30 я сдал свой пуховик в гардероб 4 учебного корпуса. Через два часа (после окончания праздничных мероприятий) я попытался получить пуховик по бирке, но его не оказалось на вешалке. Студенты, дежурившие в гардеробе в тот день, отказались объяснять, что произошло и куда пропала моя одежда.*

*Прошу разобраться в сложившейся ситуации и помочь с поисками пуховика.*

*Описание прилагается.*

*Студент группы ТБ-17* *Вутенко* */Вутенко Б. Н./*
*25 декабря 2018 г.*

---

**Объяснительная записка** – это документ, объясняющий причины какого-либо события, факта, поступка (нарушения трудовой или учебной дисциплины, невыполнение задания, поручения и т. д.).

Основной текст объяснительной записки делится на две части:

- в первой излагаются, констатируются факты нарушения;
- во второй объясняются причины нарушения.

**Основные реквизиты объяснительной записки:**

**1.** Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

**2.** Наименование жанра документа.

**3.** Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

**4.** Опись приложений к документу, если они имеются.

**5.** Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

**6.** Дата.

**Образец оформления объяснительной записки**

*Зав. кафедрой ИЯДК*
*доц. Юсуповой Л. Г.*

*Объяснительная записка*

*05.03.2018 г. я опоздала на практическое занятие по иностранному языку по причине транспортной аварии на перекрестке улиц Малышева и Гагарина.*

*Выданную транспортным предприятием справку прилагаю.*

*Студентка группы МЭ-15* *Вайслер Ю. М.*

*07.03.2018 г.*

---

**Задание 1.***Напишите от своего имени следующие жанры деловых бумаг:*

а) заявление с просьбой продлить Вам сессию на неделю;

б) заявление с просьбой принять Вас на работу;

в) доверенность на получение Вашей стипендии в этом месяце;

г) расписку в получении Вами образцов минералов для выполнения лабораторной работы;

д) докладную записку о пропаже Ваших личных вещей из аудитории;

е) объяснительную записку о пропуске Вами занятий в течение недели;

ж) объяснительную записку о неявке на экзамен.

**Задание 2.***Исправьте допущенные ошибки в оформлении и содержании следующих документов. Обратите внимание на нарушение разного типа языковых норм (орфографических, пунктуационных, лексических и грамматических). Запишите исправленный вариант.*

**Текст 1**

*Декану УГТУ*
*От студента III курса очной формы обучения факультета гражданской защиты*
*Волк Василия Васильевича*

*заявление*

*В связи с отъездом на лидерские сборы очень прошу разрешить не посещать мне занятия на следующей неделе.*

*09.09.18 г.*

**Текст 2**

*Ректору УГТУ*

*Н. П. Косареву*

*доверенность.*

*Я, Задорин Виктор, студент УГТУ, даю право на получение получаемой мной стипендии студенту Гудину Александру Геннадьевичу (паспорт 6509 номер 124338, ул. Мира, 90-1).*

*1.5.18 г.*  */Задорин В. З./*

**Текст 3**

*Кафедре ИЯДК*

*расписка*

*Я – Пустник Валентин Тимурович, прошу выдать мне учебные пособия для практических занятий. Автор – Мясникова Юлия Марковна в размере одной штуки. Паспортные данные – серия 6102, номер 879521, УФМС России, дата рождения – 19.02.2000 года, проживаю в городе Лангепас на улице Парковая, 7.*

*Обязуюсь вернуть в срок.*

*25 сентября* 

**Текст 4**

*Декану ГМФ*
*Козину Владимиру*
*Зиновьевичу*

*Докладная*

*Уважаемый Владимир Зиновьевич!*

*Сегодня я, Курпатова Вера, студентка ГМФ, оставила без присмотра свои вещи в учебной аудитории 2240. При возвращении моих вещей в аудитории не было. Я очень расстроилась.*

*Пропали: куртка черная кожанная, красная сумка в цветочек, белый платок.*



*1 октября 2018 года*

**Текст 5**

*Зав. кафедрыТПФ Волкову М. Н.*
*От студента Хлебникова Семена.*

*Объяснительная о прогуле*

*Я, Семен Хлебников, отсутствовал на занятиях два месяца всвязи болезни. Справку из 6 городской больницы прилогаю.*

*01.11.18* *Хлебников С.*

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

| *№ п/п* | *Наименование* |
|---|---|
| 1 | *Веселкова Т. В.* Культура устной и письменной коммуникации: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Саратов: Вузовское образование, ИЦ «Наука», 2020. – 264 с. – ISBN 978-5-4487-0707-0. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/94281.html |
| 2 | *Культура устной и письменной речи делового человека*: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания). |
| 3 | *Меленскова Е. С.* Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 87 с. |
| 4 | *Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с. |
| 5 | *Меленскова Е. С.* Русский язык и культуре речи: учебное пособие с тестовыми заданиями для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 – «Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело» / Е. С. Меленскова. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 98 с. |

### Дополнительная литература

| *№ п/п* | *Наименование* |
|---|---|
| 1. | *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания) |
| 2. | *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с. |
| 3. | *Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Москва: Логос, 2014. – 432 с. – ISBN 978-5-98704-534-3. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/39711.html |
| 4. | *Зверева Е. Н.* Русский язык и культура речи в профессиональной коммуникации: учебное пособие / Е. Н. Зверева, С. С. Хромов. – Москва: Евразийский открытый институт, 2012. – 432 с. – ISBN 978-5-374-00575-2. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/14648.html |
| 5. | *Культура научной и деловой речи*: учебное пособие для студентов-иностранцев / М. Б. Будильцева, И. Ю. Варламова, Н. С. Новикова, Н. Ю. Царёва. – Москва: Российский университет дружбы народов, 2013. – 240 с. – ISBN 978-5-209-05463-4. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/22186.html |

| | |
|---|---|
| 6. | *Курганская М. Я.* Деловые коммуникации: курс лекций / М. Я. Курганская. – Москва: Московский гуманитарный университет, 2013. – 121 с. – ISBN 978-5-98079-935-9. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/22455.html |
| 7. | *Лапынина Н. Н.* Русский язык и культура речи: курс лекций / Н. Н. Лапынина. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 с. – ISBN 978-5-89040-431-2. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/22667.html |
| 8. | *Меленскова Е. С.* Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с. |
| 9. | *Меленскова Е. С.* Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с. |
| 10. | *Меленскова Е. С.* Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с. |
| 11. | *Петрова Ю. А.* Культура и стиль делового общения: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Москва: ГроссМедиа, 2007. – 190 с. – ISBN 5-476-003-476. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/1129.html |
| 12. | *Решетникова Е. В.* Русский язык в деловых коммуникациях: учебное пособие / Е. В. Решетникова. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. – 99 с. – ISBN 2227-8397. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/84078.html |
| 13. | *Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи / Л. И. Скворцов. – Москва: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 с. – ISBN 978-5-94666-556-8. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/14555.html |
| 14. | *Усанова О. Г.* Культура профессионального речевого общения: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – ISBN 5-94839-062-4. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: http://www.iprbookshop.ru/56426.html |
| 15. | *Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.* Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.:Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания) |


## ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация http://docs.cntd.ru/document/1200031361).

2. *Грамота (сайт)*. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru.
3. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru.
4. *Русский язык*: *энциклопедия русского языка (сайт)*. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru.
5. *Словари и энциклопедии по русскому языку на Академике(сайт)*. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://dic.academic.ru.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# Б1.О.08 ПСИХОЛОГИЯ КОМАНДНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И САМОРАЗВИТИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Управления персоналом | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И. О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Полянок  О.В., к.пс.н., доцент

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по написанию реферата | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по написанию эссе | 13 |
| 3 | Методические рекомендации по написанию реферата статьи | 17 |
| 4 | Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий | 23 |
| 5 | Методические рекомендации по составлению тестовых заданий | 27 |
| 6 | Требования к написанию и оформлению доклада | 29 |
| 7 | Методические рекомендации к опросу | 34 |
| 8 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям | 36 |
| 9 | Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям | 38 |
| 10 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 40 |
| | Заключение | 43 |
| | Список использованных источников | 44 |

## ВВЕДЕНИЕ

***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.

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.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по написанию реферата

***Реферат*** - письменная работа объемом 10-18 печатных страниц, выполняемая студентом в течение длительного срока (от одной недели до месяца).

Реферат (от лат. referrer - докладывать, сообщать) - краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемой теме[1].

Выполнение и защита реферата призваны дать аспиранту возможность всесторонне изучить интересующую его проблему и вооружить его навыками научного и творческого подхода к решению различных задач в исследуемой области.

Основными задачами выполнения и защиты реферата являются развитие у студентов общекультурных и профессиональных компетенций, среди них:

- формирование навыков аналитической работы с литературными источниками разных видов;
- развитие умения критически оценивать и обобщать теоретические положения;
- стимулирование навыков самостоятельной аналитической работы;
- углубление, систематизация и интеграция теоретических знаний и практических навыков по соответствующему направлению высшего образования;
- презентация навыков публичной дискуссии.

### *Структура и содержание реферата*

Подготовка материалов и написание реферата - один из самых трудоемких процессов. Работа над рефератом сводится к следующим этапам.

1. Выбор темы реферата.
2. Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата.
3. Конкретизация необходимых элементов реферата.
4. Сбор и систематизация литературы.
5. Написание основной части реферата.
6. Написание введения и заключения.
7. Представление реферата преподавателю.
8. Защита реферата.

### *Выбор темы реферата*

Перечень тем реферата определяется преподавателем, который ведет дисциплину. Вместе с тем, аспиранту предоставляется право самостоятельной формулировки темы реферата с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки и согласованием с преподавателем. Рассмотрев инициативную тему реферата студента, преподаватель имеет право ее отклонить, аргументировав свое решение, или, при согласии студента, переформулировать тему.

При выборе темы нужно иметь в виду следующее:

1. Тема должна быть актуальной, то есть затрагивать важные в данное время проблемы общественно-политической, экономической или культурной жизни общества.

2. Не следует формулировать тему очень широко: вычленение из широкой проблемы узкого, специфического вопроса помогает проработать тему глубже.

---

[1] Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Какой бы интересной и актуальной ни была тема, прежде всего, следует удостовериться, что для ее раскрытия имеются необходимые материалы.

4. Тема должна открывать возможности для проведения самостоятельного исследования, в котором можно будет показать умение собирать, накапливать, обобщать и анализировать факты и документы.

5. После предварительной самостоятельной формулировки темы необходимо проконсультироваться с преподавателем с целью ее возможного уточнения и углубления.

### *Предварительная проработка литературы по теме и составление «рабочего» плана реферата*

Подбор литературы следует начинать сразу же после выбора темы реферата. Первоначально с целью обзора имеющихся источников целесообразно обратиться к электронным ресурсам в сети Интернет и, в частности, к электронным информационным ресурсам УГГУ: благодаря оперативности и мобильности такого источника информации, не потратив много времени, можно создать общее представление о предмете исследования, выделить основные рубрики (главы, параграфы, проблемные модули) будущего курсовой работы. При подборе литературы следует также обращаться к предметно-тематическим каталогам и библиографическим справочникам библиотеки УГГУ, публичных библиотек города.

Предварительное ознакомление с источниками следует расценивать как первый этап работы над рефератом. Для облегчения дальнейшей работы необходимо тщательно фиксировать все просмотренные ресурсы (даже если кажется, что тот или иной источник непригоден для использования в работе над рефератом, впоследствии он может пригодиться, и тогда его не придется искать).

Результатом предварительного анализа источников является рабочий план, представляющий собой черновой набросок исследования, который в дальнейшем обрастает конкретными чертами. Форма рабочего плана допускает определенную степень произвольности. Первоначальный вариант плана должен отражать основную идею работы. При его составлении следует определить содержание отдельных глав и дать им соответствующее название; продумать содержание каждой главы и наметить в виде параграфов последовательность вопросов, которые будут в них рассмотрены. В реферате может быть две или три главы - в зависимости от выбранной проблемы, а также тех целей и задач исследования.

Работа над предварительным планом необходима, поскольку она дает возможность еще до начала написания реферата выявить логические неточности, информационные накладки, повторы, неверную последовательность глав и параграфов, неудачные формулировки выделенных частей или даже реферата в целом.

Рабочий план реферата разрабатывается студентом самостоятельно и может согласовываться с преподавателем.

### *Конкретизация необходимых элементов реферата*

Реферат должен иметь четко определенные цель и задачи, объект, предмет и методы исследования. Их необходимо сформулировать до начала непосредственной работы над текстом.

Цель реферата представляет собой формулировку результата исследовательской деятельности и путей его достижения с помощью определенных средств. Учитывайте, что у работы может быть только одна цель.

Задачи конкретизируют цель, в реферате целесообразно выделить три-четыре задачи. Задачи - это теоретические и практические результаты, которые должны быть получены в реферате. Постановку задач следует делать как можно более тщательно, т.к. их

решение составляет содержание разделов (подпунктов, параграфов) реферата. В качестве задач может выступать либо решение подпроблем, вытекающих из общей проблемы, либо задачи анализа, обобщения, обоснования, разработки отдельных аспектов проблемы, ведущие к формулировке возможных направлений ее решения.

Объект исследования - процесс или явление, порождающие проблемную ситуацию и избранные для изучения.

Предмет исследования - все то, что находится в границах объекта исследования в определенном аспекте рассмотрения.

Методы исследования, используемые в реферате, зависят от поставленных цели и задач, а также от специфики объекта изучения. Это могут быть методы системного анализа, математические и статистические методы, сравнения, обобщения, экспертных оценок, теоретического анализа и т.д.

Впоследствии формулировка цели, задач, объекта, предмета и методов исследования составят основу Введения к реферату.

### *Сбор и систематизация литературы*

Основные источники, использование которых возможно и необходимо в реферате, следующие:

- учебники, рекомендованные Министерством образования и науки РФ;
- электронные ресурсы УГГУ на русском и иностранном языках;
- статьи в специализированных и научных журналах;
- диссертации и монографии по изучаемой теме;
- инструктивные материалы и законодательные акты (только последних изданий);
- данные эмпирических и прикладных исследований (статистические данные, качественные интервью и т.д.)
- материалы интернет-сайтов.

Систематизацию получаемой информации следует проводить по основным разделам реферата, предусмотренным планом. При изучении литературы не стоит стремиться освоить всю информацию, заключенную в ней, а следует отбирать только ту, которая имеет непосредственное отношение к теме работы. Критерием оценки прочитанного является возможность его использования в реферате.

Сбор фактического материала - один из наиболее ответственных этапов подготовки реферата. От того, насколько правильно и полно собран фактический материал, во многом зависит своевременное и качественное написание работы. Поэтому, прежде чем приступить к сбору материала, аспиранту необходимо тщательно продумать, какой именно фактический материал необходим для реферата и составить, по возможности, специальный план его сбора и анализа. После того, как изучена и систематизирована отобранная по теме литература, а также собран и обработан фактический материал, возможны некоторые изменения в первоначальном варианте формулировки темы и в плане реферата.

### *Написание основной части реферата*

Изложение материала должно быть последовательным и логичным. Общая логика написания параграфа сводится к стандартной логической схеме «Тезис - Доказательство - Вывод» (количество таких цепочек в параграфе, как правило, ограничивается тремя - пятью доказанными тезисами).

Все разделы реферата должны быть связаны между собой. Особое внимание следует обращать на логические переходы от одной главы к другой, от параграфа к параграфу, а внутри параграфа - от вопроса к вопросу.

Использование цитат в тексте необходимо для того, чтобы без искажений передать мысль автора первоисточника, для идентификации взглядов при сопоставлении различных

точек зрения и т.д. Отталкиваясь от содержания цитат, необходимо создать систему убедительных доказательств, важных для объективной характеристики изучаемого вопроса. Цитаты также могут использоваться и для подтверждения отдельных положений работы.

Число используемых цитат должно определяться потребностями разработки темы. Цитатами не следует злоупотреблять, их обилие может восприниматься как выражение слабости собственной позиции автора. Оптимальный объем цитаты - одно- два, максимум три предложения. Если цитируемый текст имеет больший объем, его следует заменять аналитическим пересказом.

Во всех случаях употребления цитат или пересказа мысли автора необходимо делать точную ссылку на источник с указанием страницы.

Авторский текст (собственные мысли) должен быть передан в научном стиле. Научный стиль предполагает изложение информации от первого лица множественного числа («мы» вместо «я»). Его стоит обозначить хорошо известными маркерами: «По нашему мнению», «С нашей точки зрения», «Исходя из этого мы можем заключить, что...» и т.п. или безличными предложениями: «необходимо подчеркнуть, что...», «важно обратить внимание на тот факт, что.», «следует отметить.» и т.д.

Отдельные положения реферата должны быть иллюстрированы цифровыми данными из справочников, монографий и других литературных источников, при необходимости оформленными в справочные или аналитические таблицы, диаграммы, графики. При составлении аналитических таблиц, диаграмм, графиков используемые исходные данные выносятся в приложение, а в тексте приводятся результаты расчетов отдельных показателей (если аналитическая таблица по размеру превышает одну страницу, ее целиком следует перенести в приложение). В тексте, анализирующем или комментирующем таблицу, не следует пересказывать ее содержание, а уместно формулировать основной вывод, к которому подводят табличные данные, или вводить дополнительные показатели, более отчетливо характеризующие то или иное явление или его отдельные стороны. Все материалы, не являющиеся необходимыми для решения поставленной в работе задачи, также выносятся в приложение.

### *Написание введения и заключения*

Введение и заключение - очень важные части реферата. Они должны быть тщательно проработаны, выверены логически, стилистически, орфографически и пунктуационно.

Структурно введение состоит из нескольких логических элементов. Во введении в обязательном порядке обосновываются:

- актуальность работы (необходимо аргументировать, в силу чего именно эта проблема значима для исследования);
- характеристика степени разработанности темы (краткий обзор имеющейся научной литературы по рассматриваемому вопросу, призванный показать знакомство студента со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное, оценивать ранее сделанное другими исследователями, определять главное в современном состоянии изученности темы);
- цель и задачи работы;
- объект и предмет исследования;
- методы исследования;
- теоретическая база исследования (систематизация основных источников, которые использованы для написания своей работы);
- структура работы (название глав работы и их краткая характеристика).

По объему введение занимает 1,5-2 страницы текста, напечатанного в соответствии с техническими требованиями, определенными преподавателем.

Заключение содержит краткую формулировку результатов, полученных в ходе работы, указание на проблемы практического характера, которые были выявлены в процессе исследования, а также рекомендации относительно их устранения. В заключении возможно повторение тех выводов, которые были сделаны по главам. Объем заключения - 1 - 3 страницы печатного текста.

### *Представление реферата преподавателю*

Окончательный вариант текста реферата необходимо распечатать и вставить в папку-скоросшиватель. Законченный и оформленный в соответствии с техническими требованиями реферат подписывается студентом и представляется в распечатанном и в электронном виде в срок, обозначенный преподавателем.

Перед сдачей реферата аспирант проверяет его в системе «Антиплагиат» (http://www.antiplagiat.ru/), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования реферата в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования реферата в данной системе (с указанием процента авторского текста), аспирант в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста реферата, который не подлежит доработке или замене.

### *Защита реферата*

При подготовке реферата к защите (если она предусмотрена) следует:

1. Составить план выступления, в котором отразить актуальность темы, самостоятельных характер работы, главные выводы и/или предложения, их краткое обоснование и практическое и практическое значение - с тем, чтобы в течение 3 - 5 минут представить достоинства выполненного исследования.
2. Подготовить иллюстративный материал: схемы, таблицы, графики и др. наглядную информацию для использования во время защиты. Конкретный вариант наглядного представления результатов определяется форматом процедуры защиты реферата.

### *Критерии оценивания реферата*

*Критерии оценивания реферата:* новизна текста, степень раскрытия сущности вопроса, соблюдение требований к оформлению.

*Новизна текста* – обоснование актуальности темы; новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы; умение работать с литературой, систематизировать и структурировать материал; наличие авторской позиции, самостоятельная интерпретация описываемых в реферате фактов и проблем – 4 балла.

*Степень раскрытия сущности вопроса* - соответствие содержания доклада его теме; полнота и глубина знаний по теме; умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по вопросу (проблеме); оценка использованной литературы (использование современной научной литературы) – 4 балла.

*Соблюдение требований к оформлению* - правильность оформления ссылок на источники, списка использованных источников; грамотное изложение текста (орфографическая, пунктуационная, стилистическая культура); владение терминологией; корректность цитирования – 4 балла.

*Критерии оценивания публичного выступления (защита реферата):* логичность построения выступления; грамотность речи и владение профессиональной терминологией; обоснованность выводов; умение отвечать на вопросы; поведение при защите работы *(*манера говорить, отстаивать свою точку зрения, привлекать внимание к важным моментам в докладе или ответах на вопросы и т.д.) соблюдение требований к объёму доклада – 10 баллов.

*Критерии оценивания презентации*: дизайн и мультимедиа – эффекты, содержание – 4 балла.

Всего – 25 баллов.

***Оценка «зачтено»***

Оценка *«зачтено»* – реферат полностью соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 23-25 баллов.

*Критерии оценивания реферата:* актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, присутствует новизна и самостоятельность в постановке проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, широкий диапазон и качество (уровень) используемого информационного пространства (привлечены различные источники научной информации), прослеживается наличие авторской позиции и самостоятельной интерпретации описываемых в реферате фактов и проблем.

*Степень раскрытия сущности вопроса* - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована полнота и глубина знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены альтернативные взгляды на рассматриваемую проблему и обосновано сбалансированное заключение; представлен критический анализ использованной литературы (использование современной научной литературы).

*Соблюдение требований к оформлению* – текст оформлен в соответствие с методическими требованиями и ГОСТом, в работе соблюдены правила русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое и полное определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

*Критерии оценивания презентации:* цвет фона гармонирует с цветом текста, всё отлично читается, использовано 3 цвета шрифта, все страницы выдержаны в едином стиле, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, звуковой фон соответствует единой концепции и усиливает эффект восприятия текстовой части информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание является строго научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) усиливают эффект восприятия текстовой части информации, орфографические , пунктуационные, стилистические ошибки отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами в наиболее адекватной форме, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены.

*Критерии оценивания публичного выступления:* выступление логично построено, выводы аргументированы, свободное владение профессиональной терминологией, в речи отсутствуют орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы, владеет различными способами привлечения и удержания внимания и интереса аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка «*зачтено*» - реферат в основном соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 18-22 баллов.

*Критерии оценивания реферата:* актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного

пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

*Степень раскрытия сущности вопроса* - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

*Соблюдение требований к оформлению* – текст оформлен в соответствие с методическими требованиями и ГОСТом, в работе имеются незначительные ошибки правил русской орфографии и пунктуации, выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), приводятся соответствующие примеры в строгом соответствии с рассматриваемой проблемой, соблюдена корректность при цитировании источников.

*Критерии оценивания презентации:* цвет фона хорошо соответствует цвету текста, всё можно прочесть, использовано 3 цвета шрифта, 1-2 страницы имеют свой стиль оформления, отличный от общего, гиперссылки выделены и имеют разное оформление до и после посещения кадра, анимация присутствует только в тех местах, где она уместна, звуковой фон соответствует единой концепции и привлекает внимание зрителей в нужных местах - именно к информации, размер шрифта оптимальный, все ссылки работают, содержание в целом является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) соответствуют тексту, орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки практически отсутствуют, наборы числовых данных проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной, ключевые слова в тексте выделены

*Критерии оценивания публичного выступления :* выступление логично построено, выводы аргументированы, испытывает незначительные затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает в незначительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает полные и исчерпывающие ответы на вопросы, соблюдены этические нормы поведения при защите работы , владеет ограниченным набором способов привлечения внимания аудитории к сообщению, соблюдены требования к объёму доклада.

Оценка *«зачтено*» - реферат частично соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 13-17 баллов.

*Критерии оценивания реферата:* актуальность темы обоснована, сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал систематизирован и структурирован, представлен достаточный диапазон используемого информационного пространства (привлечены несколько источников научной информации), прослеживается наличие авторской позиции в реферате при отборе фактов и проблем.

*Степень раскрытия сущности вопроса* - содержание реферата соответствует теме, продемонстрирована достаточная осведомленность знаний по теме, присутствует личная оценка (вывод), объяснены 2-3 взгляда на рассматриваемую проблему и обосновано заключение; представлен критический обзор использованной литературы (использование современной научной литературы).

*Соблюдение требований к оформлению* – оформление текста частично не соответствует методическими требованиям и ГОСТу, в работе имеются ошибки правил русской орфографии и пунктуации, в целом выдержана стилистическая культура научного текста, четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), частично не соблюдена корректность при цитировании источников.

*Критерии оценивания презентации:* цвет фона плохо соответствует цвету текста, использовано более 4 цветов шрифта, некоторые страницы имеют свой стиль оформления, гиперссылки выделены, анимация дозирована, звуковой фон не соответствует единой концепции, но не носит отвлекающий характер, размер шрифта средний (соответственно,

объём информации слишком большой — кадр несколько перегружен), ссылки работают, содержание включает в себя элементы научности, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) в определенных случаях соответствуют тексту, есть орфографические, пунктуационные, стилистические ошибки, наборы числовых данных чаще всего проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация является актуальной и современной ключевые слова в тексте, чаще всего, выделены.

*Критерии оценивания публичного выступления:* в выступлении нарушено логическое построение, выводы не аргументированы, испытывает затруднения при использовании профессиональной терминологии, в речи допускает в орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, дает краткие ответы на вопросы, в целом соблюдены этические нормы поведения при защите работы, соблюдены требования к объёму доклада.

***Оценка «не зачтено»***

Оценка *«не зачтено*» - реферат не соответствует предъявляемым требованиям (критериям оценки) – 0-12 баллов.

*Критерии оценивания реферата:* актуальность темы не обоснована, не сформулирован новый аспект рассмотрения проблемы, анализируемый материал не систематизирован, ограниченный диапазон используемого информационного пространства (привлечен 1 источник научной информации), отсутствует авторская позиция в реферате.

*Степень раскрытия сущности вопроса* - содержание реферата не соответствует теме, не продемонстрирована осведомленность знаний по теме, отсутствует личная оценка (вывод), представлен 1 позиция рассмотрения проблемы, заключение не обосновано, отсутствует критический обзор использованной литературы.

*Соблюдение требований к оформлению* – оформление текста не соответствует методическими требованиям и ГОСТу, в работе выполнена с ошибками правил русской орфографии и пунктуации, не выдержана стилистическая культура научного текста, отсутствует четкое определение рассматриваемых понятий (категорий), не соблюдена корректность при цитировании источников.

*Критерии оценивания презентации:* цвет фона не соответствует цвету текста, использовано более 5 цветов шрифта, каждая страница имеет свой стиль оформления, гиперссылки не выделены, анимация отсутствует (или же презентация перегружена анимацией), звуковой фон не соответствует единой концепции, носит отвлекающий характер, слишком мелкий шрифт (соответственно, объём информации слишком велик — кадр перегружен), не работают отдельные ссылки, содержание не является научным, иллюстрации (графические, музыкальные, видео) не соответствуют тексту, много орфографических, пунктуационных, стилистических ошибок, наборы числовых данных не проиллюстрированы графиками и диаграммами, информация не представляется актуальной и современной, ключевые слова в тексте не выделены

*Критерии оценивания публичного выступления:* отказывается от защиты или в выступлении нарушено логическое построение, отсутствуют выводы, не использует профессиональную терминологию, в речи допускает значительном количестве орфоэпические, лексические, грамматические и синтаксические ошибки, не отвечает на вопросы, нарушает со этические нормы поведения при защите работы, не соблюдены требования к объёму доклада.

## 2.Методические рекомендации по написанию эссе

***Эссе*** - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем (тема может быть предложена и студентом, но обязательно должна быть согласована с 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*

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.*

При работе над Введением могут помочь ответы на следующие вопросы: «Надо ли давать определения терминам, прозвучавшим в теме эссе?», «Почему тема, которую я раскрываю, является важной в настоящий момент?», «Какие понятия будут вовлечены в мои рассуждения по теме?», «Могу ли я разделить тему на несколько более мелких подтем?».

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 чем-то 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.

## 3. Методические рекомендации по написанию реферата статьи

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление, аналитико-синтетическое преобразование информации и создание нового документа - реферата, обладающего специфической языково-стилистической формой.

***Рефератом статьи*** (далее - реферат) называется текст, передающий основную информацию подлинника в свернутом виде и составленный в результате ее смысловой переработки[2].

Основными функциями рефератов являются следующие: информативная, поисковая, индикативная, справочная, сигнальная, адресная, коммуникативная.

*Информативная функция.* Поскольку реферат является кратким изложением основного содержания первичного документа, главная его задача состоит в том, чтобы передавать фактографическую информацию.

Отсюда информативность является наиболее существенной и отличительной чертой реферата.

*Поисковая и справочная функции.* Как средство передачи информации реферат нередко заменяет чтение первичного документа. Обращаясь к рефератам, пользователь осуществляет по ним непосредственный поиск информации, причем информации фактографической. В этом проявляется поисковая функция реферата, а также функция справочная, поскольку извлекаемая из реферата информация во многом представляет справочный интерес.

*Индикативная функция.* Реферат должен характеризовать оригинальный материал не только содержательно, но и описательно. Путем описания обычно даются дополнительные характеристики первичного материала: его вид (книга, статья), наличие в нем иллюстраций и т.д.

Кроме того, в реферате иногда приходится ограничиваться лишь названием или перечислением отдельных вопросов содержания. Это еще одно свойство реферата, которое принято называть индикативностью.

*Адресная функция.* Точным библиографическим описанием первичного документа одновременно достигается то, что реферат способен выполнять адресную функцию, без чего бессмысленен документальный информационный поиск.

*Сигнальная функция.* Эта функция реферата проявляется, когда осуществляется оперативное информирование с помощью авторских рефератов о планах выпуска литературы, а также о существовании неопубликованных, в том числе депонированных работ.

Диапазон использования рефератов очень широк. Они применяются как в индивидуальном, так и в коллективном информационном обеспечении, проводимом в интересах научно-исследовательских работ, учебного процесса и т.д. Они же являются средством международного обмена информацией и выполняют научно-коммуникативные функции в интернациональном масштабе.

Являясь наиболее экономным средством ознакомления с первоисточником, реферат должен отразить все существенные моменты последнего и особо выделить основную мысль автора. Многообразные функции реферата в системе научных коммуникаций можно объединить в следующие основные группы: информативные, поисковые, коммуникативные. Поскольку реферат передает в сжатом виде текст первоисточника, он позволяет специалисту либо получить релевантную информацию, либо сделать вывод о том, что обращаться к первоисточнику нет необходимости.

Существует три основных способа изложения информации в реферате.

---

[2] Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5

*Экстрагирование* - представление информации первоисточника в реферате. Эта методика достаточно проста: референт отмечает предложения, которые затем полностью или с незначительным перефразированием переносятся в реферат-экстракт.

*Перефразирование* - наиболее распространенный способ реферативного изложения. Здесь имеет место частичное текстуальное совпадение с первоисточником. Перефразирование предполагает не использование значительной части сведений оригинала, а перестройку его смысловой и синтаксической структуры. Перестройка текста достигается за счет таких операций, как замещение (одни фрагменты текста заменяются другими), совмещения (объединяются несколько предложений в одно) и обобщение.

*Интерпретация* - это способ реферативного изложения, когда содержание первоисточника может раскрываться либо в той же последовательности, либо на основе обобщенного представления о нем. Разновидностью интерпретированных рефератов могут быть авторефераты диссертаций, тезисы докладов научных конференций и совещаний.

Для качественной подготовки реферата необходимо владеть основными приемами анализа и синтеза, знать основные требования, предъявляемые к рефератам, их структурные и функциональные особенности.

Процесс реферирования делится на пять основных этапов:

1. Определение способа охвата первоисточника, который в данном конкретном случае наиболее целесообразен, для реферирования (общее, фрагментное, аспектное и т.д.).
2. Беглое ознакомительное чтение, когда референт решает вопрос о научно-практической значимости и информационной новизне первоисточника. Анализ его вида позволяет осуществить выбор аспектной схемы изложения реферата.
3. Конструирование текста реферата, которое осуществляется с использованием приемов перефразирования, обобщения, абстрагирования и т.д. Очень редко предложения или фрагменты оригинала используются без изменения. Запись полученных в результате синтеза конструкций осуществляется в последовательности, соответствующей разработанной схеме или плану.
4. Критический анализ полученного текста с точки зрения потребителя реферата.
5. Оформление и редактирование, которые являются заключительным этапом подготовки реферата.

Все, что в первичном документе не заслуживает внимания потребителя реферата, должно быть опущено. Так, в реферат не включаются:

- общие выводы, не вытекающие из полученных результатов;
- информация, не понятная без обращения к первоисточнику;
- общеизвестные сведения;
- второстепенные детали, избыточные рассуждения;
- исторические справки;
- детальные описания экспериментов и методик;
- сведения о ранее опубликованных документах и т. д.

Приемы составления реферата позволяют обеспечить соблюдение основных методических принципов реферирования: адекватности, информативности, краткости и достоверности.

Хотя реферат по содержанию зависит от первоисточника, он представляет собой новый, самостоятельный документ. Общими требованиями к языку реферата являются точность, краткость, ясность, доступность.

По своим языковым и стилистическим средствам реферат отличается от первоисточника, поскольку референт использует иные термины и строит предложения в соответствии со стилем реферата. Наряду с сообщением могут использоваться перифразы. Вместе с тем в ряде случаев стилистика реферата может совпадать с первоисточником, что особенно характерно для расширенных рефератов.

Изложение реферата должно обеспечивать наибольшую семантическую адекватность, семантическую эквивалентность, краткость и логическую последовательность. Для этого

необходимы определенные лексические и грамматические средства. Адекватность и эквивалентность достигаются за счет правильного употребления терминов, краткость - за счет экономной структуры предложений и использования терминологической лексики.

Быстрое и адекватное восприятие реферата обеспечивается употреблением простых законченных предложений, имеющих правильную грамматическую форму. Громоздкие предложения затрудняют понимание реферата, поэтому сложные предложения, как правило, расчленяются на ряд простых при сохранении логических взаимоотношений между ними путем замены соединительных слов, например, местоимениями.

Широко используются неопределенно-личные предложения без подлежащего. Они концентрируют внимание читающего только на факте, усиливая тем самым информационно-справочную значимость реферата.

Реферату, как одному из жанров научного стиля, присущи те же семантико-структурные особенности, что и научному стилю в целом: объективность, однозначность, логичность изложения, безличная манера повествования, широкое использование научных терминов, абстрактной лексики и т.д. В то же время этот жанр имеет и свою специфику стиля: фактографичность (констатация фактов), обобщенно-отвлеченный характер изложения, предельная краткость, подчеркнутая логичность, стандартизация языкового выражения.

Рефераты делятся на информативные (реферат-конспект), индикативные, указательные (реферат-резюме) и обзорные (реферат-обзор)[3]. В основу их классификации положена степень аналитико-синтетической переработки источника.

*Информативные рефераты* включают в себя изложение (в обобщенном виде) всех основных проблем, изложенных в первоисточнике, их аргументацию, основные результаты и выводы, имеющие теоретическую и практическую ценность.

*Индикативные рефераты* указывают только на основные моменты содержания первоисточника. Их также называют реферативной аннотацией.

*Научные рефераты* отражают смысловую сторону образно-тематического содержания. В его основе лежат такие мыслительные операции, как обобщение и абстракция.

*Реферат-резюме* направлен на перечисление основных проблем источника без содержания доказательств.

Реферат, независимо от его типа, имеет единую структуру:

- название реферируемой работы (или выходные данные);
- композиция реферируемой работы;
- главная мысль реферируемого материала;
- изложение содержания;
- выводы автора по реферируемому материалу.

Обычно в самом первоисточнике главная мысль становится ясной лишь после прочтения всего материала, в реферате же с нее начинается изложение содержания, она предшествует всем выводам и доказательствам. Такая последовательность изложения необходима для того, чтобы с самого начала сориентировать читателя относительно основного содержания источника и его перспективной ценности. Выявление главной мысли источника становится весьма ответственным делом референта и требует от него вдумчивого отношения к реферируемому материалу. Иногда эта главная мысль самим автором даже не формулируется, а лишь подразумевается. Референту необходимо суметь сжато ее сформулировать, не внося своих комментариев.

Содержание реферируемого материала излагается в последовательности первоисточника по главам, разделам, параграфам. Обычно дается формулировка вопроса, приводится вывод по этому вопросу и необходимая цепь доказательств в их логической последовательности.

---

[3] Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. - 368с.

Следует иметь в виду, что иногда выводы автора не вполне соответствуют главной мысли первоисточника, так как могут быть продиктованы факторами, выходящими за пределы излагаемого материала. Но в большинстве случаев выводы автора вытекают из главной мысли, выявление которой и помогает их понять.

Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Перечень типичных смысловых частей информационного реферата и используемых в каждой из них типичных языковых средств**

| **Смысловые части реферата** | **Используемые языковые средства** |
|---|---|
| 1. Название реферируемой работы (или выходные данные) | - В. Вильсон. Наука государственного управления // Классики теории государственного управления: американская школа. Под ред. ДЖ. Шафритца, А. Хайда. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – с. 24-42.;<br>- Статья называется (носит название, озаглавлена) |
| 2. Композиция реферируемой работы | - Статья<br>• состоит из……<br>• делится на …..<br>• начинается с…….<br>• кончается (чем?)…….;<br>- В статье можно выделить две части……. |
| 3. Проблематика и основные положения работы | - Статья<br>• посвящена теме (проблеме, вопросу) ……<br>• представляет собой анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) ……..<br>- Автор статьи<br>• ставит (рассматривает, освещает, поднимает, затрагивает) следующие вопросы (проблемы) ……<br>• особо останавливается (на чем?) .....<br>• показывает значение (чего?) ……..<br>• раскрывает сущность (чего?) …….<br>• обращает внимание (на что?) ……<br>• уделяет внимание (чему?) …..<br>• касается (чего?) …….<br>- В статье<br>• рассматривается (что?) ….<br>• анализируется (что?) …..<br>• делается анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) (чего?) ……<br>• раскрывается, освещается вопрос…<br>• обобщается (что?) …….<br>• отмечается важность (чего?) ……<br>• касается (чего?)…..<br>- В статье<br>• показано (что?) ……<br>• уделено большое внимание (чему?) ……<br>• выявлено (что?) …….<br>• уточнено (что?) …….. |
| 4. Аргументация основных положений работы | - Автор<br>• приводит примеры (факты, цифры, данные) …….<br>• иллюстрирует это положение ……..<br>• подтверждает (доказывает, аргументирует) свою точку зрения примерами (данными)…<br>- в подтверждение своей точки зрения автор приводит доказательства (аргументы, ряд доказательств, примеры, иллюстрации, данные, результаты наблюдений)…<br>- Для доказательств своих положений автор описывает<br>• эксперимент ……<br>• в ходе эксперимента автор привлекал … |

| | |
|---|---|
| 5. Выводы, заключения | • выполненные исследования показывают…<br>• приведенные наблюдения (полученные данные) приводят к выводу (позволяют сделать выводы)..<br>• из сказанного можно сделать вывод, что …..<br>• анализ результатов свидетельствует …<br>- На основании проведенных наблюдений (полученных данных, анализ результатов)<br>• был сделан вывод (можно сделать заключение) ….<br>• автор приводит выводы ……. |

Реферат может содержать комментарий референта, только в том случае, если референт является достаточно компетентным в данном вопросе и может вынести квалифицированное суждение о реферируемом материале. В комментарий входят критическая характеристика первоисточника, актуальность освещенных в нем вопросов, суждение об эффективности предложенных решений, указание, на кого рассчитан реферируемый материал.

Комментарий реферата может содержать оценку тех или иных положений, высказываемых автором реферируемой работы. Эта оценка чаще всего выражает согласие или несогласие с точкой зрения автора. Языковые средства, которые используются при этом, рассмотрены в таблице 2.

Таблица 2

**Языковые средства, используемых при оценке те положений, высказываемых автором реферируемой работы**

| **Смысловые части комментарии** | **Используемые языковые средства** |
|---|---|
| Смысловые части комментарии | - Автор<br>• справедливо указывает ….<br>• правильно подходит к анализу (оценке) ….<br>• убедительно доказывает ….<br>• отстаивает свою точку зрения ….<br>• критически относится к работам предшественников …..<br>- Мы<br>• разделяем точку зрения (мнения, оценку) автора ……<br>• придерживаемся подобного же мнения …<br>• критически относимся к работам предшественников ….<br>- Можно согласится с автором, что …..<br>- Следует признать достоинства такого подхода к решению …. |
| Несогласие (отрицательная оценка) | - Автор<br>• не раскрывает содержания (противоречий, разных точек зрения) …<br>• противоречит себе (известным фактам) …….<br>• игнорирует общеизвестные факты …..<br>• упускает из вида …….<br>• не критически относится к высказанному положению ……..<br>• не подтверждает сказанное примерами….<br>- Мы<br>• придерживаемся другой точки зрения (другого, противоположного мнения)<br>• не можем согласиться (с чем?) …<br>• трудно согласиться с автором (с таким подходом к решению проблемы, вопроса, задачи) ….<br>• можно выразить сомнение в том, что …..<br>• дискуссивно (сомнительно, спорно) , что ……<br>• к недостаткам работы можно отнести …… |

В реферате могут быть использованы цитаты из реферируемой работы. Они всегда ставятся в кавычки. Следует различать три вида цитирования, при этом знаки препинания ставятся, как в предложениях с прямой речью.

1. Цитата стоит после слов составителя реферата. В этом случае после слов составителя реферата ставится двоеточие, а цитата начинается с большой буквы. Например:

Автор статьи утверждает: «В нашей стране действительно произошел стремительный рост национального самосознания».

2. Цитата стоит перед словами составителя реферата. В этом случае после цитаты ставится запятая и тире» а слова составителя реферата пишутся с маленькой буквы. Например: «В нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания», - утверждает автор статьи.

3. Слова составителя реферата стоят в середине цитаты. В этом случае перед ними и после них ставится точка с запятой. Например: «В нашей стране, - утверждает автор статьи, - действительно стремительный рост национального самосознания».

4. Цитата непосредственно включается в слова составителя реферата. В этом случае (а он является самым распространенным в реферате) цитата начинается с маленькой буквы. Например: Автор статьи утверждает, что «в нашей стране действительно стремительный рост национального самосознания».

## 4. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

***Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций***. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[4]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[4] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

***Дискуссия*** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

***Метод «мозговой атаки»*** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

***Презентация,*** или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

## 5. Методические рекомендации по составлению тестовых заданий

### *Требования к составлению тестовых заданий*

***Тестовое задание (ТЗ)*** - варьирующаяся по элементам содержания и по трудности единица контрольного материала, сформулированная в утвердительной форме предложения с неизвестным. Подстановка правильного ответа вместо неизвестного компонента превращает задание в истинное высказывание, подстановка неправильного ответа приводит к образованию ложного высказывания, что свидетельствует о незнании студентом данного учебного материала.

Для правильного составления ТЗ необходимо выполнить следующие *требования*:

1. Содержание каждого ТЗ должно охватывать какую-либо одну смысловую единицу, то есть должно оценивать что-то одно.
2. Ориентация ТЗ на получение *однозначного* заключения.
3. Формулировка содержания ТЗ в виде свернутых кратких суждений. Рекомендуемое количество слов в задании не более 15. В тексте не должно быть преднамеренных подсказок и сленга, а также оценочных суждений автора ТЗ. Формулировка ТЗ должна быть в повествовательной форме (не в форме вопроса). По возможности, текст ТЗ не должен содержать сложноподчиненные конструкции, повелительного наклонения («выберите», «вычислите», «укажите» и т.д). Специфический признак (ключевое слово) выносится в начало ТЗ. Не рекомендуется начинать ТЗ с предлога, союза, частицы.
4. Соблюдение единого стиля оформления ТЗ.

### *Требования к формам ТЗ*

ТЗ может быть представлено в одной из четырех стандартизованных форм:

- закрытой (с выбором одного или нескольких заключений);
- открытой;
- на установление правильной последовательности;
- на установление соответствия.

Выбор формы ТЗ зависит от того, какой вид знаний следует проверить. Так, для оценки фактологических знаний (знаний конкретных фактов, названий, имён, дат, понятий) лучше использовать тестовые задания закрытой или открытой формы.

Ассоциативных знаний (знаний о взаимосвязи определений и фактов, авторов и их теорий, сущности и явления, о соотношении между различными предметами, законами, датами) - заданий на установление соответствия. Процессуальных знаний (знаний правильной последовательности различных действий, процессов) - заданий на определение правильной последовательности.

***Тестовое задание закрытой формы***

Если к заданиям даются готовые ответы на выбор (обычно один правильный и остальные неправильные), то такие задания называются заданиями с выбором одного правильного ответа или с единичным выбором.

При использовании этой формы следует руководствоваться правилом: в каждом задании с выбором одного правильного ответа правильный ответ должен быть.

Помимо этого, бывают задания с выбором нескольких правильных ответов или с множественным выбором. Подобная форма заданий не допускает наличия в общем перечне ответов следующих вариантов: «все ответы верны» или «нет правильного ответа».

Вариантов выбора (дистракторов) должно быть не менее 4 и не более 7. Если дистракторов мало, то возрастает вероятность угадывания правильного ответа, если слишком много, то делает задание громоздким. Кроме того, дистракторы в большом количестве часто

бывают неоднородными, и тестируемый сразу исключает их, что также способствует угадыванию.

Дистракторы должны быть приблизительно одной длины. Не допускается наличие повторяющихся фраз (слов) в дистракторах.

***Тестовое задание открытой формы***

В заданиях открытой формы готовые ответы с выбором не даются. Требуется сформулированное самим тестируемым заключение. Задания открытой формы имеют вид неполного утверждения, в котором отсутствует один или несколько ключевых элементов. В качестве ключевых элементов могут быть: число, буква, слово или словосочетание. При формулировке задания на месте ключевого элемента, необходимо поставить прочерк или многоточие. Утверждение превращается в истинное высказывание, если ответ правильный и в ложное высказывание, если ответ неправильный. Необходимо предусмотреть наличие всех возможных вариантов правильного ответа и отразить их в ключе, поскольку отклонения от эталона (правильного ответа) могут быть зафиксированы проверяющим как неверные.

***Тестовые задания на установление правильной последовательности***

Такое задание состоит из однородных элементов некоторой группы и четкой формулировки критерия упорядочения этих элементов.

Задание начинается со слова: «Последовательность».

***Тестовые задания на установление соответствия***

Такое задание состоит из двух групп элементов и четкой формулировки критерия выбора соответствия между ними.

Соответствие устанавливается по принципу 1:1 (одному элементу первой группы соответствует только один элемент второй группы) или 1:М (одному элементу первой группы соответствуют М элементов второй группы). Внутри каждой группы элементы должны быть однородными. Количество элементов второй группы должно превышать количество элементов первой группы. Максимальное количество элементов второй группы должно быть не более 10, первой группы - не менее 2.

Задание начинается со слова: «Соответствие». Номера и буквы используются как идентификаторы (метки) элементов. Арабские цифры являются идентификаторами первой группы, заглавные буквы русского алфавита - второй. Номера и буквы отделяются от содержания столбцов круглой скобкой.

## 6.Требования к написанию и оформлению доклада

***Доклад (или отчёт)*** – один из видов монологической речи, публичное, развёрнутое, официальное, сообщение по определённому вопросу, основанное на привлечении документальных данных.

Обычно любая научная работа заканчивается докладом на специальном научном семинаре, конференции, где участники собираются, чтобы обсудить научные проблемы. На таких семинарах (конференциях) всегда делается доклад по определённой теме. Доклад содержит все части научного отчёта или статьи. Это ответственный момент для докладчика. Здесь проверяются знание предмета исследования, способности проводить эксперимент и объяснять полученные результаты. С другой стороны, люди собираются, чтобы узнать что-то новое для себя. Они тратят своё время и хотят провести время с пользой и интересом. После выступления докладчика слушатели обязательно задают вопросы по теме выступления, и докладчику необходимо научиться понимать суть различных вопросов. Кроме того, на семинаре задача обсуждается, рассматривается со всех сторон, и бывает, что автор узнаёт о своей работе много нового. Часто возникают интересные идеи и неожиданные направления исследований. Работа становится более содержательной. Следовательно, доклад необходим для развития самой науки и для студентов. В этом состоит главное предназначение доклада.

На студенческом семинаре (конференции) всегда подводится итог, делаются выводы, принимается решение или соответствующее заключение. Преподаватель (жюри) выставляет оценку за выполнение доклада и его предъявление, поскольку в учебном заведении данная форма мероприятия является обучающей. Оценки полезно обсуждать со студентами: это помогает им понять уровень их собственных работ. С лучшими сообщениями, сделанными на семинарах, студенты могут выступать впоследствии на студенческих конференциях. Поэтому каждому студенту необходимо обязательно предварительно готовить доклад и учиться выступать публично.

Непосредственная польза выступления студентов на семинаре (конференции) состоит в следующем.

1. Выступление позволяет осуществлять поиск возможных ошибок в постановке работы, методике исследования, обобщении полученных результатов, их интерпретации. Получается, что студенты помогают друг другу улучшить работу. Что может быть ценнее?
2. Выступление дает возможность учиться излагать содержание работы в короткое время, схватывать суть вопросов и толково объяснять существо. Следовательно, учиться делать доклад полезно для работы в любой области знаний.
3. На семинаре (конференции) докладчику принято задавать вопросы. Студентам следует знать, что в научной среде не принято осуждать коллег за заданные в процессе обсуждения вопросы. Однако вопросы должны быть заданы по существу проблемы, исключать переход на личностные отношения. Публичное выступление позволяет студентам учиться корректно, лаконично и по существу отвечать на вопросы, демонстрировать свои знания.

### *Требования к подготовке доклада*

Доклад может иметь форму публичной лекции, а может содержать в себе основные тезисы более крупной работы (например, реферата, курсовой, дипломной работы, научной статьи). Обычно от доклада требуется, чтобы он был:

- точен в части фактического материала и содержал обоснованные выводы;
- составлен с учетом точки зрения адресата;
- посвящен проблемам, непосредственно относящимся к определенной теме;
- разделен на части, логично построенные;
- достаточно обширен, чтобы исчерпать заявленную тему доклада, но не настолько, чтобы утомлять адресата;

- интересно написан и легко читался (слушался);
- понятен, нагляден и привлекателен по оформлению.

Как правило, доклад содержит две части: текст и иллюстрации. Представление рисунков, таблиц, графиков должно быть сделано с помощью компьютера. Компьютер - идеальный помощник при подготовке выступления на семинаре (конференции). Каждая из частей доклада важна. Хорошо подготовленному тексту всегда сопутствует хорошая презентация. Если докладчик не нашёл времени хорошо подготовить текст, то у него плохо подготовлены и иллюстрации. Это неписаное правило.

Доклад строится по определённой схеме. Только хорошая система изложения даёт возможность логично, взаимосвязано, кратко и убедительно изложить результат. Обычно участники конференции знают, что должно прозвучать в каждой части выступления. В мире ежегодно проходят тысячи семинаров, сотни различных конференций, технология создания докладов совершенствуется. Главное - говорить о природе явления, о процессах, проблемах и причинах Вашего способа их решения, аргументировать каждый Ваш шаг к цели.

На следующие вопросы докладчику полезно ответить самому себе при подготовке выступления, заблаговременно (хуже, если подобные вопросы возникнут у слушателей в процессе доклада). Естественно, отвечать целесообразно честно...

1. Какова цель выступления**?**

Или: «Я, автор доклада, хочу...»**:**

- информировать слушателей о чем-то;
- объяснить слушателям что-то;
- обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т.п.) со слушателями;
- спросить у слушателей совета;
- сделать себе PR;
- пожаловаться слушателям на что-то (на жизнь, ситуацию в стране и т.п.).

Т.е. ради чего, собственно, затевается выступление? Если внятного ответа на Вопрос нет, то стоит задуматься, нужно ли такое выступление?

2. Какова аудитория?

На кого рассчитано выступление:

- на студентов;
- на клиента (-ов);
- на коллег-профессионалов;
- на конкурентов;
- на присутствующую в аудитории подругу (друзей)?

3. Каков объект выступления?

О чем собственно доклад, что является его «ядром»**:**

- одна модель;
- серия моделей;
- динамика изменения модели (-ей);
- условия применения моделей;
- законченная методика;
- типовые ошибки;
- прогнозы;
- обзор, сравнительный анализ**;**
- постановка проблемы, гипотеза;
- иное?

Естественно, качественный доклад может касаться нескольких пунктов из приведенного списка...

4. Какова актуальность доклада?

Или: почему сегодня нужно говорить именно об этом?

5. В чем заключается новизна темы?

Или: если заменить многоумные и иноязычные термины в тексте доклада на обычные слова, то не станет ли содержание доклада банальностью?

Ссылается ли автор на своих предшественников? Проводит ли сравнение с существующими аналогами?

Стоит заметить, что новизна и актуальность - разные вещи. Новизна характеризует насколько ново содержание выступления по сравнению с существующими аналогами. Актуальность - насколько оно сейчас нужно. Бесспорно, самый выигрышный вариант - и ново, и актуально. Неплохо, если актуально, но не ново. Например, давняя проблема, но так никем и не решенная. Терпимо, если не актуально, но ново - как прогноз. Пример: сделанный Д.И. Менделеевым в XIX веке прогноз, что в будущем дома будут не только обогревать, но и охлаждать (кондиционеров тогда и вправду не знали).

Но если и не ново и не актуально, то нужно ли кому-то такое выступление?

6. Разработан ли автором план (структура и логика) выступления?

Есть ли логичная последовательность авторской мысли? Или же автор планирует свой доклад в стиле: «чего-нибудь наболтаю, а наглядный материал и вопросы слушателей как-нибудь помогут вытянуть выступление...?»

Есть ли выводы с четкой фиксацией главного и нового? Как они подводят итог выступлению?

7. Наглядная иллюстрация материалов

Нужна ли она вообще, и если да, то, что в ней будет содержаться? Отражает ли она логику выступления?

Иллюстрирует ли сложные места доклада?

Важно помнить: иллюстративный материал не должен полностью дублировать текст доклада. Слушатель должен иметь возможность записывать: примеры, дополнения, подробности, свои мысли... А для этого необходимо задействовать как можно больше видов памяти. Гигантской практикой образования доказано: материал усваивается лучше, если зрительная и слуховая память подкрепляются моторной. Т.е. надо дать возможность слушателям записывать, а не только пассивно впитывать материал.

Следует учитывать и отрицательный момент раздаточных материалов: точное повторение рассказа докладчика. Или иначе: если на руках слушателей (в мультимедийной презентации) есть полный письменный текст, зачем им нужен докладчик? К слову сказать, часто красивые слайды не столько иллюстрируют материал, сколько прикрывают бедность содержания...

8. Корректные ссылки

Уже много веков в научной среде считается хорошим тоном указание ссылок на первоисточники, а не утаивание их.

9. Что останется у слушателей:

- раздаточный или наглядный материал: какой и сколько?
- собственные записи: какие и сколько? И что сделано автором по ходу доклада для того, чтобы записи слушателей не искажали авторский смысл?
- в головах слушателей: какие понятия, модели, свойства и условия применения были передам слушателям?

### *Требования к составлению доклада*

Полезно придерживаться следующей схемы составления доклада на семинаре (конференции).

Время Вашего доклада ограничено, обычно на него отводится 5-7 минут. За это время докладчик может успеть зачитать в темпе обычной разговорной речи текст объёмом не более

3-5-и листов формата А4. После доклада - вопросы слушателей и ответы докладчика (до 3 минут). Полное время Вашего выступления - не более 10-и минут.

Сначала должно прозвучать название работы и фамилии авторов. Обычно название доклада и авторов произносит руководитель семинара (председатель конференции). Он представляет доклад, но допустим и такой вариант, при котором докладчик сам произносит название работы и имена участников исследования. Потраченное время - примерно 30 с.

Следует знать, что название - это краткая формулировка цели. Поэтому название должно быть конкретным и ясно указывать, на что направлены усилия автора. Если в названии менее 10-и слов - это хороший тон. Если больше - рекомендуется сократить. Так советуют многие международные журналы. В выступлении можно пояснить название работы другими словами. Возможно, слушатели лучше Вас поймут, если Вы скажете, какое явление исследуется, что измеряется, что создаётся, разрабатывается или рассчитывается. Максимально ясно покажите, что именно Вас интересует.

***Введение (до 1 мин)***

В этой части необходимо обосновать необходимость проведения исследования и его актуальность. Другими словами, Вы должны доказать, что доклад достоин того, чтобы его слушали. Объясните, почему важно исследовать данное явление. Расскажите, чем интересен выбранный объект с точки зрения науки, заинтересуйте своих слушателей темой Вашего исследования.

Скажите, кто и где решал подобную задачу. Укажите сильные и слабые стороны известных результатов. Учитывайте то, что студенту необходимо учиться работать с литературой, анализировать известные факты. Назовите источники информации, Ваших предшественников по имени, отчеству и фамилии и кратко, какие ими были получены результаты. Обоснуйте достоинство Вашего способа исследования в сравнении с известными результатами. Учтите, что студенческое исследование может быть и познавательного характера, то есть можно исследовать известный науке факт. Поясните, чем он интересен с Вашей точки зрения. Ещё раз сформулируйте цель работы и покажите, какие задачи необходимо решить, чтобы достигнуть цели. Что нужно сделать, создать, решить, вычислить? Делите целое на части - так будет понятнее и проще.

***Методика исследования (до 30 сек.)***

Методика, или способ исследования, должна быть обоснована. Поясните, покажите преимущества и возможности выбранной Вами методики при проведении экспериментального исследования.

***Теоретическая часть (до 1 мин)***

Эта часть обязательна в докладе. Редкий случай, когда можно обойтись без теоретического обоснования предстоящей работы, ведь экспериментальное исследование должно базироваться на теории. Здесь необходимо показать сегодняшний уровень Вашего понимания проблемы и на основании теории попытаться сформулировать постановку задачи. Покажите только основные соотношения и обязательно дайте комментарий. Скажите, что основная часть теории находится в содержании работы (реферате).

***Экспериментальная часть (для работ экспериментального типа) (1,5-2 мин.)***

Покажите и объясните суть проведённого Вами эксперимента. Остановитесь только на главном, основном. Второстепенное оставьте для вопросов.

*Результаты работы (до 1 мин.)*

1. Перечислите основные, наиболее важные, на Ваш взгляд, результаты работы.
2. Расскажите, как он был получен, укажите его характерные особенности.
3. Поясните, что Вы считаете самым важным и почему.
4. Следует ли продолжать исследование, и, если да, то в каком направлении?
5. Каким результатом можно было бы гордиться? Остановитесь на нём подробно.

6. Скажите, что следует из представленной вами информации.

7. Покажите, удалось ли разобраться в вопросах, сформулированных при постановке задачи. Обязательно скажите, достигнута ли цель работы. Закончено ли исследование?

8. Какие перспективы?

9. Покажите, что результат Вам нравится.

***Выводы (до 1 мин.)***

Сжато и чётко сформулируйте выводы. Покажите, что твёрдо установлено в результате проведённого теоретического или экспериментального исследования. Что удалось надёжно выяснить? Какие факты заслуживают доверия?

***Завершение доклада***

Поблагодарите всех за внимание. Помните: если Вы закончили свой доклад на 15 секунд раньше, все останутся довольны и будут ждать начала вопросов и дискуссию. Если Вы просите дополнительно ещё 3 минуты, Вас смогут потерпеть. Это время могут отнять от времени для вопросов, где Вы могли бы показать себя с хорошей стороны. Поэтому есть смысл предварительно хорошо "вычитать" (почти выучить) доклад. Это лучший способ научиться управлять временем.

***Требования к предъявлению доклада во время выступления***

Докладчику следует знать следующие приёмы, обеспечивающие эффективность восприятия устного публичного сообщения.

*Приемы привлечения внимания*

1. Продуманный первый слайд презентации.
2. Обращение.
3. Контакт глаз.
4. Позитивная мимика.
5. Уверенная пантомимика и интонация.
6. Выбор места.

*Приемы привлечения интереса*

В формулировку актуальности включить информацию о том, в чём может быть личный интерес слушателей, в какой ситуации они могут его использовать?

*Приемы поддержания интереса и активной мыслительной деятельности слушателей*

1. Презентация (образы, схемы, диаграммы, логика, динамика, юмор, оформление).
2. Соответствующая невербальная коммуникация (все составляющие!!!).
3. Речь логичная, понятная, средний темп, интонационная выразительность.
4. Разговорный стиль.
5. Личностная вовлеченность.
6. Образные примеры.
7. Обращение к личному опыту.
8. Юмор.
9. Цитаты.
10. Временное соответствие.

*Приемы завершения выхода из контакта*

- обобщение;
- метафора, цитата;
- побуждение к действию.

## 7. 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 Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой 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. 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 [5].

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).

---

[5] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[6].

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. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

## 8. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих

[6]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

## 9.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 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 (от доски смелом до самых современных технических средств), 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. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо

дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 10.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.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

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, логико-графическими схемами.

## 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;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации по написанию

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

# Б1.О.08 ПСИХОЛОГИЯ КОМАНДНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И САМОРАЗВИТИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Автор: Полянок О.В., к.пс.н., доцент

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Управления персоналом | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А. | Осипов П.А... |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

СОДЕРЖАНИЕ....2
ВВЕДЕНИЕ....3
1. Общие указания по написанию контрольной работы....4
2. Структура и содержание контрольной работы....6
3. Оформление контрольной работы....6
4. Типичные ошибки студентов при написании контрольной работы....11
5. Критерии оценивания контрольной работы....12
6. План выполнения контрольной работы ( по вариантам)....13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ....16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ....17

# ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа является одной из форм текущего контроля знаний студентов. Контрольная работа- индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Контрольная работа – самостоятельный труд студента, который способствует углубленному изучению материала**.** Целью выполнения контрольной работы является:

- получить специальные знания по выбранной теме;

-углублённому изучению пройденного материала.

Основные задачи контрольной работы заключаются в:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;

2) выработке навыков самостоятельной работы;

3) выяснение подготовленности студента к будущей практической работе

4)приобретение, систематизация и расширение знаний;

5)формирование умений н навыков работы с монографической и другой научной литературой, а также нормативными документами;

6)развитие умения правильно формулировать и раскрывать теоретические положения, аргументировать самостоятельные выводы и предложения на основе сопоставления различных мнений и взглядов;

7)овладение терминологией.

Учебным планом специальности, предусматривается написание контрольной работы по дисциплине. Данный вид письменной работы выполняется по темам выбранным самостоятельно. Перечень тем разрабатывается преподавателем.

## 1. Общие указания по написанию контрольной работы

Тему контрольной работы необходимо выбрать по соответствующей схеме: номер темы определяется согласно начальной букве фамилии (см. табл.)

| Начальная буква фамилии студента | № варианта контрольной работы |
|---|---|
| АБВГДЕ | 1. |
| ЖЗИКЛМ | 2. |
| НОПРС | 3. |
| ТУФХЦЧ | 4. |
| ШЩЭЮЯ | 5. |

Процесс подготовки к написанию и написания контрольной работы по можно разделить на ряд этапов:

-выбора темы;

-составления плана, подбора необходимой учебной и научной литературы, нормативного и фактологического материала;

-предварительного изучения источников;

-написания чернового варианта контрольной работы и его обработки, оформления контрольной работы и представления её на кафедру;

-в случае отклонения работы кафедрой или её неудовлетворительной оценки, доработки и переработки исходного текста.

После того, как тема контрольной работы определена, её выполнение следует продолжить составлением плана. Значение плана состоит в том, что он определяет основные цели работы, очерчивает круг тех вопросов, которые нужно осветить для полного и всестороннего раскрытия темы, позволяет избежать пробелов, повторений, освещения не относящихся к теме вопросов и обеспечить последовательность, логичность изложения материала.

При составлении плана студенту следует в точности придерживаться содержания того плана избранного им для написания варианта темы контрольных работ, который рекомендован кафедрой. Дополнять или сокращать его, самостоятельно включая туда новые основные вопросы и подвергая редакционной правке или опуская старые, обучающийся не имеет права.

Последующим этапом в действиях студента по подготовке к написанию контрольной работы должно стать изучение им необходимого минимума литературы по избранной теме. Для этого обучающийся должен собрать все те материалы – учебные пособия, справочники, словари и иные источники учебной или научной информации, – которые рекомендованы кафедрой в перечне литературы, обязательной для ознакомления с данной темой. Кроме того, для расширения и детализации отдельных вопросов обучающийся может использовать дополнительную литературу (монографии, брошюры, статьи из газет и журналов, аналитические записки), которую он подбирает самостоятельно. При этом следует учитывать, что лучше подбирать литературу последних изданий, активно используя при этом библиографические справки и систематические каталоги, оглавления, аннотации и предметные указатели книг и брошюр. Изучая литературу и иные источники, необходимо делать заметки, записывать наиболее интересные высказывания авторов и свои собственные мысли. Делать это следует на отдельных листах или карточках, группируя их затем по вопросам плана. По завершении сбора и изучения литературы обучающийся должен ещё раз продумать план с тем, чтобы приступить далее к составлению чернового варианта контрольной работы.

При написании текста контрольной работы уже в черновом варианте изложение каждого вопроса необходимо начать с постановки проблемы, с выяснения её содержания. Затем нужно переходить к её анализу, при необходимости – для определения исходного пункта анализа, формулировки основополагающих положений,

определений или понятий, либо для подтверждения своих мыслей – приводя цитаты, однако увлекаться ими студенту не стоит. Излагаемый материал необходимо органически увязать с современностью, практической деятельностью.

Черновик контрольной работы целесообразно писать на отдельных листах и только с одной стороны, оставляя большие поля и просветы между абзацами. Это даст возможность легко внести необходимые поправки, дополнения, осуществить перестановку абзацев и убрать повторения. По окончании работы над черновым вариантом его следует внимательно прочесть, тщательно отредактировать и переписать (перепечатать) набело, соблюдая правила оформления, изложенные ранее в настоящих методических рекомендациях. Только в таком виде контрольная работа может быть представлена на кафедру.

Контрольные работы, оформление и содержание которых соответствует требованиям, установленным кафедрой для письменных работ по данной учебной дисциплине, рецензируется отметкой «допущена к защите». Одновременно в хранящемся на кафедре журнале учёта рецензирования контрольных работ делается запись о том, что контрольная работа проверена и допускается для последующей защиты. После защиты работы студентов остаются на кафедре, где хранятся в течение одного года и затем уничтожаются.

Если содержание или оформление письменной контрольной работы будет признано преподавателем неудовлетворительным, то такая работа оценивается отметкой «не допущена к защите». В этом случае на лицевой или оборотной стороне обложки контрольной работы, либо на прилагаемом к ней отдельном листе, пишется отзыв (рецензия), в котором указываются конкретные причины, по которым данная контрольная работа была оценена неудовлетворительно, и указываются пути устранения выявленных недостатков.

Не допущенная контрольная работа вместе с рецензией возвращается кафедрой через методиста студенту на переделку или доработку. Последний обязан внимательно ознакомиться с письменным отзывом (рецензией) преподавателя, с его пометками в тексте и на полях работы. Если замечания касаются оформления, то ему следует переоформить работу в соответствии с указаниями преподавателя. Если замечания относятся к содержанию, то студенту путём дополнительного изучения необходимых источников и материалов необходимо следующим образом доработать или переработать исходный текст:

- на вопросы, которые были освещены неправильно, сформулировать правильные ответы;
- на неосвещённые вопросы дать ответы;
- на вопросы, освещённые неполно, подготовить дополнения к ответам.

Доработанная или переработанная контрольная работа представляется обучающимся на кафедру, при этом, если сроки её фактического предоставления не совпадут по времени с итоговой аттестацией студента по данной дисциплине, кафедра имеет право не допустить его до прохождения итоговой аттестации до завершения проверки указанной контрольной работы.

По всем возникшим вопросам студенту следует обращаться за консультацией преподавателю. Срок выполнения контрольной работы определяется преподавателем и она должна быть сдана не позднее, чем за неделю до экзамена/ зачета.

Перед сдачей контрольной работы студент проверяет его в системе «Антиплагиат» (http://www.antiplagiat.ru/), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования реферата в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования реферата в данной системе (с указанием процента авторского текста), студент в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста реферата, который не подлежит доработке или замене.

В случае отрицательной оценки, студент должен ознакомиться с замечаниями и, устранив недостатки, повторно сдать работу на проверку.

## 2. Структура и содержание контрольной работы

Работа должна включать титульный лист, оглавление, введение, основную часть, состоящую из нескольких разделов или параграфов, заключение, список источников и литературы.

Во **«введении»** необходимо кратко раскрыть значение и актуальность изучаемого вопроса (темы), назвать основные задачи работы, ее хронологические рамки, обосновать структуру, дать краткий обзор источников и литературы по теме.

Обзор источников и литературы не должен сводиться к перечислению использованного автором нормативного материала и опубликованных статей. В нем следует дать анализ источников и литературы. В зависимости от объема и целевого назначения работы, обзор источников и литературы может быть представлен отдельным параграфом или разделом в основной части работы.

**Основная часть** контрольной работы должна быть изложена в соответствии с планом, освещать состояние и содержать анализ рассматриваемых вопросов с учетом современного уровня развития теоретических знаний и опыта практической работы организаций.

При раскрытии той или иной темы студент должен стремиться подробно и глубоко изложить круг вопросов, входящих в нее. По мере рассмотрения материала отдельные положения контрольной работы следует иллюстрировать примерами из литературы и, по возможности, из практики работы конкретных архивов с обязательными ссылками на литературу и источники.

В **заключении** контрольной работы необходимо подвести итоги теоретической и практической разработки вопросов.

**Список источников и литературы** представляет собой перечень использованных работ по теме, в котором указываются фамилии и инициалы автора (авторов), название работы, место, время ее опубликования и страницы.

## 3. Оформление контрольной работы

Перед тем, как рассмотреть оформление заголовков, отметим, что работа обычно печатается 14-м размером шрифта Times New Roman (это не регламентируется ГОСТом, однако используется в большинстве отечественных высших учебных заведений). Общепринятый междустрочный интервал – 1,5. На каждой странице должны присутствовать стандартные поля (сверху и снизу – по 2 см, слева – 3 см, справа – 1 см).Объем контрольной работы-15-20 страниц машинописного текста.

Работа нумеруется с помощью арабских цифр, начиная со страницы введения. Она в общей структуре следует под номером «3».

Контрольная по ГОСТу 2018, пример которой (фрагменты) в иллюстративном виде подаем в данной статье, должна содержать заголовки первого и иногда второго уровней. Правила их присутствия в исследовании такие:

1. заголовки выравниваются по центру или по правому краю (этот момент выясняют у научного руководителя или в методичке);
2. названия структурных элементов (ОГЛАВЛЕНИЕ, ЗАДАНИЕ 1, ЗАДАНИЕ 2 ЗАКЛЮЧЕНИЕ) прописываются заглавными буквами;
3. используется тот же размер шрифта, что и для основного текста (по умолчанию – 14);
4. заголовки выделяют полужирным начертанием;
5. между заголовком и текстом оставляют две пустые строчки;

6. переносы, авторские сокращения, точки в конце заголовков не используются;

7. новые разделы и подразделы начинаются с чистого листа.

Каждый новый раздел основной части начинается с новой страницы. Это же правило относится и к другим структурным частям работы: введению, заключению, списку источников и литературы, приложениям.

Расстояние между заголовком и последующим текстом, а также расстояние между заголовком главы и параграфа должно быть равно одному межстрочному интервалу. Расстояние между последней строкой предыдущего параграфа и названием следующего параграфа – два межстрочных интервала. Точку в конце заголовка, расположенного в середине строки, не ставят. Подчеркивать заголовки и переносить слова в заголовке нельзя.

**Нумерация** страниц проставляется арабскими цифрами, в центре нижней части листа без точки, начиная с третьей страницы. На титульном листе и содержании номера страниц не ставятся. Необходимо соблюдать сквозную нумерацию во всей работе. Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию.

**Иллюстрации.** Часть информации, содержащейся в курсовой работе, оформляется в виде иллюстраций (чертежи, схемы, графики, таблицы, фотоматериалы). Они могут располагаться в тексте или помещаться в приложении. Но в любом случае на каждую иллюстрацию в тексте должны быть ссылки. Иллюстрации, расположенные в тексте имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами. Причем, отдельно нумеруются рисунки, отдельно таблицы. Иллюстрации расположенные в приложениях располагаются под номерами приложений. Ссылки на них в тексте предполагают обращение к соответствующим приложениям.

**Оформление рисунков и иллюстраций**

Иллюстрации размещаются в тексте по мере необходимости для пояснения текста. Они могут располагаться как в самом тексте, сразу после текста, к которому они относятся, или в конце. Иллюстрации должны соответствовать регламентам ЕСКД и СПДС. Иллюстрации пронумеровываются сквозной нумерацией арабскими цифрами. Исключение составляют иллюстрации, размещённые в приложениях. В этом случае применяется отдельная нумерация арабскими цифрами для иллюстраций приложения с добавлением обозначения данного приложения. Например,- Рисунок В-2.

Можно иллюстрации нумеровать в рамках раздела. При этом ее номер включает в себя номер раздела и номер самой иллюстрации в разделе. Пример,- Рисунок 3.2.

В случае необходимости иллюстрации могут иметь пояснения, образуя, так называемый, подрисуночный текст. Сначала идёт пояснительный текст к рисунку, затем сам рисунок с нумерацией и его наименование.

**Оформление рисунков по ГОСТ-образцу**

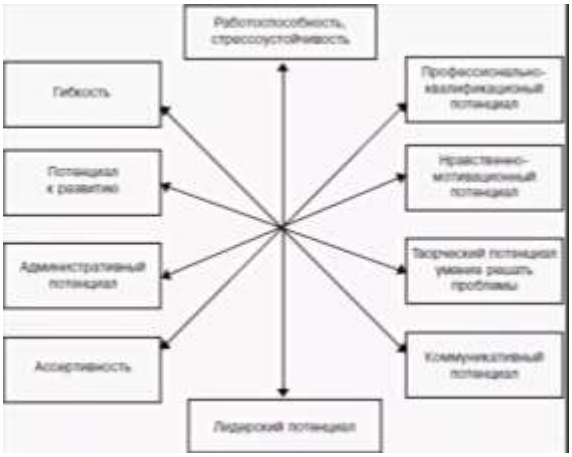


*Рисунок 1*- Элементы трудового потенциала сотрудника

На все иллюстрации в документе в обязательном порядке должны быть даны ссылки в тексте с указанием порядкового номера.

Иллюстрации в виде чертежей, графиков, схем, диаграмм, размещённые в статье представляются отдельными графическими изображениями и файлами электронных документов.

Подсказки по оформлению рисунков. Эта подборка подсказок поможет ответить на наиболее популярные вопросы, которые возникают у студентов при оформлении рисунков в различных видах научных работ: если рисунков в работе немного, лучше размещать их в основном тексте, а не в приложениях; подписи к рисункам должны быть предельно лаконичными; рисунок должен быть качественным, чтобы все его элементы были четкими, при несоблюдении этого требования, работу могут вернуть на доработку; если размеры рисунков не позволяют поместить их на формат А4, уменьшите объекты до нужного размера, однако следите за тем, чтобы при этом сохранилась четкость изображения; очень большие схемы, разрешается печатать их на листах формата А3; рисунок, схема, чертеж и т.д. должны быть на одной странице с подписью к ним. Рисунки в научных работах могут размещаться в основном тексте или же в приложениях. Очень важно сразу определиться, какой формат подачи будет использоваться, чтобы потом не тратить время на переделывание.

**Таблицы**

Таблицы, задействованные в работе, должны быть ссылки в основном тексте. Их пишем так: см. Таблицу 1. Окошко таблицы вставляем сразу после абзаца, в котором на нее ссылаемся. У каждой таблички имеется номер. Его и проставляем. Как правило, применяется сквозная нумерация во всей работе, либо нумерация в рамках раздела. Если прибегаем к нумерации в рамках раздела проставляем два знака, разделенные точкой. Например: Таблица 4.7 . Четверка здесь говорит о разделе, семерка о номере таблицы по порядку в разделе.

Для текста таблицы берется шрифт Times New Roman, выполняемый 12 кеглем (используется для написания всего текста внутри таблицы) и 14 кеглем (для названий) с одинарным междустрочным интервалом. По ширине таблички заполняют все имеющееся поле.

Оформление таблиц по ГОСТу 2018 года выдвигает несколько иные требования к таблицам в приложениях – их следует нумеровать немного иначе. В нумерации здесь присутствует буква – наименование приложения и порядковый номер таблицы (арабская цифра). Пример: Таблица А.3

Понятно, что слово «Таблица» пишется полностью, без сокращений с большой буквы. Размещают его слева, над верхней ограничительной табличной линией. Каждая таблица имеет заголовок, который указывается рядом со словом «Таблица».

**Таблица 1.2. Признаки эффективных и неэффективных команд**

| Критерии различий | Эффективная команда | Неэффективная команда |
|---|---|---|
| Внедрение инноваций | Регулярно отслеживает все достижения в своей сфере деятельности в целях их использования для реализации миссии и целей. Участники применяют свои уникальные компетенции в работе над задачами команды | Замыкается на решении своей задачи имеющимися в распоряжении средствами. |
| Отношение к новым идеям | Предложения членов команды получают развитие и поддержку. Группа часто генерирует общие идеи | Новые предложения с трудом находят поддержку. Требуется лоббирование интересов. |
| Повышение производительности труда | Наблюдается рост производительности труда. Участники воспринимают работу как собственное дело. Члены группы достаточно мотивированы, чтобы продолжать работу в отсутствие руководителей. Низкий уровень текучести кадров. | Не наблюдается роста производительности труда. Участники относятся к работе как наемники. Для успешной работы в группе нужно непосредственное присутствие руководителя. Высокий уровень текучести кадров |
| Обеспечение высокого качества работы | Высокое качество работы достигается за счет консенсуса в понимании работы команды и роли каждого члена группы. Все участники коллектива разделяют миссию и цели команды. | Невысокое качество работы. Много времени теряется из-за нарушений процесса работы и противоречий между руководителями и подчиненными. Нет понимания организационных целей и роли группы в их достижении. |

**Выполнение заголовка таблицы по ГОСТу 2018**

Оформление таблиц по ГОСТу 2018 года предполагает, что заголовок таблицы содержит такие составляющие части:

1. Само название графического элемента – «Таблица»;
2. Номер таблицы по порядку арабскими цифрами;
3. Необходимый знак тире и название с большой буквы.

Наименование должно быть кратким, точным и отражать ее содержимое. При расположении его над самой таблицей абзацный отступ не соблюдается. Набирается предложение одной строкой, без точки в конце.

Пример: Таблица 2.8 – Наименование

**Ошибки при оформлении таблиц**

Когда речь идет об оформлении таблиц по ГОСТу 2018 года, существуют нюансы, которые ни в коем случае нельзя нарушать. Первое – запрещается ставить кавычки или схожие элементы вместо повторяющихся частей таблицы.

Второе – не рекомендуется оставлять ячейки без данных. Можно вставить прочерк (символ «тире»), но не бросать пустую.

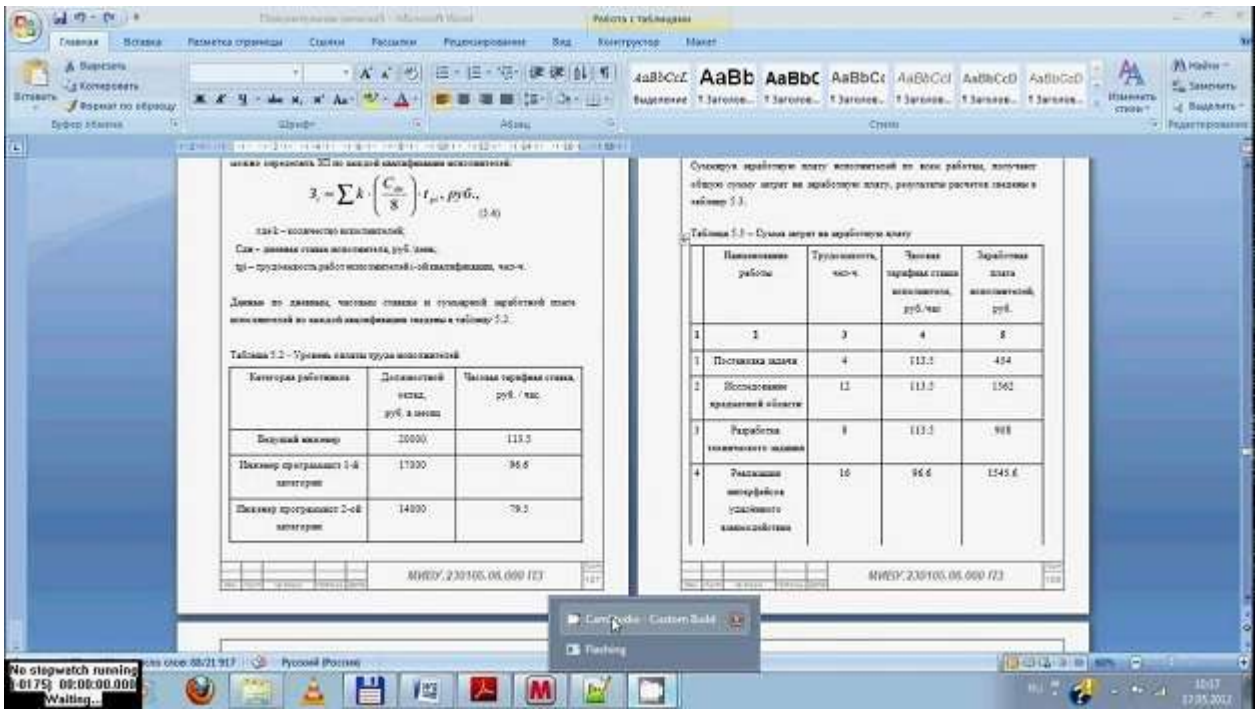
Третье – отрывать тему таблицы от самих ячеек при переносе с предыдущей страницы на следующую нельзя. Рекомендуется указывать наименование, делать «шапку», под ней пару – тройку табличных строчек, и лишь после переносить основную часть таблицы на новую страницу. Начальный кусочек горизонтальной чертой не подчеркиваем. Над второй частью таблицы набираем с левой стороны «Продолжение таблицы» с номером. Название помещают только над первой частью таблицы.

Например: Продолжение таблицы 3.

При подготовке текстовых документов с использованием программных средств надпись «Продолжение таблицы» допускается не указывать.

Запрещается заголовки набирать лишь строчными буквами. С заглавной буквы в единственном числе набирают наименования табличных столбцов и строчек; подзаголовки пишутся строчными буквами (когда имеется смысловое продолжение заголовка) или с прописной (в случаях указания самостоятельной смысловой составляющей). Не следует ставить в конце заголовков и подзаголовков точки. Разрешается надписывать столбцы и вертикально, и горизонтально.

Таблицу без графической сетки использовать не разрешается. Очерчивать строки с данными в некоторых редких случаях не обязательно, но верхушка таблицы с наименованиями всегда очерчивается ограничительной линией.



В работах не используют заимствованные таблицы без указания первоисточника. Информация располагается под таблицей, с абзаца.

**Ссылки**

Правила составления библиографических ссылок распространяющиеся на оформление цитирования интернет-источников, ссылок на кинофильмы, а также в случае специфичных текстов, как диссертация, манускрипты. Основные правила оформления ссылок на источники указаны в **ГОСТ Р 7.0.5-2008.**

1. Пример первичной ссылки на источник: Ссылки вставляются прямо в тексте научной работы в виде [1, С. 2] или просто [1]. Сами ссылки должны вести на список использованных источников, первая цифра – порядковый номер, вторая – страница местонахождения цитируемой информации
2. Список источников оформляется в алфавитном порядке в конце научной статьи.

В **список литературы и источников** помещаются только те произведения, которые привлекались автором в тексте основной части и во введении, что отражено в текстах сносок.

**Пример оформления списка литературы по ГОСТу 2018** демонстрирует, что все источники должны быть расположены в определенном порядке:

1. в первую очередь указываются законодательные акты (международные, государственные, муниципальные) и официальная статистика;
2. далее следуют источники на русском языке;
3. после них в алфавитном порядке располагают книги и документы, изданные на иностранных языках;
4. в завершение указываются электронные ресурсы, использованные для написания текста.

Стандартно, в ссответствии с ГОСТ, располагают книги и статьи в алфавитном порядке, по фамилии автора.

**Пример оформления списка литературы по ГОСТу 2018 (книги и статьи с одним или несколькими авторами)**

Приведем пример оформления списка литературы по ГОСТу 2018 для источников с одним или несколькими авторами (учебники, монографии и т.д.).

Общепринятая схема здесь такова: фамилия автора, инициалы (после запятой или без нее), наименование книги, косая черта, после которой указывается тип книги.

Далее город, где издана книга, наименование издательства, год и количество страниц.

Более наглядно эту схему демонстрирует пример:

1. Пример оформления книги: Галов, М. Т. История средних веков. Ч.2. Древние Греция и Рим / М. Т. Галов. – 2-е изд., доп. – М.: Юника, 2016. – 333 с.
2. Пример оформления журнальной статьи: Арманова, Л. Г. К вопросу об установлении империи в Риме / Л. Г. Арманова // Вопросы истории. – 2016. — №3. — С. 20-25. Здесь применяется стандартная схема оформления статьи: автор – название статьи – наименование журнала – год выпуска – номер страницы).
3. Пример оформления электронного источника: Протченкова, Т. М. Психологический словарь [Электронный ресурс] / Т.М. Протченкова / Р. М. Никеев // Психология: науч.-метод. журн. – 2014.— № 15. – Режим доступа: http://… – (Дата обращения: 20.09.2018).

**Оформление приложений**

Приложения бывают двух видов: информационные и обязательные. Информационные приложения могут носить справочный и рекомендуемый характер.

Требования редакции журналов ВАК В тексте обязательно даются ссылки на все приложения. А сами приложения располагаются в порядке очерёдности ссылок на них в тексте. Исключение составляет Приложение «Библиография», которое всегда следует последним.

Каждое приложение начинается на новой странице с указанием его названия и под ним в скобках помечают «обязательное», если оно обязательное и «рекомендуемое» или «справочное», ели оно информационное.

Приложения обозначаются русскими или латинскими заглавными буквами, которые следуют за его названием и имеют сквозную нумерацию страниц со всем текстом.

Документы, которые содержатся в приложении, обозначаются его заглавной буквой и имеют свой номер в этом приложении. Если имеется содержание текста, то в нём обязательно указываются все приложения с их номерами и заголовками.

Окончательный вариант текста работы необходимо распечатать и вставить в папку-скоросшиватель. Законченный и оформленный в соответствии с техническими требованиями реферат подписывается студентом и представляется в распечатанном и в электронном виде в срок, обозначенный преподавателем.

Перед сдачей контрольной работы студент проверяет его в системе «Антиплагиат» (http://www.antiplagiat.ru/), пишет заявление о самостоятельном характере работы, где указывает процент авторского текста, полученный в результате тестирования работы в данной системе. Информацию, полученную в результате тестирования работы в данной системе (с указанием процента авторского текста), студент в печатном виде предоставляет преподавателю вместе с окончательным вариантом текста работы, который не подлежит доработке или замене.

## 4. Типичные ошибки студентов при написании контрольной работы

В студенческих контрольных работах присутствуют повторяющиеся ошибки, во избежание которых рекомендуется обратить внимание на следующие замечания:

1. Во введении работы не указаны цели и задачи исследования, в результате чего по внешним характеристикам она превращается в обычное сообщение. Цель работы должна соответствовать ее теме, а задачи, призванные раскрыть цель в соответствующих параграфах.

2. Заключение работы не соответствует поставленным во введении целям и задачам, в результате чего теряется логика исследования. Заключение должно включать обобщения, давать четкие и неоднозначные ответы (выводы) на цели и задачи.

3. Отсутствует собственный анализ нормативной базы,в то время как это должно лежать в основе вашего исследования. Без собственной интерпретации источников контрольная работа теряет свою авторскую позицию.

4. Иногда не совсем ясна логика в структуре работы, в распределении материала по параграфам. Это свидетельствует о том, что студент еще не полностью усвоил выбранную тему. Четкость структуры и изложения свидетельствует о четкости мысли,

5. Неправильное оформление списка литературы с библиографической точки зрения (что наиболее часто встречается в контрольных работах). Это замечание принципиально, так как научная жизнь имеет собственную культуру, приобщение к которой – одна из задач высшего образования.

6. Использование устаревшей литературы в качестве основной. Иногда студенты ссылаются на монографии даже 1960-80-х гг.Нужно понимать, что в научной литературе, изданной ранее 1990-х гг., существовали совершенно иные подходы, что было обусловлено идеологией того времени. Между тем эту литературу можно и нужно использовать качестве исторических источников, предварительно дав ей критический анализ.

7. Студенты оставляют недостаточно времени для написания работы. Хотя вопрос о сроках - индивидуальный, но качественная работа создается в течение недель и месяцев, а не дней или часов.

При написании контрольной работы каждый студент может получить индивидуальные консультации, которые проводятся раз в неделю.

## 5. Критерии оценивания контрольной работы

Критерии оценки письменной контрольной работы ·

- Использование монографической и специальной литературы;
- Разработанность заданий и обоснованность выводов;
- Стиль изложения и творческий подход к написанию;
- Оформление контрольной работы.

Защита контрольной работы проходит в индивидуальном порядке при личном собеседовании с преподавателем на контрольном занятии по дисциплине.

**Критерии оценки:**

*Оценка за выполнение контрольной работы* определяется простым суммированием баллов:

| Критерии оценки контрольной работы | Количество баллов |
|---|---|
| Многоаспектность анализа проблемы | 0-2 |
| Умение применять теоретические знания к реальной ситуации задания (наличие иллюстративных примеров) | 0-2 |
| Наличие выводов | 0-2 |
| Соответствие требованиям оформления | 0-1 |
| Использование мультимедийных технологий | 0-2 |
| Соблюдение норм литературной речи, грамотность, владение профессиональной терминологией | 0-1 |

| | |
|---|---|
| Итого | 0-10 |

9-10 баллов (85-100%) - оценка «зачтено»
7-8 баллов (70-84%) - оценка «зачтено»
5-6 баллов (50-69%) - оценка «зачтено»
0-4 баллов (0-49%) - оценка «не зачтено»

## 6. План выполнения контрольной работы ( по вариантам)

***Вариант 1:***

1. Дайте характеристику основных ролей менеджера. Какие из них, на ваш взгляд, наиболее адекватны лидерским функциям? Обоснуйте свое мнение.

2. Анализ ситуации.

Несмотря на то, что Ирина П. и Сергей Г. работали в соседних отделах, по роду деятельности пересекались очень редко. Как правило, это были общие совещания, планерки и корпоративные празднования. Однажды на очередной коллективной встрече между ними завязался спор по одному профессиональному вопросу, который касался организации работы между сотрудниками их отделов. Начав с замечаний по поводу недостатков работы соседних кабинетов, они перешли на личные оскорбления, и только когда их общий руководитель попросил успокоиться, они прекратили публичные разборки.

После этого они старались избегать общения друг с другом, объясняя это тем, что просто не могут найти общий язык. Прошло время, и в результате горизонтального перемещения по карьерной лестнице Сергей оказывается в одном отделе с Ириной. После перехода Сергея в отдел, где работала Ирина, их неприязнь стала совсем очевидной. Что бы ни сказала Ирина, Сергей всегда комментировал ее слова в язвительной форме. Они не упускали момента, чтобы подколоть друг друга. Руководитель отдела поговорила с обоими, и вроде все прекратилось. Но на самом деле негативное отношение не исчезло, а стало тщательно скрываться. Напряжение росло. Коллеги стали выражать антипатию друг к другу, соревнуясь в работе. Старались опередить друг друга с решением рабочих вопросов, быстрее другого выполнить свои задачи и показать руководителю, что лучше справляется с заданиями. Проработав рядом с Сергеем три месяца в состоянии активной борьбы, Ирина перестала стараться. Она сдала позиции, приняла тактику равнодушия и безучастия, в то время как Сергей отлично справлялся со своей работой и показывал высокие результаты. Через какое-то время Ирина решилась на откровенный разговор с руководителем отдела и объяснила ситуацию. Руководитель в ответ принял решение отправить Ирину на курсы повышения квалификации и через два месяца поставил ее на должность ведущего специалиста, в результате чего Сергей стал ее подчиненным.

Вопросы и задания*

а) Кто из участников выбрал неверную модель поведения?
б) Можно ли было избежать конфликта?
в) От кого это зависело?
г) Смогут ли коллеги наладить отношения?

*Обоснование ответа проиллюстрируйте примерами из текста задания

***Вариант 2***

1. Охарактеризуйте и проиллюстрируйте конкретными примерами классификацию взаимоотношений в коллективе (Р.Блейк и Дж. Мутон).

2. Анализ ситуации.

В мае, незадолго до летнего отпуска, руководитель отдела г-н Амт оказался очень загруженным. Не успевая выполнить весь объем работы, он дал своим сотрудникам

свободу принятия решений, при этом просил не беспокоить его по пустякам и действовать самостоятельно.

Вернувшись после отпуска, руководитель возвращает все «на круги своя». Теперь он уже не может найти себе достаточный объем работы. Он вмешивается во все дела, любое решение принимает только лично и вновь повторяет, что как шеф он должен вникать во всякую мелочь. К рождеству его активность заметно спадает, и наиболее активным сотрудникам вновь удается расширить поле своей деятельности. После рождественских каникул кривая активности шефа вновь ползет вверх до тех пор, пока он весной опять не начинает чувствовать усталость, и достигает своего полного спада вновь ко времени отпуска.

Вопросы и задания*

а) Как бы Вы охарактеризовали метод руководства г-на Амта?

б) Как, по Вашему мнению, сказываются на удовлетворенности работой подчиненных сезонные кривые активности начальника?

в) Эффективно ли волевое делегирование полномочий в каких-либо ситуациях?

г) Как бы Вы определили делегирование полномочий и почему?

д) Сформулируйте цель делегирования полномочий.

*Обоснование ответа проиллюстрируйте примерами из текста задания

***Вариант 3***

1. Объясните роль установок и стереотипов в поведении человека. Дайте перечень установок и стереотипов подчиненных, определяющих их отношение к руководителю и к профессиональной деятельности.

2. Проанализируйте ситуацию

Один из легендарных руководителей Америки Генри Форд был известен большим количеством высказыванием, приемов, методов, которые приписываются ему как весьма популярному лидеру. Один из, возможно, его приемов позволяет оценить уровень осознанности кандидата. претендующего на высокую руководящую должность.

Генри Форд подводил кандидата, который по итогам серии собеседований доходил до его уровня к автомобилю и сам садился на пассажирское сидение, а кандидату предлагал сесть за руль. За тем в течение 5-7 минут Форд просил кандидата тронуться с места, ехать быстрее или медленнее, повернуть то в одну сторону, то в другую. Наконец, заехав куда-то в глушь, он спрашивал кандидата:

- А теперь объясните мне, пожалуйста, для чего мы приехали именно сюда?

Далее:

- Если кандидат начинал оправдываться, что выполнял указания Форда, то этого человека категорически не брали в компанию.
- Если кандидат находил неожиданный, креативный ответ, желательно с чувством юмора, то Форд рекомендовал кандидата в департамент продаж и больше не имел желания встречаться с ним.
- Если кандидат начинал уточнять цель поездки во время оной, его Форд рекомендовал в инженеры или руководители низового уровня.
- В топ-менеджеры брали только того, кто интересовался целью поездки до того, как трогался с места

Вопросы и задания:*

а) Обоснуйте каждое из решений Г. Форда (компетенции, функциональные обязанности и т.д.)

*Обоснование ответа проиллюстрируйте примерами из текста задания

***Вариант 4***

1. Проанализируйте влияние определенных факторов на формирование социально-психологического климата в коллективе. Назовите конкретные показатели, которые характеризуют его состояние. Приведите примеры.

2. Анализ ситуации

Вы – руководитель отдела Х. В штате Вашего отдела работает сотрудник-«звезда». Находится на хорошем счету у начальства, работает давно, ведет самостоятельные проекты. Ему напрямую (от высшего руководства) был поручен важный проект. Вы несколько раз запрашивали отчет по проекту, предлагали помощь. Однако сотрудник отказывался от помощи и игнорировал Ваш контроль. Накануне отчетного срока Вы узнаете, что проект не выполнен более чем на 50%. На следующей неделе состоится совещание, на котором речь пойдет и о данном проекте.

Вопросы и задания*:

а) Каковы будут Ваши действия в этой ситуации?

б) Разработайте методы постановки задач «звезде», мотивацию «звезды».

*Обоснование ответа проиллюстрируйте примерами из текста задания

***Вариант 5***

1. Охарактеризуйте проявление личностных качеств человека, принимающего решения, при оценке и выборе альтернатив. Приведите примеры.

2. Проанализируйте ситуацию

Генеральный директор попросил руководителя по персоналу принять на работу супругу очень важного для компании партнера. Должность при этом не имела значения, так как женщина последние 10 лет нигде не работала и хотела просто больше быть среди людей. Никаких амбиций по поводу карьеры в компании она не заявляла. Основная цель была в том, чтобы женщина почувствовала себя востребованной, частью коллектива с самым простым набором задач, так как полученную когда-то квалификацию все равно уже утратила. Не осмелившись предлагать бывшую домохозяйку руководителям подразделений, глава отдела персонала приняла ее к себе специалистом по кадрам.

Учитывая, что первое образование претендентки – курсы секретаря референта – было получено более 10 лет назад, новой сотруднице предложили три варианта трудовой деятельности: – ходить на работу и за компьютером заниматься своими делами; – не ходить на работу, но числиться в отделе; – освоить простейшие функции и выполнять их по возможности. В результате основным навыком, который она приобрела за время адаптации, стал прием входящих документов, внесение учетной записи, раскладывание документов по папкам. В течение нескольких месяцев все были довольны, и работа выполнялась своим чередом.

Через полгода освободилось место ведущего специалиста по документообороту. Пока решали, найти ли человека со стороны или выбрать из своих, генеральный директор вызвал руководителя отдела персонала с предложением повысить недавно принятую протеже по просьбе партнера. Зная, какие функции супруга выполняет и что в отделе есть те, кто больше подходит на должность ведущего специалиста, руководитель не могла назначить ее на эту должность, но и генерального директора она не могла поставить в неудобное положение перед партнером.

Вопросы и задания*:

а) Как, по Вашему мнению, должна поступить глава отдела персонала в данной ситуации?

б) Можно было избежать такой проблемы?

в) Как повлияет на психологический климат в коллективе повышение супруги партнера, если гендиректор настоит на своем решении?

*Обоснование ответа проиллюстрируйте примерами из текста задания

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контрольная работа**,** как одна из форм, способствующих успешному контролю учебного процесса, открывает для студента возможность проявить умение выполнять самостоятельную работу по сбору и анализу материала, научиться делать грамотные выводы, развить умение работать со специальными литературными источниками, научиться критически подходить к их осмыслению и сравнению с уже имеющимися у него знаниями. Также студент, создавая контрольную работу, учится грамотно и прилежно оформлять собственный труд. Таким образом, студент, используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) добросовестное выполнение заданий;

2) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

3) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

4) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями;

5) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Методические рекомендации по оформлению работы по ГОСТ-2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vyuchit.work/samorazvitie/sekretyi/oformlenie-risunkov-po-gostu.html

2.Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

3.Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

# Б1.О.09 МАТЕМАТИКА

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Заславская С. В., доцент, к.т.н.

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
| Математики | горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Сурнев В.Б. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 27.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

*Типовые контрольные задания.*

Контрольная 1

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Решить систему уравнений Методом Крамара: AX=B | 1 |
| 2 | Матричным методом: AX=B, $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -2 \end{pmatrix}$ | 1 |
| 3 | Найти площадь треугольника ABC, A(3,2,1), B(-1,4,3), C(1,2,4) | 1 |
| 4 | Вычислить предел $\lim\limits_{x \to 0} \frac{\sin 5x}{6x}$ | 1 |
| 5 | Найти расстояние от точки A до прямой BC, где A(1,3), B(5,0), C(2,1) | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти обратную матрицу $A^{-1}$, матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 3 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$ | 1 |
| 2 | Написать уравнение плоскости $M_1$, $M_2$, $M_3$, где $M_1$ (1,-1,2), $M_2$(3,2,1), $M_3$ (0,1,2) | 1 |
| 3 | Найти пересечение прямых<br>2x – 3y = 1, 3x + 5y = -2 | 1 |
| 4 | Вычислить предел:<br>$\lim\limits_{x \to 1} \frac{x^3 + 2x^2 - 1}{1000x^2 - 2}$ | 1 |
| 5 | Построить кривую: $x^2 + 2y^2 - 4y + 4 = 0$ | 1 |

Контрольная 2

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные<br>$\int x+\frac{2}{x}\,dx, \quad \int \frac{\ln^4 x}{x}\,dx, \quad \int e^{-2x}x\,dx$ | 2 |
| 2 | Определенный интеграл. Вычислить площадь фигуры:<br>$y=2x-x^2$ , $y=-x+2$ | 0.5 |
| 3 | Решить дифференциальное уравнение:<br>$y''+6y'+9y = 7xe^{-3x}$ | 1 |
| 4 | Найти gradU, где $U=x^2y+z^2x+x$ в точке P (1,0,1) | 0.5 |
| 5 | Решить задачу Коши:<br>$y''=\sin\frac{x}{5}, \quad y(0)=1, \quad y'(0)=0$ | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные<br>$\int sin^2x\,dx, \quad \int \frac{dx}{x^2+2x}, \quad \int \frac{dx}{sin^2 4x}$ | 1 |
| 2 | Определенный интеграл. Найти объем тела вращения плоской фигуры: $y=0, y=x^2, x=1$ вокруг оси OX | 1 |
| 3 | Решить дифференциальное уравнение:<br>$yy'=\frac{1-2x}{y}$ | 1 |
| 4 | Найти частное решение уравнения:<br>$y''+4y'-5y = 0$, y(0)=1, $y'(0)=0$ | 1 |
| 5 | Найти частные производные функции:<br>$z=x^2y+\sin(xy)$ | 1 |

Контрольная 3

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n(n-1)}{2}}}{n^3}$ | 1 |
| 2 | Разложить в ряд функцию: $f(x) = (1+x)^{\frac{1}{3}}$ | 1 |
| 3 | Найти область сходимости: $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^{2n}}{n9^n}$ | 1 |
| 4 | Вычислить: $\iint_D x^2 + y^2\, dx\, dy$ D: $y = x^3, y = 0, x = 2$ | 1 |
| 5 | Вычислить работу силы $\vec{F}\{xy, x^2y^2\}$ вдоль кривой $y = x^3$ от точки (1,1) до точки (2,8) | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Признак Коши сходимости степенного ряда. Исследовать сходимость по Коши $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3}$ | 1 |
| 2 | Найти область сходимости степенного ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4^n(x-2)^{en}}{n}$ | 1 |
| 3 | Разложить в ряд по степеням x - 1 функцию $f(x) = \ln x$ | 1 |
| 4 | Найти объем тела, ограниченного поверхностями: $y = x^2, y = 0, 2y + x - 1 = 0$ | 1 |
| 5 | Найти центр масс плоской однородной пластины: $y^2 = x, y = x^2$ | 1 |

Зачет 1
Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Решить систему уравнений матричным методом: AX=B $A=\begin{pmatrix}2 & 1 & -1\\ 3 & 1 & 0\\ 1 & 1 & 2\end{pmatrix}, B=\begin{pmatrix}1\\ 2\\ -1\end{pmatrix}$ | 1 |
| 2 | Векторы. Найти площадь треугольника ABC, где A(3,2,1), B(-1,4,2), C(0,1,3) | 1 |
| 3 | Первый замечательный предел. Найти $\lim\limits_{x\to 0}\frac{1-\cos 2x}{3x^2}$ | 1 |
| 4 | Производная, определение. Найти производные функций $cos^2 x * 3^{x^2}, \frac{ln^2 x}{x^2+2x}$ | 1 |
| 5 | Найти асимптоты функции $f(x)=\frac{x}{x+2}$ | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Написать уравнение плоскости $M_1$, $M_2$, $M_3$, где $M_1$ (3,0,4), $M_2$(1,2,3), $M_3$ (-1,4,5) | 1 |
| 2 | Вычислить предел: $\lim\limits_{x\to\infty}\frac{5x^3+x^2}{x^3-3x+1}$ Правило нахождения пределов частного двух многочленов при x→∞ | 1 |
| 3 | Построить функцию: $x^2+y^2+2x+3y-4=0$ | 1 |
| 4 | Определение производной. Найти производные: $x^3 * \ln(x^2+1), \quad \frac{sin^2 x}{x^3+1}$ | 1 |
| 5 | Исследовать функцию и построить график $y=x^4-4x^2$ | 1 |

Зачет 2

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные:<br>$\int \frac{dx}{3-2x}$, $\int \frac{\cos x\,dx}{sin^2 x}$, $\int \frac{x}{x^2+x+1}dx$ | 1 |
| 2 | Определенный интеграл. Вычислить площадь фигуры, ограниченный<br>$\begin{cases} x = 5(t - sint) \\ y = 5(1 - cost) \end{cases}$ – параметрическое уравнение арки циклоида | 1 |
| 3 | Найти экстремум функции двух переменных:<br>$z = x^2 - xy - y^2 + x + y$ | 1 |
| 4 | Найти общее решение дифференциального уравнения:<br>$(1 + x^2)y' + (1 + y)y = 0$ | 1 |
| 5 | Найти частное решение уравнения<br>$y''$+4$y'$+5y = 0, y(0)=1, $y'(0) = 0$ | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные:<br>$\int (x+5)^2 dx$, $\int (x+1)sinxdx$, $\int \frac{dx}{2x^2+2x-1}$ | 1 |
| 2 | Определенный интеграл. Найти объем тела вращения вокруг оси OX фигуры $y = 0,\ y = x^2 - 1,\ x = 0$ | 1 |
| 3 | Найти производную функции $U = x * \ln(x^2 + y^2) + 2z^2$ по направлению $\overrightarrow{PQ}$, где P (1,0,1), Q (-1,3,7) | 1 |
| 4 | Найти общее решение дифференциального уравнения: $xy'' = 2$ | 1 |
| 5 | Найти частное решение дифференциального уравнения:<br>$y''$+2$(y')^3$ = 0, y(0)=0, $y'(0) = 1$ | 1 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

# Б1.О.09 МАТЕМАТИКА

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Заславская С. В., доцент, к.т.н.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Математики | горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Сурнев В.Б. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 27.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**БИЛЕТ №1**

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Решить систему уравнений: AX=B $A=\begin{pmatrix}1 & 2 & -4\\ 3 & 1 & 0\\ 2 & 2 & 2\end{pmatrix}, B=\begin{pmatrix}2\\ 1\\ 4\end{pmatrix}$ | 0,5 |
| 2 | Вычислить площадь треугольника ABC, где A(2,3,-1), B(4,4,2), C(0,1,3) | 0,5 |
| 3 | Определение производной. Основные формулы дифференцирования. Найти производные: $\ln\frac{(x^2+1)}{\sqrt[3]{x^3+2x}}$ | 1 |
| 4 | Определенный интеграл, геометрический смысл. Вычислить площадь фигуры, ограниченный линиями $y=0, y=x^2, y=3$ | 1 |
| 5 | Найти первообразные: $\int (x+1)sinxdx$ , $\int \frac{x^3-3x^2}{2x}dx$ | 1 |
| 6 | Функции нескольких переменных. Найти частные производные первого порядка функции: $z=x*sinxy$ | 1 |
| 7 | Дифференциальные уравнения первого порядка. Найти общее решение уравнений: $sin^2xy'=y^2$, $y'e^{2x}=y$ | 2 |
| 8 | Решить задачу Коши для уравнений второго порядка: $y''+6y'+9y=2x$, $y(0)=1$, $y'(0)=0$ | 1 |
| 9 | Степенные ряды. Разложить в ряд функцию: $y=e^{x^2}$ | 1 |
| 10 | Нормальный закон распределения случайной величины. Найти вероятность P (1<x≤3), a=4 – математическое ожидание. σ=3 среднеквадратичное отклонение. | 1 |

**БИЛЕТ № 2**

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти длины и углы треугольника ABC, где A(3,1,2), B(4,0,2), C(2,-1,3) | 1 |
| 2 | Первый замечательный предел. Найти: $\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{sin2x}{3x}$ | 0,5 |
| 3 | Исследовать функцию. $y = e^{x^2}$. Экстремум возрастания, убывания. Точки перегиба | 1 |
| 4 | Определенный интеграл, геометрический смысл. Вычислить объем тела вращения вокруг оси OX фигуры: $y = 3, y = x^2, x = 0$ | 0.5 |
| 5 | Функции нескольких переменных. Найти производную $\frac{\partial z}{\partial u}$, если $z(x,y) = 2xy^2, x(u,v) = \sin(2u - v), y(u,v) = u^2$ | 1 |
| 6 | Дифференциальные уравнения первого порядка. Найти общее решение уравнений: $y' = sinx * y, \qquad yy' = \dfrac{1-2x}{y^2}$ | 2 |
| 7 | Найти частные решения уравнений: $y''+4y' - 5y = 0$, y(0)=1, $y'(0) = 1$ | 1 |
| 8 | Числовые ряды. Область сходимости. Найти область сходимости ряда: $\sum\limits_{n=1}^{\infty}\dfrac{(n^3+1)x^n}{3^n}$ | 1 |
| 9 | Найти координаты центра тяжести плоской однородной пластины: $y = 0, \quad y = x, \quad x = 3$ | 1 |
| 10 | Закон распределения дискретной случайной величины. Биномиальный закон распределения. Привести пример. | 1 |

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Решить систему уравнений Методом Крамара: AX=B | 1 |
| 2 | Матричным методом: AX=B, $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -2 \end{pmatrix}$ | 1 |
| 3 | Найти площадь треугольника ABC, A(3,2,1), B(-1,4,3), C(1,2,4) | 1 |
| 4 | Вычислить предел $\lim\limits_{x \to 0} \frac{\sin 5x}{6x}$ | 1 |
| 5 | Найти расстояние от точки A до прямой BC, где A(1,3), B(5,0), C(2,1) | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти обратную матрицу $A^{-1}$, матрицы $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -1 \\ 3 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$ | 1 |
| 2 | Написать уравнение плоскости $M_1$, $M_2$, $M_3$, где $M_1$ (1,-1,2), $M_2$(3,2,1), $M_3$ (0,1,2) | 1 |
| 3 | Найти пересечение прямых<br>2x – 3y = 1, 3x + 5y = -2 | 1 |
| 4 | Вычислить предел:<br>$\lim\limits_{x \to 1} \frac{x^3 + 2x^2 - 1}{1000x^2 - 2}$ | 1 |
| 5 | Построить кривую: $x^2 + 2y^2 - 4y + 4 = 0$ | 1 |

Контрольная 2

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные<br>$\int x+\frac{2}{x}\,dx, \quad \int \frac{\ln^4 x}{x}\,dx, \quad \int e^{-2x}x\,dx$ | 2 |
| 2 | Определенный интеграл. Вычислить площадь фигуры:<br>$y = 2x - x^2$ , $y = -x + 2$ | 0.5 |
| 3 | Решить дифференциальное уравнение:<br>$y''$+6$y'$+9y = 7x$e^{-3x}$ | 1 |
| 4 | Найти gradU, где $U = x^2y + z^2x + x$ в точке P (1,0,1) | 0.5 |
| 5 | Решить задачу Коши:<br>$y'' = \sin\frac{x}{5}, \quad y(0) = 1, \quad y'(0) = 0$ | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные<br>$\int sin^2x\,dx, \quad \int \frac{dx}{x^2+2x}, \quad \int \frac{dx}{sin^2 4x}$ | 1 |
| 2 | Определенный интеграл. Найти объем тела вращения плоской фигуры: $y = 0, y = x^2, x = 1$ вокруг оси OX | 1 |
| 3 | Решить дифференциальное уравнение:<br>$yy' = \frac{1-2x}{y}$ | 1 |
| 4 | Найти частное решение уравнения:<br>$y''$+4$y'$-5y = 0, y(0)=1, $y'(0) = 0$ | 1 |
| 5 | Найти частные производные функции:<br>$z = x^2y + \sin(xy)$ | 1 |

Контрольная 3

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Исследовать сходимость ряда<br>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n(n-1)}{2}}}{n^3}$ | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | Разложить в ряд функцию:<br>$f(x) = (1+x)^{\frac{1}{3}}$ | 1 |
| 3 | Найти область сходимости:<br>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-1)^{2n}}{n9^n}$ | 1 |
| 4 | Вычислить:<br>$\iint_D x^2 + y^2\, dx\, dy$<br>D: $y = x^3, y = 0, x = 2$ | 1 |
| 5 | Вычислить работу силы $\vec{F}\{xy, x^2y^2\}$ вдоль кривой $y = x^3$ от точки (1,1) до точки (2,8) | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Признак Коши сходимости степенного ряда. Исследовать сходимость по Коши<br>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3}$ | 1 |
| 2 | Найти область сходимости степенного ряда<br>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4^n(x-2)^{en}}{n}$ | 1 |
| 3 | Разложить в ряд по степеням x - 1 функцию<br>$f(x) = \ln x$ | 1 |
| 4 | Найти объем тела, ограниченного поверхностями:<br>$y = x^2, y = 0, 2y + x - 1 = 0$ | 1 |
| 5 | Найти центр масс плоской однородной пластины: $y^2 = x, y = x^2$ | 1 |

*Типовые контрольные задания и материалы*
*зачеты*

Зачет 1
Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Решить систему уравнений матричным методом: AX=B $A=\begin{pmatrix}2 & 1 & -1\\ 3 & 1 & 0\\ 1 & 1 & 2\end{pmatrix}, B=\begin{pmatrix}1\\ 2\\ -1\end{pmatrix}$ | 1 |
| 2 | Векторы. Найти площадь треугольника ABC, где A(3,2,1), B(-1,4,2), C(0,1,3) | 1 |
| 3 | Первый замечательный предел. Найти $\lim\limits_{x\to 0}\frac{1-\cos 2x}{3x^2}$ | 1 |
| 4 | Производная, определение. Найти производные функций $cos^2 x * 3^{x^2}, \frac{ln^2 x}{x^2+2x}$ | 1 |
| 5 | Найти асимптоты функции $f(x)=\frac{x}{x+2}$ | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Написать уравнение плоскости $M_1$, $M_2$, $M_3$, где $M_1$ (3,0,4), $M_2$(1,2,3), $M_3$ (-1,4,5) | 1 |
| 2 | Вычислить предел: $\lim\limits_{x\to\infty}\frac{5x^3+x^2}{x^3-3x+1}$ Правило нахождения пределов частного двух многочленов при x→∞ | 1 |
| 3 | Построить функцию: $x^2+y^2+2x+3y-4=0$ | 1 |
| 4 | Определение производной. Найти производные: $x^3 * \ln(x^2+1), \quad \frac{sin^2 x}{x^3+1}$ | 1 |
| 5 | Исследовать функцию и построить график $y=x^4-4x^2$ | 1 |

Зачет 2

Билет 1

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные:<br>$\int \frac{dx}{3-2x}$, $\int \frac{\cos x\,dx}{sin^2 x}$, $\int \frac{x}{x^2+x+1}dx$ | 1 |
| 2 | Определенный интеграл. Вычислить площадь фигуры, ограниченный<br>$\begin{cases} x = 5(t - sint) \\ y = 5(1 - cost) \end{cases}$ – параметрическое уравнение арки циклоида | 1 |
| 3 | Найти экстремум функции двух переменных:<br>$z = x^2 - xy - y^2 + x + y$ | 1 |
| 4 | Найти общее решение дифференциального уравнения:<br>$(1 + x^2)y' + (1 + y)y = 0$ | 1 |
| 5 | Найти частное решение уравнения<br>$y''$+4$y'$+5y = 0, y(0)=1, $y'(0) = 0$ | 1 |

Билет 2

| № | Задание | Балл |
|---|---|---|
| 1 | Найти первообразные:<br>$\int (x+5)^2 dx$, $\int (x+1)sinxdx$, $\int \frac{dx}{2x^2+2x-1}$ | 1 |
| 2 | Определенный интеграл. Найти объем тела вращения вокруг оси OX фигуры $y = 0,\ y = x^2 - 1,\ x = 0$ | 1 |
| 3 | Найти производную функции $U = x * \ln(x^2 + y^2) + 2z^2$ по направлению $\overrightarrow{PQ}$, где P (1,0,1), Q (-1,3,7) | 1 |
| 4 | Найти общее решение дифференциального уравнения: $xy'' = 2$ | 1 |
| 5 | Найти частное решение дифференциального уравнения:<br>$y''$+2$(y')^3$ = 0, y(0)=0, $y'(0) = 1$ | 1 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Коршунов И. Г., Житова Л. П.**

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельных и контрольных работ*

по дисциплине

## Б1.О.10 ФИЗИКА

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Екатеринбург

*Типовые контрольные задания и материалы*

*Тест:*

Перед началом выполнения тестов следует внимательно изучить теоретический материал и ответить на вопросы, имеющиеся в учебниках и учебных пособиях по дисциплине Физика. В тестах нужно выбрать только один правильный ответ из числа предложенных.

Тест 1

1. Какие утверждения справедливы для идеального газа?

1. Взаимодействие молекул на расстоянии отсутствует.
2. Уравнение Менделеева-Клапейрона описывает состояние газа.
3. Молекулы газа взаимодействуют на расстоянии.
2. Внутренняя энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергии взаимодействия молекул газа.
3. Собственным объемом молекул можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится.

1) 4; 2) 1; 3) 2;

4) 5; 5) 1, 2, 5.

2. Воздух в комнате состоит из смеси газов: кислорода, азота, углекислого газа, паров воды и др. Какие из физических параметров этих газов обязательно одинаковы при тепловом равновесии?

1) парциальное давление; 2) температура;
3) концентрация; 4) объем.

3. Абсолютная температура газа уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз изменилась средняя квадратичная скорость молекул?

1. Уменьшилась в 2 раза.
2. Не изменилась.
3. Уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз.
4. Увеличилась в 2 раза.
5. Уменьшилась в 4 раза.

4. Укажите численное значение универсальной газовой постоянной.

1) 8, 31·$10^{23}$ Дж/(моль К); 2) 1,38·$10^{-23}$ Дж/К; 3) 6,02·$10^{23}$ моль$^{-1}$;
4) 8, 31 Дж/(моль); 5) 8, 31 Дж/(моль К).

5. Молекулы какого газа обладают наименьшим числом степеней свободы?

1. Водорода; 2. Азота; 3. Гелия; 4. Кислорода; 5. Углекислого газа.

6. Какие утверждения могут служить формулировкой второго начала термодинамики?

1. Энтропия – скалярная физическая величина, характеризующая состояние системы, приращение которой при обратимом процессе равно количеству приведенного тепла, полученному системой в этом процессе
2. На круговом процессе система не может совершать работу без подвода энергии извне или совершать работу, большую, чем подводимая извне энергия.

3. Невозможно периодически действующее устройство, которое превращало бы тепло в работу полностью
4. Невозможно периодически действующее устройство, которое совершало бы работу бóльшую, чем подводимое тепло

1) 1; 2) 2; 3) 2, 3, 4;

4) 3; 5) 4.

7. Что называется молярной теплоемкостью идеального газа?

1. Работа, совершаемая одним молем газа при нагревании на 1 К.

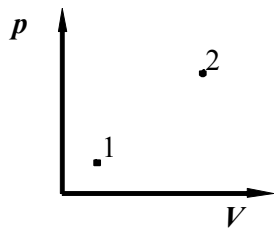
2. Изменение внутренней энергии газа при нагревании моля на 1 К.

3. Количество теплоты для нагревания одного моля газа на 1 К.

4. Количество теплоты для нагревания 1 кг газа на 1 К.

5. Изменение внутренней энергии газа при нагревании 1 кг на 1 К.

8. Газ переходит из состояния 1 в состояние 2. В первом случае сначала по изохоре, а затем по изобаре, а в другом случае, наоборот, сначала по изобаре, а затем по изохоре. Сравните работу, совершаемую системой в двух случаях, и сообщаемое системе количество теплоты.




1) одинаковое;
2) в первом случае работа больше и количество теплоты больше;
3) во втором случае работа больше и количество теплоты больше;
4) в первом случае работа меньше, а количество теплоты больше.

9. Первый закон термодинамики в дифференциальной форме записывается так:

1) $\delta Q = \delta A + dV$;
2) $\delta Q = A + dU$;
3) $Q = A + \Delta U$;
4) $\delta Q = \delta A + dU$;
5) $dQ = dA + dU$.

10. Тепловая машина с КПД 60 % получает за цикл от нагревателя 100 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за цикл холодильнику?

1) 40 Дж; 2) 60 Дж; 3) 100 Дж; 4) 160 Дж.

Тест 2

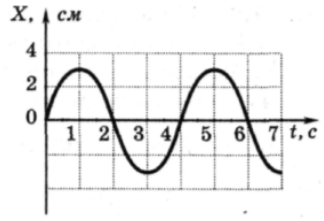
1. Укажите формулу для расчета периода колебаний пружинного маятника:

1) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; 2) $T = \sqrt{\frac{g}{l}}$; 3) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$;

4) $T = 2\pi\sqrt{LC}$; 5) $T = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

2. При свободных колебаниях за одно и то же время первый математический маятник совершает одно колебание, а второй — три. Нить первого маятника в…
1) 9 раз длиннее; 2) 3 раза длиннее; 3) √3 раз длиннее ;
4) √3 раз короче.

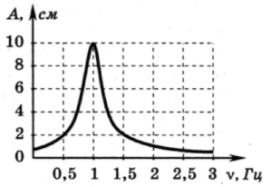
3. На рисунке дан график зависимости координаты тела от времени.




Частота колебаний тела равна

1) 0,12 Гц; 2) 0,5 Гц; 3) 0,25 Гц; 4) 4 Гц.

4. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно




1) 10; 2) 2; 3) 5; 4) 4.

5. Полная механическая энергия пружинного маятника увеличилась в 2 раза. Как изменилась амплитуда колебаний?
1) увеличилась в √2 раз 2) уменьшилась в 2 раза
3) увеличилась в 2 раза 4) уменьшилась в √2 раз

6. Укажите уравнение затухающих колебаний.
1) $x = A e^{-\beta t} \sin\omega t$; 2) $x = A \sin(\omega t + \varphi)$;
3) $x = A \cos(\omega t + \varphi)$; 4) $x = A \sin(\omega t + \pi)$;
5) $x = A \cos(\omega t + \pi/2)$.

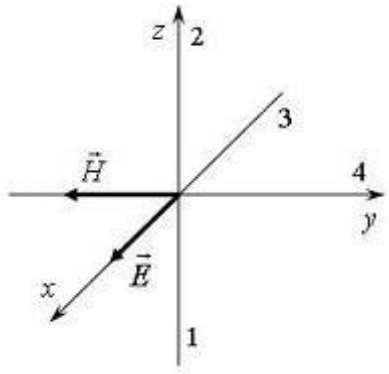
7. Выберите определение вынужденных колебаний. Вынужденными называются такие колебания, в процессе которых колеблющаяся система…
1) совершает колебания по закону синуса;
2) подвергается воздействию внешней периодически изменяющейся силы;
3) предоставлена самой себе;
4) подвергается воздействию постоянной внешней силы;
5) совершает колебания по закону косинуса.

8. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами. Амплитуда результирующего колебания минимальна при разности фаз складываемых колебаний равной…
1) 0; 2) кратной четному числу π; 3) кратной нечетному числу π.

9. По участку цепи сопротивлением R идет переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. В некоторый момент времени действующее значение напряжения на этом участке цепи уменьшили в 2 раза, а его сопротивление уменьшили в 4 раза. При этом мощность тока
1) уменьшилась в 4 раза
2) уменьшилась в 8 раз
3) не изменилась
4) увеличилась в 2 раза

10. На рисунке показана ориентация векторов напряженности электрического (*E*) и магнитного (*H*) полей в электромагнитной волне. Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении...

1) 3; 2) 4; 3) 1; 4) 2.




Тест 3

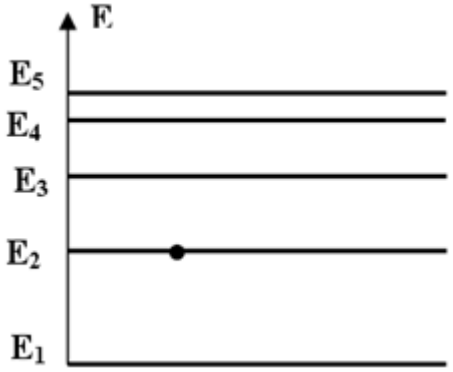
1. Несостоятельность планетарной модели атомов по Резерфорду заключается в следующем:

А. Силы притяжения между электроном и ядром настолько велики, что электроны должны упасть на ядро.

Б. Спектр излучения атомов должен быть сплошным, а не линейчатым.

1) только А; 2) только Б; 3) А и Б; 4) ни А, ни Б.

2. На рисунке приведена диаграмма энергетических уровней некоторого атома. Электрон находится на втором стационарном уровне. Сколько спектральных линий могут наблюдаться в спектре поглощения этого атома?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5 .

3. В таблице приведены значения энергии для первых четырех энергетических уровней атома водорода. Излучение с наибольшей длиной волны, наблюдаемое как отдельная линия в спектре испускания водорода, может быть получено при переходе между энергетическими уровнями

| n | Энергия, $10^{-19}$ Дж |
|---|---|
| 1 | -21,8 |
| 2 | -5,3 |

| | |
|---|---|
| 3 | -2,4 |
| 4 | -1,3 |

1) с n = 4 на n = 1
2) с n=1 на n = 4
3 ) с n = 4 н а n = 3
4) с n = 3 н а n = 4

4. Согласно постулатам Бора, частота электромагнитного излучения, возникающего при переходе атома из возбужденного состояния с энергией $E_1$ в основное состояние с энергией $E_o$, вычисляется по формуле (с — скорость света, $h$ — постоянная Планка)

1) $\frac{E_1 + E_0}{h}$ 2) $\frac{E_1 - E_0}{h}$ 3) $\frac{ch}{E_1 - E_0}$ 4) $\frac{ch}{E_0 + E_1}$

5. Групповая скорость длины волны де Бройля…
1) больше скорости света в вакууме;
2) равна скорости частиц;
3) зависит от квадрата длины волны;
4) равна скорости света в вакууме;
5) не имеет смысла как физическая величина.

6. Какие утверждения справедливы в случае соотношения неопределенностей для энергии и времени?
А. Частота излученного фотона имеет неопределенность $\Delta\nu = \Delta E/h$, т.е. линии спектра характеризуются частотой $\nu \pm \Delta E/h$ и должны быть размыты;
В. Невозможно с бесконечной точностью знать энергию частицы и время ее пребывания в этом энергетическом состоянии4
С. Если частица существует в каком то состоянии бесконечно долго, то энергия этого состояния известна точно;
Д. Зная ширину спектральной линии, можно оценить порядок времени пребывания атома в возбужденном состоянии.
1) А,В, С. 2) В, С, Д. 3) В,Д. 4) А,В,С,Д.

7. Стационарным уравнением Шредингера для линейного гармонического осциллятора является уравнение …

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$ 2) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2})\psi = 0$ 4) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E + \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi = 0$

8. Какие утверждения справедливы при описании состояния электрона?
А. Если орбитальное квантовое число ($l = 0$), то состояние электрона называется s - состоянием; ($l = 1$) - $p$ – состоянием; ($l = 2$) - d – состоянием.
В. Значение главного квантового числа $n$ указывается перед условным обозначением орбитального квантового числа и определяет энергетические уровни электрона в атоме: 3s ( $n = 3$, $l = 0$ ).
С. Орбитальное квантовое число ($l$ ) определяет момент импульса электрона в атоме:

($l = 0, 1, 2, \ldots$).

Д. Квантовые числа $n$ и $l$ характеризуют ориентацию электронного облака в пространстве.

1) А,В,Д; 2) А,В,С,Д; 3) В,С; 4) А,В,С.

9. Фазовая скорость фотона равна…

1) скорости света в вакууме с; 2) $c^2 / v$; 3) v; 4) $d\omega / dk$.

10. Частица в потенциальной яме шириной $l$ находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале $l/4$, равноудаленном от стенок ямы.

1) 0,091; 1) 0,027; 3) 0,5; 4) 0,91.

*Контрольная работа:*

1. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением 1,2 м/с$^2$, останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки? /60 м; 10 с/

2. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°С. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450°С. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа. /Да/

3. Найти силу, действующую на точечный заряд $1{,}7 \cdot 10^{-9}$ Кл, если он помещен в поле бесконечной плоскости, заряженной с поверхностной плотностью заряда $3 \cdot 10^{-8}$ Кл/см$^2$. Диэлектрическая проницаемость среды равна 5. /$5{,}7 \cdot 10^{-3}$ Н/

4. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго проводов. /21 мкТл/

5. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх. /2,2 с$^{-1}$/

*Лабораторные работы*

Лабораторная работа № 1:

“Определение плотности твердого тела правильной геометрической формы”

*Цель работы: определение плотности твердого тела правильной геометрической формы, ознакомление с устройством и правилами работы с измерительными инструментами.*

Краткая теория

Плотность определяется отношением массы однородного тела к его объему :

$$D = \frac{m}{V}, \qquad (1.1)$$

т.е. плотность численно равна массе единицы объема тела.

В данной работе исследуемое тело имеет форму цилиндра, следовательно, объем его выразится формулой

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h, \qquad (1.2)$$

где $d$ – диаметр,

$h$ – высота цилиндра.

Подставляя это значение в уравнение ( 1.1. ) , получим выражение для вычисления плотности :

$$D = \frac{4m}{\pi d^2 h}, \qquad (1.3)$$

Из полученного соотношения ( 1.3 ) следует, что для определения $D$ нужно измерить значения $m, d, h$ .

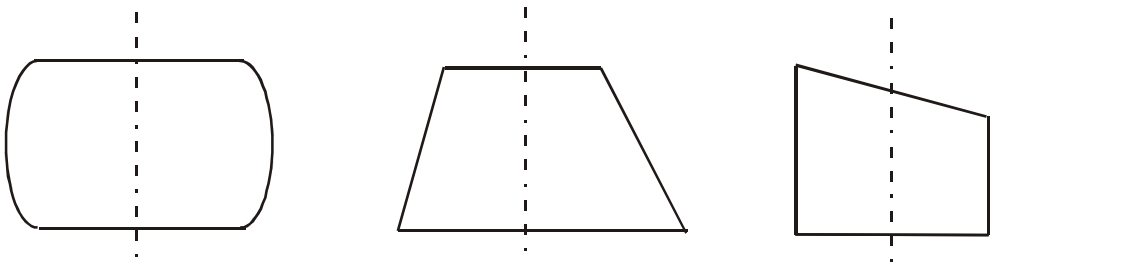
Выполнение работы.

Приборы и материалы: весы, штангенциркуль, микрометр, исследуемое тело ( цилиндрической формы ).

Порядок выполнения работы.

1. Взвешивают тело на весах. Правила взвешивания приложены к весам. Результат заносят в таблицу 1.1.

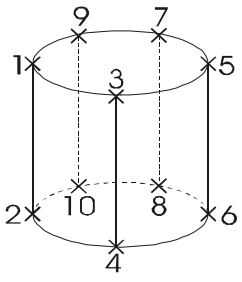
2. Известно, что исследуемое тело вращения (цилиндр) , невозможно изготовить идеальной формы. При механической обработке детали возникают погрешности формы, например :



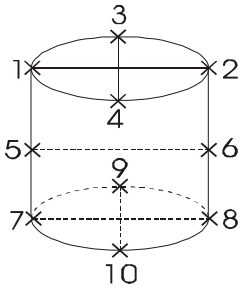
Бочкообразность Конусность Не параллельность оснований

Поэтому для точного определения объема образца $V$ , при планировании эксперимента важно правильно выбрать сечения для снятия размеров $d$ и $h$ .

Например : при определении $h$ рекомендуется последовательно поворачивая образец проводить измерения длин образующих 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10 .



При определении диаметра *d* рекомендуется проводить измерения в следующем порядке 1-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10 :




*При дальнейшей обработке результатов измерений, средняя арифметическая величина размеров h и d считается наиболее близкой к истинной*

.

Штангенциркуль

Штангенциркули позволяют производить отсчет линейных размеров с точностью до 0,05 мм. Штангенциркулем измеряют высоту тела. Для этого зажимают цилиндр между ножками штангенциркуля и по положению нуля нониуса отсчитывают по линейке – (масштабу) целое число миллиметров. Далее смотрят, какое деление нониуса совпадет с каким делением масштаба.




Рис.1.1. Штангенциркуль

Пример: на рис.1.1 нуль нониуса перешел за 40 мм масштаба и 6 деление нониуса совпадает с одним из делений масштаба. Следовательно, высота цилиндра 40,30 мм.

Микрометр

Прибор для измерения линейных размеров. На барабане микрометра нанесено 50 делений, следовательно для получения значения точности измерений указанной на приборе ( 0,01 мм) каждый миллиметр нижней шкалы поделен пополам рисками верхней шкалы : $\frac{0{,}5мм}{50дел.} = 0{,}01мм$ .

При проведении измерений :

а) Если кромка барабана не перешла за риску верхней шкалы , то размер = число делений нижней шкалы + число делений шкалы барабана.

б) Если кромка барабана перешла за риску верхней шкалы ,то размер = число делений нижней шкалы + 0,5 мм + число делений шкалы барабана. Пример (рис.1.2). Микрометром измеряют диаметр тела. Измеряемое тело зажимают между опорной пятой и винтом ( рис.1.2 ) . На головке винта находится трещетка, за которую и следует вращать винт. По линейной шкале отсчитывают деление, за которое перешла кромка барабана. На рис.1.2 это 11,50 мм.

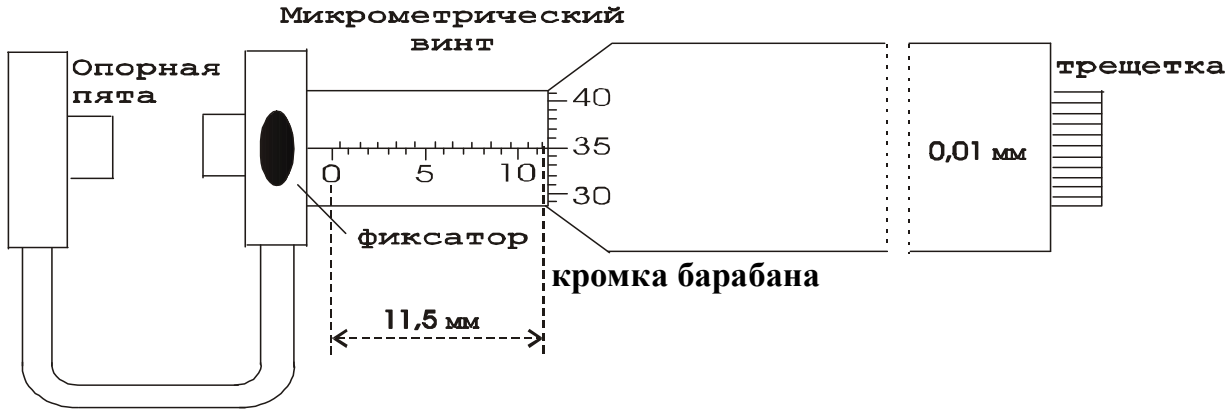



Рис.1.2 Микрометр

Затем определяют деление барабана, которое совпало с продольным штрихом линейной шкалы (35 деление на рис.1.2)

Следовательно, так как каждое деление барабана равно 0,01 мм, диаметр цилиндра будет : 11,50 мм + 0,35 мм = 11,85 мм.

2. Высоту и диаметр цилиндра измеряют пять раз. Из пяти результатов измерений находят среднее значения величины и вычисляют погрешности. Результаты измерений и вычислений записываются в таблицу 1.1.

При подсчете средней величины погрешности, значения погрешностей берутся по модулю , т.к. согласно нормальному распределению Гаусса равновероятно получение положительной либо отрицательной погрешности. При последующем суммировании с учетом знака результат будет равен 0 , что не соответствует действительности.

При записи окончательного результата следует учитывать, что точность не может превышать точность результатов, полученных при измерениях.

Таблица 1.1

Результаты измерений

| *Измерения* | $h$ , *мм* | $\Delta h$ , *мм* | $d$ , *мм* | $\Delta d$ , *мм* | $m$ , *г* | $\Delta m$ , *г* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1* | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *2* | | | | | | |
| *3* | | | | | | |
| *4* | | | | | | |
| *5* | | | | | | |
| *средние значения* | $\overline{h}=$ | $\overline{\Delta h}=$ | $\overline{d}=$ | $\overline{\Delta d}=$ | | |

Плотность тела рассчитывается по формуле (1.3), в которой для величин диаметра и высоты берутся средние значения из таблицы 1.1.

Вычисление погрешностей и окончательный результат

Относительная погрешность определения плотности:

$$E_D = \frac{\overline{\Delta D}}{\overline{D}} = \frac{\Delta m}{m} + 2\frac{\overline{\Delta d}}{\overline{d}} + \frac{\overline{\Delta h}}{\overline{h}} \ . \qquad (1.4)$$

Абсолютная погрешность:

$$\overline{\Delta D} = E_D \overline{D} \ . \qquad (1.5)$$

Окончательный результат :

$$D = \overline{D} \pm \overline{\Delta D} \ . \qquad (1.6)$$

Сравнением полученного результата с табличными значениями плотности твердых тел определяют материал из которого изготовлен цилиндр.

Записывают выводы.

Контрольные вопросы

1. Что называется плотностью тела?
2. Вывести расчетную формулу определения плотности цилиндра.
3. Пояснить порядок выполнения работы.
4. Какие измерения в данной работе относятся к прямым , какие к косвенным?
5. Как вычисляются абсолютная и относительная погрешности при многократных и однократных измерениях?
6. Вывести формулу для относительной погрешности при определении плотности тела в данной работе.
7. Сравните относительные погрешности прямых измерений в данной работе. Неточность измерений какой величины ( *m, h* или *d* ) дает наибольший вклад в погрешность определения плотности ?

Литература

1. Трофимова Т.И., Фирсов А. В. Курс физики с примерами решения задач. В 2 томах. Т.1. - М.: Изд-во: "КноРус", 2016.- 570 с.

2. Трофимова Т.И., Фирсов А. В. Курс физики с примерами решения задач. В 2 томах. Т.2. - М.: Изд-во: "КноРус", 2015.- 384 с.

3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 томах. Т.1: Механика. Молекулярная физика. -СПб.: "Лань", 2016.- 432 с.

Лабораторная работа № 2:

“Определение скорости распространения электромагнитных волн с помощью двухпроводной линии ”

Цель работы

Целью данной работы является изучение процесса распространения электромагнитных волн и экспериментальное измерение скорости их распространения в воздухе методом стоячих волн.

Краткая теория

Ещё до того, как электромагнитные волны были впервые получены практически, Максвелл на основе своей теории электромагнитного поля вычислил их скорость. В диэлектрике скорость распространения электромагнитных волн

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0}}, \qquad (2.11.1)$$

где ε и μ – диэлектрическая и магнитная проницаемость среды;

$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

В соответствии с формулой (2.11.1) скорости распространения электромагнитных волн в различных средах, в том числе в горных породах, различны, т. к. различны их ε и μ. Поэтому при распространении электромагнитных волн в неоднородной среде, какой является, например, земная кора, возникают разнообразные явления (отражение, преломление, интерференция, дифракция волн) на границах геологических объектов. Изучение связанных с этими явлениями вторичных электромагнитных волн составляет предмет обширной группы методов геофизической разведки – высокочастотной электроразведки. Вторичные электромагнитные волны при этом позволяют получить информацию о форме и взаимном расположении геологических объектов, глубине их залегания и т. д.

В вакууме ε = 1, μ = 1 и, согласно (2.11.1),

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}} = 3{,}00 \cdot 10^8 \text{ м/с} \qquad (2.11.2)$$

Практически таким же является значение скорости распространения электромагнитных волн в воздухе. Поэтому результат, полученный в данной работе, должен с учётом допущенных при измерениях погрешностей совпадать со значением, рассчитанным в (2.11.2).

*Электромагнитные волны* – это распространяющиеся колебания электрического и магнитного полей. Если в точке 0 бесконечной однопроводной линии 0X (рис. 13) электрическое поле изменяется по гармоническому закону, то вдоль оси 0X с конечной скоростью будет распространяться («побежит») волна напряжённости электрического поля. Согласно законам, выраженным в уравнениях Максвелла, переменное электрическое поле $\vec{E}$ в каждой точке оси 0X будет порождать

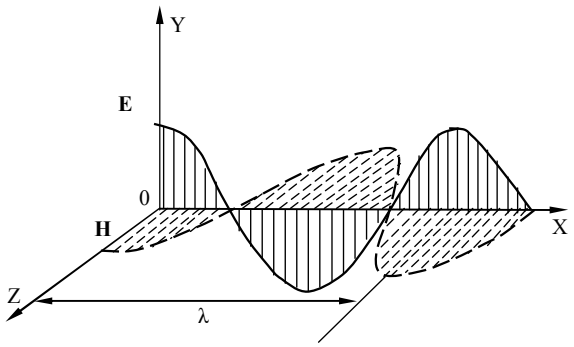



Рис. 13. Бегущая электромагнитная волна

магнитное поле $\vec{H}$, которое также будет меняться по гармоническому закону. При этом колебания векторов напряженностей электрического поля $\vec{E}$ и магнитного поля $\vec{H}$ происходят во взаимно перпендикулярных плоскостях. Из решения уравнений Максвелла также следует, что колебания $\vec{E}$ и $\vec{H}$ будут происходить в одной фазе, так что в данный момент времени электрическое и магнитное поля будут достигать максимальных значений в одних и тех же точках пространства на оси 0X.

Расстояние между двумя ближайшими точками среды, колебания в которых отличаются по фазе на $2\pi$, называется *длиной волны* $\lambda$ (рис. 13).

Электромагнитные колебания можно возбудить и в двухпроводной линии, в так называемой схеме Лехера, представляющей собой два длинных провода, натянутых параллельно друг другу, в которые через индуктивную связь $L_1$-$L_2$ (рис. 14) передаётся энергия колебаний генератора.

При включении генератора высокой частоты *Г* вдоль линии начинает распростра-

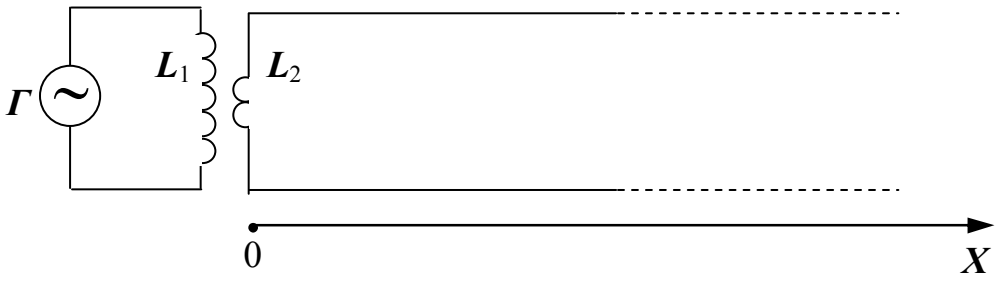



Рис. 14. Схема Лехера.

няться электромагнитная волна. При этом в пространстве между проводами вектор напряжённости электрического поля волны направлен от одного провода к другому (плоскость $\vec{E}$) и периодически (с частотой генератора) меняет своё направление на обратное. Вектор напряжённости магнитного поля волны колеблется в плоскости, перпендикулярной плоскости, в которой расположены провода (плоскость $\vec{H}$), и также периодически изменяет свое направление.

Векторы $\vec{E}$ и $\vec{H}$ перпендикулярны направлению скорости $\vec{v}$ распространения волны и образуют с ним правовинтовую систему.

Внутри проводов течёт переменный ток. Если частота генератора достаточно высока, этот ток вследствие скин-эффекта сосредоточен в тонком цилиндрическом слое на по-

верхности каждого провода. Пренебрегая потерями энергии на джоулево тепло, выделяющееся в проводах, опишем процесс распространения колебаний $\vec{E}$ и $\vec{H}$ уравнениями плоской волны. Рассмотрим прямую бегущую волну $\vec{E}_1$ и $\vec{H}_1$, распространяющуюся вдоль оси 0X (рис. 14). Для проекций векторов $\vec{E}_1$ и $\vec{H}_1$ на плоскости *E* и *H* соответственно запишем

$$E_1 = E_0 \sin\left[\omega\left(t - \frac{x}{v}\right)\right],$$

$$H_1 = H_0 \sin\left[\omega \cdot \left(t - \frac{x}{v}\right)\right], \qquad (2.11.3)$$

где $E_0$ и $H_0$ – амплитудные значения проекций напряжённостей электрического и магнитного полей; ω – циклическая частота колебаний; *x* – расстояние данной точки от источника колебаний;

$v$ – скорость распространения волны.

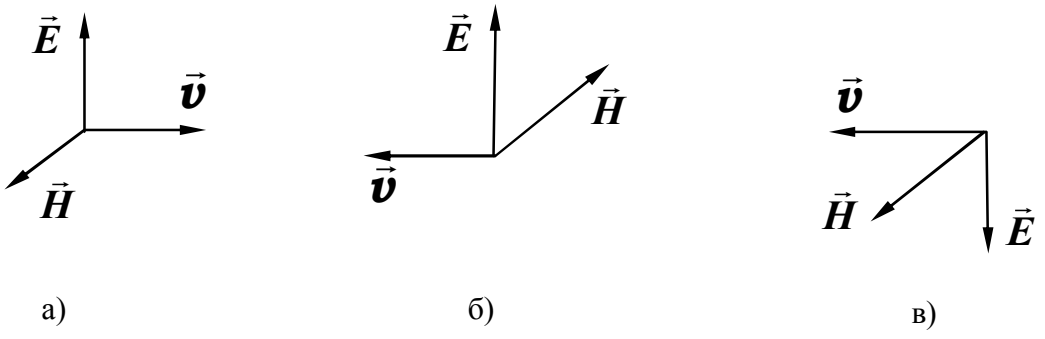
При этом $x/v$ – время, на которое запаздывают колебания в точке с координатой *x* по отношению к колебаниям в точке 0.

Неоднородность среды является причиной появления отражённой волны. В данном опыте отражение возникает от дальней границы линии.

При возникновении отражённой волны один из векторов, $\vec{E}$ или $\vec{H}$, меняет направление колебаний на противоположное (рис. 15). Фазовые соотношения между колебаниями $\vec{E}$ и $\vec{H}$ в падающей и отражённой волнах зависят от условий на границе. В частности, для разомкнутой линии отражение $\vec{E}$ происходит в той же фазе, что и в падающей волне, а отражение $\vec{H}$ – в противофазе (рис. 15, *б*). Если линия замкнута на конце, то отражение $\vec{E}$ будет происходить в противофазе, а отражение $\vec{H}$ в той же фазе (рис. 15, *в*).

Явление изменения фазы при отражении можно строго обосновать при помощи уравнений Максвелла, мы же ограничимся простыми качественными рассуждениями.

В нашем случае линия на конце разомкнута. Переменные токи, возникающие в




а) б) в)

Рис. 15. Взаимная ориентация векторов напряжённости электрического и магнитного поля до (**а**) и после (**б** и **в**) отражения электромагнитной волны

проводах, будут вызывать на конце линии, граничащей с диэлектриком, наибольшие колебания зарядов. Здесь амплитуда колебаний вектора напряжённости электрического поля максимальна. Это значит, что электрическое поле в отражённой волне направлено так же, как и в падающей, т. е. оно не изменяет фазы колебаний при отражении. При этих же условиях амплитуда тока будет равна нулю. Это означает, что магнитное поле в отражённой волне направлено противоположно полю падающей волны или меняет фазу на π. Для проекций векторов напряжённостей электрического $\boldsymbol{E_2}$ и магнитного $\boldsymbol{H_2}$ полей в отраженной волне можно записать:

$$\boldsymbol{E_2 = E_0 \sin\left[\omega \cdot \left(t + \frac{x}{v}\right)\right]}$$

$$\boldsymbol{H_2 = -H_0 \sin\left[\omega \cdot \left(t + \frac{x}{v}\right)\right]} \qquad (2.11.4)$$

Знак «плюс» в круглых скобках означает, что отражённая волна распространяется в отрицательном направлении оси 0X.

Для вычисления результирующих векторов напряжённостей электрического $\vec{\boldsymbol{E}}$ и магнитного $\vec{\boldsymbol{H}}$ поля достаточно сложить соответствующие величины в прямой и отражённой волнах. Так, проекция вектора напряжённости результирующего электрического поля будет равна:

$$\boldsymbol{E = E_1 + E_2 = E_0\left\{\sin\left[\omega \cdot \left(t - \frac{x}{v}\right)\right] + \sin\left[\omega \cdot \left(t + \frac{x}{v}\right)\right]\right\} =}$$

$$\boldsymbol{= 2E_0 \cos\left(\omega \frac{x}{v}\right) \cdot \sin \omega t} \qquad (2.15.5)$$

Это *уравнение стоячей волны* – уравнение гармонических колебаний напряжённости результирующего электрического поля с амплитудой, зависящей от координаты точки наблюдения

$$\boldsymbol{2E_0 \cos\left(\omega \frac{x}{v}\right)}. \qquad (2.11.6)$$

Проекция вектора напряжённости результирующего магнитного поля получается аналогично

$$\boldsymbol{H = H_1 + H_2 = H_0\left\{\sin\left[\omega \cdot \left(t - \frac{x}{v}\right)\right] - \sin\left[\omega \cdot \left(t + \frac{x}{v}\right)\right]\right\} =}$$

$$\boldsymbol{= -2H_0 \cos\left(\omega \frac{x}{v}\right) \cdot \sin \omega t}, \qquad (2.11.7)$$

где $\boldsymbol{2H_0 \cos\left(\omega \frac{x}{v}\right)}$ – амплитуда колебаний напряжённости результирующего магнитного поля.

В определённых точках двухпроводной линии *амплитуда напряжённости электрического поля стоячей волны достигает максимума*. Такие точки называются *пучностями* стоячей волны, а точки, в которых *амплитуда колебаний равна нулю*, называются

*узлами* стоячей волны. Согласно (2.11.6), координаты *x* пучностей электрического поля определяются из условия:

$$\frac{\omega}{v} \cdot X = \pi \cdot n, \qquad (2.11.8)$$

где *n* – целое число.

Учитывая, что $\omega = 2\pi f$, а $\frac{v}{f} = \lambda$, где *f* – частота, а λ – длина волны, получим

для координат пучностей выражение:

$$X = n \cdot \frac{\lambda}{2}. \qquad (2.11.9)$$

Из этого выражения видно, что расстояние между соседними пучностями равно половине длины волны λ/2.

Координаты узлов электрического поля определяются, согласно (2.15.6), условием

$$\frac{\omega}{v} \cdot X = (2n+1) \cdot \frac{\pi}{2}, \qquad (2.11.10)$$

где *n* – целое число.

Расстояние между соседними узлами также равно λ/2. Напряжённость магнитного поля в этих точках максимальная. Таким образом, в стоячей электромагнитной волне узлы электрического поля совпадают с пучностями магнитного поля и наоборот (рис. 16).

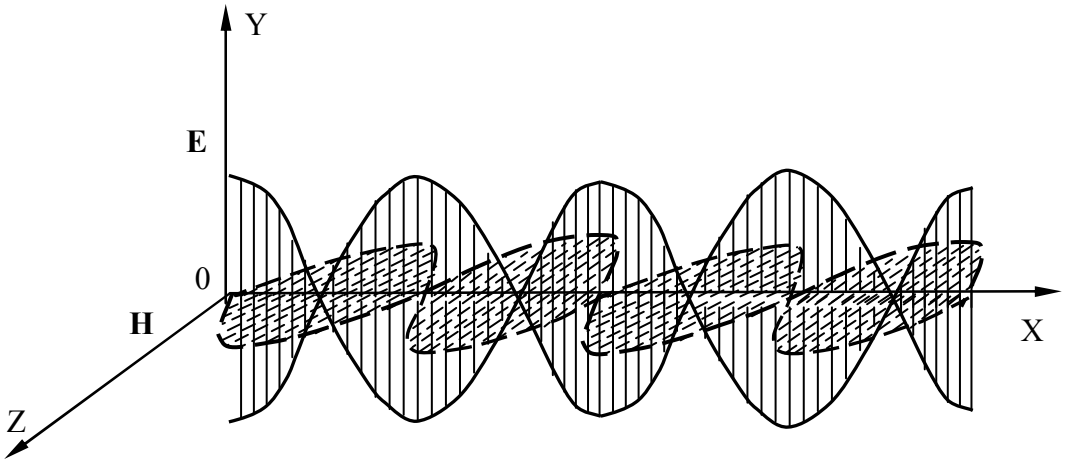



Рис. 16. Стоячие электромагнитные волны

Для экспериментального определения скорости $v$ распространения электромагнитной волны в воздухе с помощью двухпроводной линии достаточно измерить расстояние Δ*X* между соседними пучностями (или узлами) электрического (или магнитного) поля, вычислить, согласно (2.15.9), длину волны $\lambda = 2 \cdot \Delta X$ и найти скорость $v$.

В данной работе индикатором пучностей электрического поля служит неоновая лампочка *Л*, укреплённая на мостике *М*. Мостик устанавливается на двухпроводную линию перпендикулярно проводам. При перемещении мостика вдоль линии, в местах пучностей лампочка ярко загорается. Вместо неоновой лампочки можно воспользоваться обыкновенной лампочкой накаливания (например, от карманного фонаря), но тогда при перемещении мостика вдоль линии, лампочка накаливания будет загораться в местах узлов стоячей волны электрического поля. Расстояние между пучностями (узлами) измеряется с

помощью мерной ленты, натянутой вдоль двухпроводной линии.

Выполнение работы

Необходимые приборы: генератор высокой частоты с датчиком, двухпроводная линия с мерной лентой, частотомер.

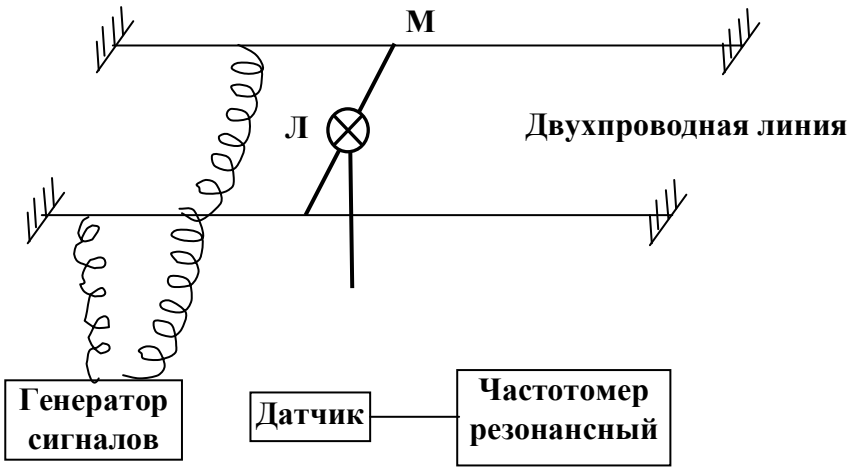



Рис. 17. Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 17.

Порядок выполнения работы

Включите генератор *Г* в сеть и дайте ему прогреться.

Мостик *М* с неоновой лампочкой *Л* подвесьте на провода у начала двухпроводной линии. Передвигая мостик вдоль линии, найдите пучности электрического поля по свечению лампочки. Запишите их координаты в нижнюю часть табл. 11.1.

По разности отсчётов определите расстояние между *соседними* пучностями $\Delta X$. Опыт повторить столько раз, чтобы получилось не менее трёх значений $\Delta X$, каждый раз вычисляя длину волны $\lambda = 2 \cdot \Delta X$. Затем найдите среднее значение длины волны $\overline{\lambda}$.

С помощью резонансного частотомера *Ч* с индукционным датчиком *Д* измерьте частоту *f* генератора. Для этого необходимо:

1. Поднести датчик вплотную к генератору.
2. Вращать ручку частотомера до тех пор, пока стрелка амперметра не будет максимально отклоняться. Это означает, что его частота совпала с частотой генератора.
3. Снимите отсчёт по верхней шкале частотомера и запишите в табл. 11.1.

Измерение частоты необходимо провести 3 раза и найти среднее значение $\bar{f}$. По результатам измерений вычислите среднее значение скорости распространения электромагнитных волн по формуле:

$$\bar{v} = \overline{\lambda} \cdot \bar{f}$$

Таблица 11.1

Результаты измерений

| Номер опыта | ΔX, м | λ, м | Δλ, м | *f*, МГц | Δ*f*, МГц |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| Средние значения | $\Delta\overline{X} =$ | $\overline{\lambda} =$ | $\Delta\overline{\lambda} =$ | $\overline{f} =$ | $\Delta\overline{f} =$ |
| Координаты пучностей | $X_1 =$ | $X_2 =$ | $X_3 =$ | $X_4 =$ | |

По результатам измерений вычислите среднее значение скорости распространения электромагнитных волн по формуле:

$$\overline{v} = \overline{\lambda} \cdot \overline{f}$$

Вычислите относительную и абсолютную погрешности определения скорости электромагнитных волн

$$E_v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} + \frac{\Delta f}{f}$$

$$\Delta v = E_v \cdot v .$$

Окончательный результат запишите в виде:

$$v = v \pm \Delta v .$$

Сравните с (2.11.2) и сделайте вывод.

Контрольные вопросы

1. От каких характеристик среды зависит скорость распространения электромагнитных волн?
2. Как образуется стоячая электромагнитная волна в двухпроводной линии?
3. Записать и пояснить уравнение стоячей волны.
4. Что называется пучностью и узлом стоячей волны?
5. . Каким образом проводится определение длины волны?
6. Расскажите о порядке выполнения работы.

Литература

1. Трофимова Т.И., Фирсов А. В. Курс физики с примерами решения задач. В 2 томах. Т.1. - М.: Изд-во: "КноРус", 2016.- 570 с.

2. Трофимова Т.И., Фирсов А. В. Курс физики с примерами решения задач. В 2 томах. Т.2. - М.: Изд-во: "КноРус", 2015.- 384 с.

3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 томах. Т.1: Механика. Молекулярная физика. -СПб.: "Лань", 2016.- 432 с.

4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 томах. Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц -СПб. : Лань, 2016.- 406

*Методические*

Тема 1: Механика

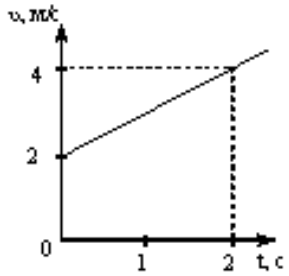
1. Скорость пули при вылете из ствола пистолета равна 250 м/с. Длина ствола 0,1 м. Определите примерно ускорение пули внутри ствола, если считать ее движение равноускоренным.

1)312 км/с$^2$ 2) 114 км/с$^2$ 3)1248 м/с$^2$ 4) 100 м/с$^2$

2. К боковой поверхности цилиндра, вращающегося вокруг своей оси, прижимают второй цилиндр с осью, параллельной оси первого, и радиусом, вдвое превосходящим радиус первого. При совместном вращении двух цилиндров без проскальзывания у них совпадают

1) периоды вращения
2) частоты вращения
3) линейные скорости точек на поверхности
4) центростремительные ускорения точек на поверхности

3. На графике приведен график зависимости скорости тела от времени. Масса тела 10 г. Сила, действующая на тело, равна…



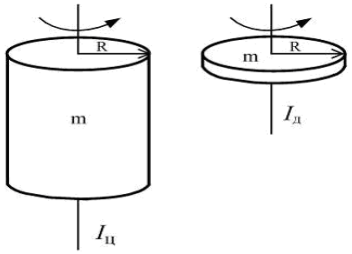

1) 0 Н
2) 5 Н
3) 30 Н
4) 10 Н

4. На тело действует постоянный вращающий момент. Какая из перечисленных ниже величин при вращательном движении тела не изменяется с течением времени?

1. Угловая скорость. 2. Угловое ускорение. 3. Кинетическая энергия вращения.
4. Момент импульса тела. 5. Момент инерции.

1) 1 2) 3 3) 2, 5 4) 4 5) 1, 3, 5.

5. Диск и цилиндр имеют одинаковые массы и радиусы. Для их моментов инерции справедливо соотношение…




1) $I_ц = I_д$; 2) $I_ц > I_д$; 3) $I_ц < I_д$ ; 4) ) $I_ц >> I_д$.

6. Какое утверждение ошибочно?

1) Механическая система называется замкнутой, если на нее не действуют внешние силы или действие всех внешних сил на эту систему полностью скомпенсировано.

2) Результирующий импульс замкнутой системы тел с течением времени не изменяется.

3) Если система замкнута, то ее результирующий импульс всегда равен нулю.

4) В замкнутой консервативной системе полная механическая энергия с течением времени не изменяется.

5) Работа консервативной силы на замкнутой траектории равна нулю.

7. Сплошной цилиндр катится по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

1) 5/7 2) 3/4 3) 2/3 4) ½

8. Укажите формулировку закона сохранения импульса.

1) В замкнутой системе тел суммарный импульс системы постоянен.
2) В замкнутой системе тел суммарный импульс системы равен нулю.
3) Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость.
4) Сумма внешних сил, приложенных к телу, равна нулю.
5) Суммарная кинетическая энергия замкнутой системы равна нулю

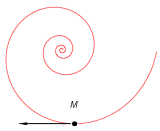
9. Момент инерции тонкого обруча массой m, радиусом R относительно оси, проходящей через центр обруча перпендикулярно плоскости, в которой лежит обруч, равен $I=mR^2$. Если ось вращения перенести параллельно в точку на обруче, то момент инерции обруча…

1) увеличится в 1,5 раза
2) увеличится в 2 раза
3) не изменится
4) уменьшится в 2 раза

10. Зависимость пути от времени для прямолинейно движущегося тела имеет вид: $S(t) = 2t + 3t^2$, где все величины выражены в СИ. Ускорение тела равно

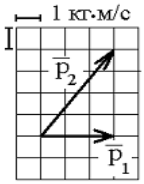
1) 1 м/с$^2$ 2) 2 м/с$^2$ 3) 3 м/с$^2$ 4) 6 м/с$^2$

11. Точка М движется по спирали с постоянной по величине скоростью в направлении, указанном стрелкой. При этом величина полного ускорения….




1) уменьшается;
2) не изменяется;
3) увеличивается.
4) увеличивается и уменьшается

12. Теннисный мяч летел с импульсом $P_1$ (масштаб и направления указаны на рисунке). Теннисист произвел по мячу резкий удар с средней силой 80 Н. Измененившийся импульс мяча стал равным $P_2$. Сила действовала на мяч в течении…

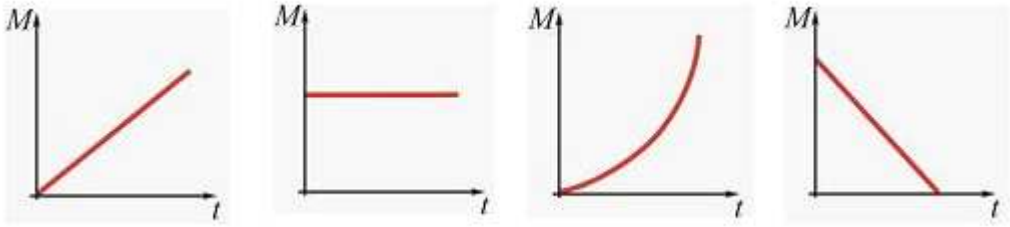



1) 0,05 с
2) 0,5 с
3) 0,3 с
4) 0,1 с

13. Если тело движется по окружности с постоянной по величине скоростью, следовательно, равнодействующая всех сил, действующих на тело….

1) равна нулю.
2) постоянна по величине и совпадает с направлением скорости.
3) постоянна по величине и направлена по радиусу к центру окружности.
4) постоянна по величине и направлена по касательной к окружности.
5) переменна по величине и направлена к центру окружности.

14. Момент импульса вращающегося тела изменяется по закону $L = at^3$, где a – некоторая положительная константа. Зависимость от времени момента сил, действующих на тело, определяется графиком ...




1 2 3 4

15. Найти приращение энергии тела, если $E_1 = 10$ Дж, $E_2 = 7$ Дж?

1)17 Дж. 2) 3 Дж. 3)-3 Дж. 4)8,5 Дж. 5)1,5 Дж.

16. Шар катится по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

1) 5/7 2) 3/4 3) 2/3 4) ½

17. Чтобы уменьшить отдачу при выстреле из винтовки, необходимо:
1) увеличить массу винтовки; 2) уменьшить массу винтовки; 3) увеличить скорость пули; 4) уменьшить массу пули; 5) уменьшить скорость пули.

1)1, 4, 5. 2)2, 3. 3)1, 2. 4)1, 3. 5)2, 5.

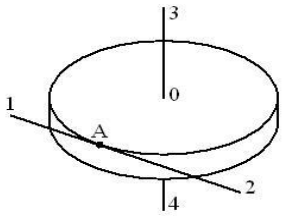
18. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 16 м/с. На высоте h кинетическая энергия равна потенциальной. Определить эту высоту.

1) 10 м 2) 7,3 м 3) 6,4 м 4) 16 м

19. Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением $X=8t-t^2$, где все величины выражены в СИ. В какой момент времени скорость тела равна нулю?

1)8 с 2) 4 с 3)3 с 4) 0 с

20. Диск радиуса R вращается вокруг вертикальной оси равноускоренно по часовой стрелке. Укажите направление вектора углового ускорения.




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

21. К потолку лифта, поднимающегося вверх тормозясь, на нити подвешено тело массой 10 кг. Модуль вектора скорости изменения импульса тела равен 50 кг•м/с. Сила натяжения нити равна

1) 150 кг•м/с; 2) 50 кг•м/с; 3) 100 кг•м/с; 4) 0 кг•м/с

22. Укажите правильные утверждения. Момент инерции тела:

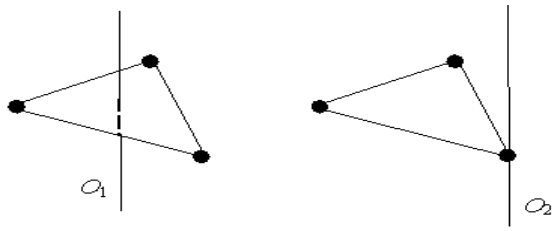
1) зависит от пространственного распределения массы тела;

2) является коэффициентом пропорциональности между угловым ускорением тела и моментом сил;

3) зависит от суммы моментов сил, приложенных к телу;
4) зависит от положения оси вращения тела;
5) зависит от суммы сил, действующих на тело.

1) 1, 2, 4 2) 2 3) 5 4) 2, 3, 5. 5) Все правильные.

23. Три маленьких шарика расположены в вершинах правильного треугольника. Момент инерции этой системы относительно оси $O_1$, перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через его центр – $I_1$. Момент инерции этой же системы относительно оси $O_2$, перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через один из шаров – $I_2$. Справедливо утверждение…




1) $I_1 = I_2$ 2) $I_1 > I_2$ 3) $I_1 < I_2$ 4) 2) $I_1 >> I_2$

24. Якорь двигателя вращается с частотой 40 $с^{-1}$, развиваемая им мощность 3 кВт. Найти вращающий момент якоря.

1) 10 Н·м 2) 12 Н·м 3) 15 Н·м 4) 23 Н·м

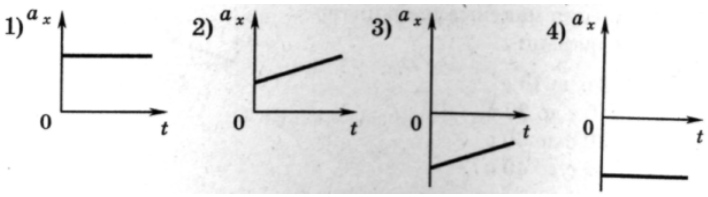
25. Закон сохранения импульса формулируется так.

1) Результирующий момент импульса изолированной (замкнутой) системы с течением времени не изменяется.
2) Изменение импульса тела за некоторый промежуток времени равно импульсу силы, действующей на это тело за этот же промежуток времени.
3) Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость.
4) Результирующий импульс изолированной (замкнутой) системы с течением времени не изменяется.
5) Результирующая всех сил, действующих на тело, равна скорости изменения импульса.

26. Обруч массой m = 0,3 кг и R = 0,5 м привели во вращение, сообщив ему энергию вращательного движения 1200 Дж и опустили на пол так, что его ось вращения оказалась параллельной плоскости пола. Если обруч начал двигаться без проскальзывания, имея кинетическую энергию поступательного движения 200 Дж, то сила трения совершила работу, равную…

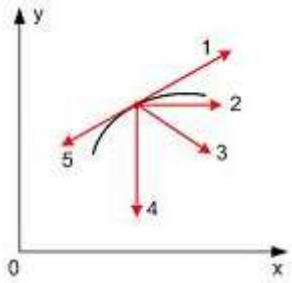
1) 1400 Дж; 2) 1000 Дж; 3) 600 Дж; 4) 800 Дж.

27.Тело, двигаясь вдоль оси OX прямолинейно и равноускоренно, за некоторое время уменьшило свою скорость в 2 раза. Какой из графиков зависимости проекции ускорения от времени соответствует такому движению?




1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

28. Тело брошено под углом к горизонту и движется в поле силы тяжести Земли. На рисунке изображен восходящий участок траектории данного тела.



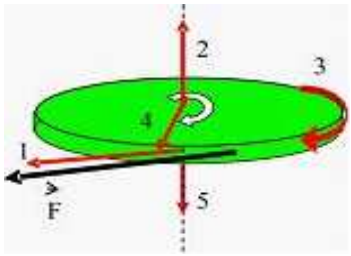

Правильно изображает полное ускорение вектор ...
1) 5;  2) 2;  3) 3;  4) 4;  5) 1.

29. Самолет летит в горизонтальной плоскости по окружности с постоянной скоростью 360 км/ч. Подъемная сила всегда перпендикулярна плоскости крыльев самолета. Если эта плоскость составляет угол в 45° с горизонтом, то радиус окружности виража самолета равен
1) 400м  2) 600м  3)800м  4) 1000м

30. Укажите верный вариант ответов. Выражение для кинетической энергии вращающегося вокруг неподвижной оси тела содержит:

1) момент импульса тела; 2) момент инерции тела; 3) угловую скорость; 4) угловое ускорение; 5)массу тела.
1)1  2)2, 3.  3)4  4)5  5)4, 5.

31. Колесо вращается так, как показано на рисунке стрелкой. К ободу колеса приложена сила, направленная по касательной. Правильно изображает угловое перемещение колеса вектор …




1) 5;  2) 2;  3) 3;  4) 4;  5) 1.

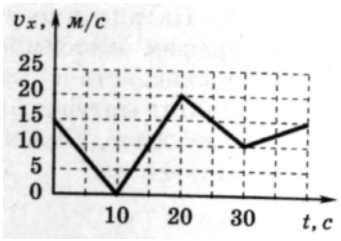
32. Мальчик подбросил футбольный мяч с поверхности Земли на некоторую высоту. Какое из утверждений будет справедливо в этом случае?
1) Величина потенциальной энергии мяча будет равна нулю.
2) Величина потенциальной энергии мяча зависит от высоты и массы мяча.
3) Кинетическая энергия мяча всегда равна потенциальной.
4) Полная энергия мяча будет состоять только из кинетической энергии.
5) Величина потенциальной энергии мяча зависит от скорости и массы мяча.

33. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.
1) 15 кг·м$^2$  2) 21 кг·м$^2$  3) 18 кг·м$^2$  4) 27 кг·м$^2$

34. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 5 г, а ее скорость при вылете равна 1000 м/с.
1) 22,4 м/с.  2) 0,05 м/с.  3) 0,02 м/с.  4) 700 м/с.  5) 0 м/с.

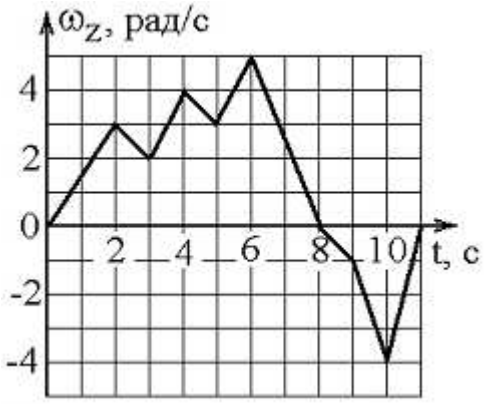
35. Человек сидит в центре вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси карусели и держит в руках вертикально тяжелый шест за его середину. Если он сместит шест, оставляя его в вертикальном положении, в направлении от центра карусели, то частота вращения в конечном состоянии
1) уменьшится;  2) не изменится;  3) увеличится;  4) будет равна нулю

36. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Модуль ускорения максимален в интервале времени



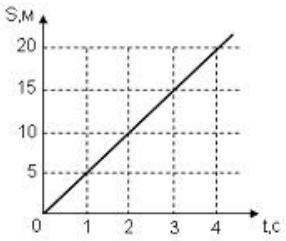

1) от 0 с до 10 с
2) от 10 с до 20 с
3) от 20 с до 30 с
4) от 30 с до 40 с

37. Твердое тело начинает вращаться вокруг оси Z с угловой скоростью, проекция которой изменяется во времени, как показано на графике. Угол поворота тела относительно начального положения будет максимальным в момент времени, равный ...




1) 11 с 2) 6 с; 3) 8 с; 4 ) 10 с.

38. Зависимость перемещения тела массой 4 кг от времени представлена на рисунке Кинетическая энергия тела в момент времени t=3 с равна…

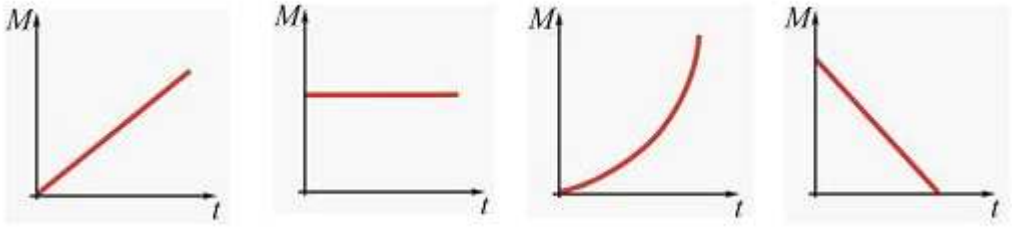



1) 40 Дж
2) 20 Дж
3) 50 Дж
4) 15 Дж

39. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$. Определить угловое ускорение маховика

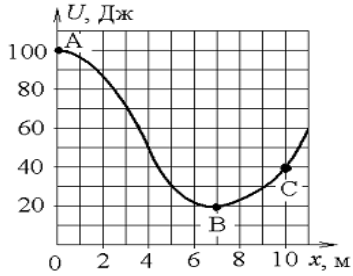
1) 5 рад/с$^2$ 2) 6 рад/с$^2$ 3) 2 рад/с$^2$ 4) 3,5 рад/с$^2$

40. Момент импульса вращающегося тела изменяется по закону $L = at^2$, где a – некоторая положительная константа. Зависимость от времени момента сил, действующих на тело, определяется графиком ...




1 2 3 4

41. Небольшая шайба начинает движение без начальной скорости по гладкой горке из точки А. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Зависимость потенциальной энергии шайбы от координаты изображено на графике U(x)




Кинетическая энергия шайбы в точке С…

1) в 2 раза меньше, чем в точке В
2) в 1,33 раза меньше, чем в точке В
3) в 2 раза больше, чем в точке В
4) в 1,33 раза больше, чем в точке В

42. Якорь двигателя делает 240 об/мин. Определить вращающий момент, если мощность двигателя 1 кВт.

1) 40 Н·м 2) 50 Н·м 3) 25 Н·м 4) 30 Н·м

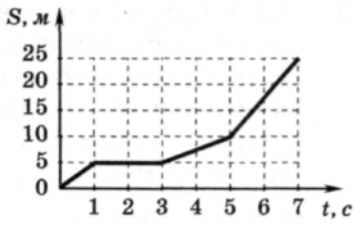
43. Тело массой 2 кг поднято над Землей. Его потенциальная энергия 400 Дж. Если на поверхности Земли потенциальная энергия равна нулю и силами сопротивления воздуха можно пренебречь, скорость, с которой тело упадет на Землю, составит…

1) 14 м/с; 2) 10 м/с; 3) 20 м/с; 4) 40 м/с.

44. Шар имеет массу 5 кг и катится со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию тела.

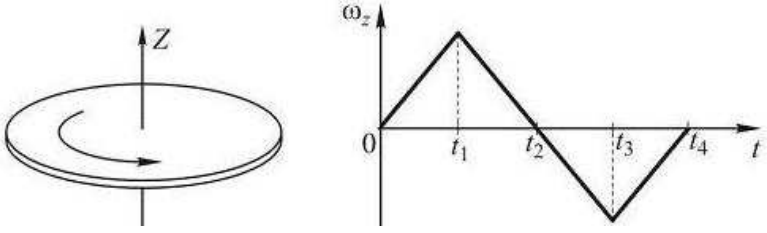
1) 350 Дж 2) 400 Дж 3) 250 Дж 4) 500 Дж

45. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Модуль скорости максимален в интервале времени




1) от 0 с до 1 с
2) от 1 с до 3 с
3) от 3 с до 5 с
4) от 5 с до 7 с

46. Диск вращается вокруг своей оси, изменяя проекцию своей угловой скорости $\omega_z(t)$ так, как показано на рисунке.




Векторы угловой скорости ω и ускорения ε сонаправлены в интервалы времени

1) от $t_1$ до $t_2$ и от $t_2$ до $t_3$; 2) от 0 до $t_1$ и от $t_1$ до $t_2$; 3) от 0 до $t_1$ и от $t_2$ до $t_3$;
4) от $t_1$ до $t_2$ и от $t_3$ до $t_4$.

47. Выберите формулировку третьего закона Ньютона.

1)Силы взаимодействия между материальными точками пропорциональны произведению масс точек и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними.

2)Силы взаимодействия точечных зарядов пропорциональны произведению величин зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними.

3)Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению.
4)Момент силы пропорционален угловому ускорению тела.
5)Сила, действующая на тело равна скорости изменения импульса тела.

48. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$. Определить угловое ускорение маховика
1) 5 рад/с$^2$ 2) 6 рад/с$^2$ 3) 2 рад/с$^2$ 4) 3,5 рад/с$^2$

49. Две материальные точки одинаковой массы движутся с одинаковой угловой скоростью по окружностям радиусами $R_1 = 2R_2$. При этом отношение моментов импульса точек $L_1/L_2$ равно…
1) 1/2; 2) 2; 3) 4; 4) 1/4.

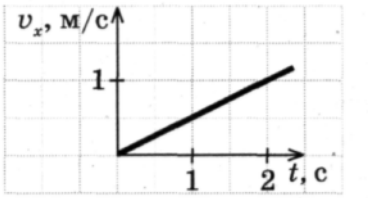
1.6.6. Укажите формулу для расчета кинетической энергии тела.
1) $kx^2/2$; 2) mgh; 3) $mv^2/2$; 4) $F_{трен} \cdot S$; 5) mv.

50. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180 об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1 м.
1) 1 кДж 2) 2,1 кДж 3) 3,6 кДж 4) 5 кДж

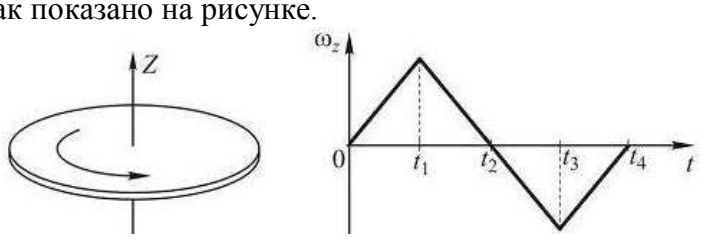
51. Тело массой 1 кг разгоняется под действием постоянной силы из состояния покоя до скорости 4 м/с. При этом сила совершает работу.
1) 16 Дж; 2) 8 Дж; 3) 4 Дж; 4) 2 Дж.

52. Какую линейную скорость приобретет центр шара, если шар скатится с наклонной плоскости высотой 1м?
1) 2 м/с 2) 4,5 м/с 3) 3,7 м/с 4) 5,9 м/с

53. Тело движется по оси OX. Проекция его скорости $v_x(t)$ меняется по закону, приведенному на графике. Путь, пройденный телом за 1 с, равен
1) 0,25м
2) 0,5 м
3) 1 м
4) 2 м




1. Диск вращается вокруг своей оси, изменяя проекцию своей угловой скорости $\omega_z(t)$ так, как показано на рисунке.

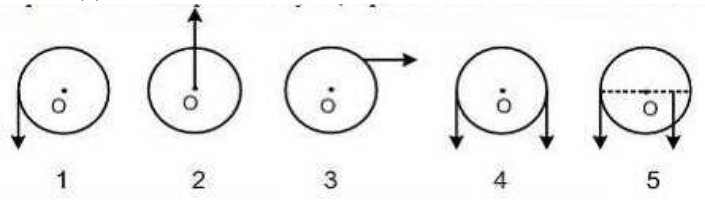



Вектор угловой скорости ω направлен по оси z в интервалы времени
1) от $t_1$ до $t_2$ и от $t_2$ до $t_3$; 2) от 0 до $t_1$ и от $t_1$ до $t_2$; 3) от 0 до $t_1$ и от $t_3$ до $t_4$;
4) от $t_1$ до $t_2$ и от $t_3$ до $t_4$.

55. Тело массой m равномерно вращается по окружности со скоростью v. Изменение импульса тела при повороте его на пол-оборота равно…
1) 0. 2) 2mv. 3)mv. 4)0,5 mv. 5)-0,5 mv.

56. Маховик вращался, делая 8 оборотов в секунду. Под действием постоянного тормозящего момента 100 Н·м он остановился через 50 с. Момент инерции маховика...
1) 50 кг·м$^2$ 2) 100 кг·м$^2$ 3) 150 кг·м$^2$ 4) 200 кг·м$^2$

57. На рисунке к диску, который может свободно вращаться вокруг оси, проходящей через точку О, прикладывают одинаковые по величине силы.




Момент сил будет максимальным в положении…
1) 4; 2) 2; 3) 5; 4) 3; 5) 1.

58. Какие из перечисленных ниже величин являются векторными?

1. Угловая скорость. 2. Момент инерции тела. 3. Кинетическая энергия вращательного движения. 4. Работа силы, действующей на вращающееся тело. 5. Угловое ускорение.

1) 1, 5. 2) 2 3) 3 4) 4 5)2, 3, 4.

59. Была произведена работа в 1 кДж, чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой 8 с$^{-1}$. Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?
1) 10 Дж·с 2) 20 Дж·с 3) 30 Дж·с 4) 40 Дж·с

60. Человек сидит в центре вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси карусели и держит в руках длинный шест за его середину. Если он повернет шест из вертикального положения в горизонтальное, то частота вращения в конечном состоянии
1) уменьшится; 2) увеличится; 3) станет равна нулю 4) не изменится.

61. Какую линейную скорость приобретет центр шара, если шар скатится с наклонной плоскости высотой 1м?
1) 2 м/с 2) 4,5 м/с 3) 3,7 м/с 4) 5,9 м/с

62. Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением $x = 12t-2t^2$. В какой момент времени проекция скорости тела на ось равна нулю?
1) 6 с 2) 3 с 3) 2 с 4) 0 с

63. Материальная точка М движется по окружности со скоростьюV. На рис.1 показан график зависимости проекции скорости $V_\tau$ от времени ($\tau$ –единичный вектор положительного направления, $V_\tau$ – проекция V на это направление). При этом вектор полного ускорения на рис.2 имеет направление…

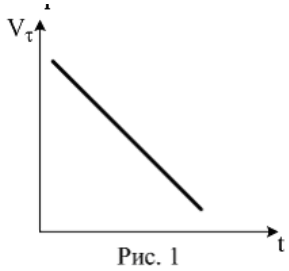


Рис. 1

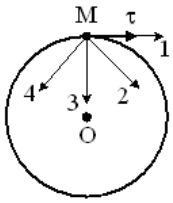
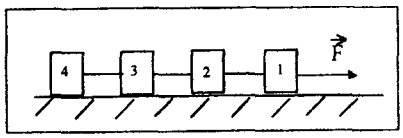


Рис. 2

1) 3; 2) 2; 3) 4; 4) 1.

64. Четыре одинаковых кубика, связанные невесомыми нитями, движутся по гладкому горизонтальному столу под действием горизонтальной силы F , приложенной к первому кубику. Чему равна сила натяжения нити, связывающей третий и четвертый кубики ?




1)0 2)1/4F 3)1/2F 4)3/4F

65. Тонкостенный цилиндр массой 12 кг с диаметром основания 30 см вращается, согласно уравнению $\varphi = A + Bt + Ct^3$, где A = 4 рад; B = – 2 рад/с; C = 0,2 рад/с$^3$. Определить действующий на цилиндр момент сил в момент времени t = 3 с.

1) 0,1 Н·м 2) 0,5 Н·м 3) 1 Н·м 4) 1,5 Н·м

66. Если момент инерции тела увеличить в 2 раза и скорость его вращения увеличить в 2 раза, то момент импульса тела…

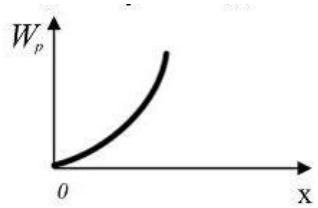
1) увеличится в 8 раз
2) увеличится в 4 раза
3) не изменится
4) уменьшится в 8 раз

67. Какие из перечисленных ниже величин являются векторными?

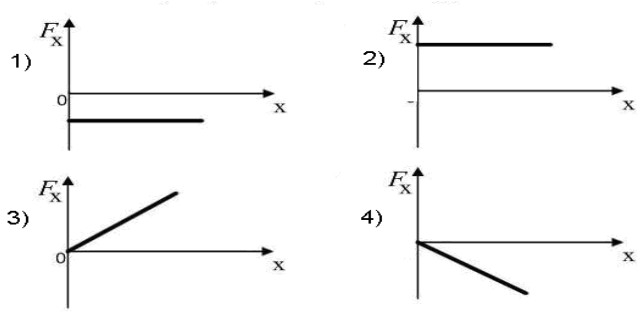
1. Угловая скорость. 2. Момент инерции тела. 3. Кинетическая энергия вращательного движения. 4. Работа силы, действующей на вращающееся тело. 5. Угловое ускорение.

1) 1, 5. 2) 2 3) 3 4) 4 5)2, 3, 4.

68. В потенциальном поле сила F пропорциональна градиенту потенциальной энергии $W_p$. Если график зависимости потенциальной энергии $W_p$ от координаты x имеет вид, представленный на рисунке,




то зависимость проекции силы $F_x$ на ось x будет…




69. Сплошной цилиндр имеет массу 5 кг и катится со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию тела.

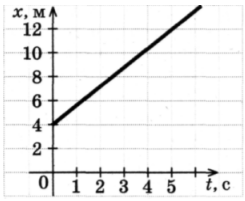
1) 350 Дж 2) 375 Дж 3) 400 Дж 4) 500 Дж

70. Тело массой 2 кг поднято над Землей. Его потенциальная энергия 400 Дж. Если на поверхности Земли потенциальная энергия равна нулю и силами сопротивления воздуха можно пренебречь, скорость, с которой тело упадет на Землю, составит…

1) 14 м/с; 2) 10 м/с; 3) 20 м/с; 4) 40 м/с.

71. На рисунке показан график движения тела. Определите значение его координаты и скорости движения в момент времени 5 с.

1) 4 м; 1,6 м/с
2) 12 м; 2,4 м/с
3) 12 м; 1,6 м/с
4) 4 м; 2,4 м/с




72. Два спутника движутся по разным круговым орбитам вокруг Земли. Скорость первого из них в 2 раза больше, а радиус орбиты в 4 раза меньше, чем второго. Центростремительное ускорение первого спутника $a_1$, второго — $a_2$? Чему равно отношение $a_1/a_2$ ?

1) 1
2) 2
3) 4
4) 16

73. Как относятся друг к другу силы $Q_1$ и $Q_2$ , с которыми автомобиль давит на середину выпуклого и вогнутого мостов. Радиус кривизны моста в обоих случаях равен 80м, а скорость автомобиля 72км/ч ?

1) $Q_1/Q_2 \approx 0,3$ 2) $Q_1/Q_2 \approx 0,5$ 3) $Q_1/Q_2 \approx 0,7$ 4) $Q_1/Q_2 \approx 0,9$

74. Линейная скорость точек на окружности вращающегося диска равна 3 м/с. Точки, расположенные на 10 см ближе к оси, имеют скорость 2 м/с. Чему равна частота вращения диска?

1) 1,6 $c^{-1}$ 2) 2 $c^{-1}$ 3) 0,7 $c^{-1}$ 4) 5 $c^{-1}$

75. Точка М движется по окружности со скоростьюV. На рис.1 показан график скорости $V_\tau$ от времени ($\tau$– единичный вектор положительного направления; $V_\tau$ – проекция V на это направление). На рис.2 укажите направление силы, действующей на точку М в момент времени $t_1$.

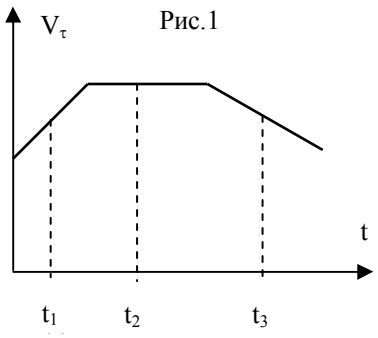


Рис.1

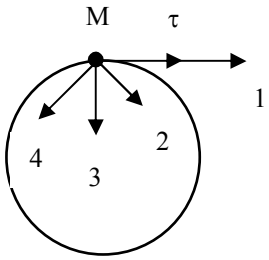


Рис.2

1) 4; 2)1; 3) 3; 4) 2.

76. Для того, чтобы раскрутить диск радиуса $R_1$ вокруг своей оси до угловой скорости ω, необходимо совершить работу $A_1$. Под прессом диск становится тоньше, но радиус его возрастает до $R_2=2R_1$.

Для того, чтобы раскрутить его до той же угловой скорости, необходимо совершить работу…

1) $A_2=1/2\ A_1$
2) $A_2=4A_1$
3) $A_2=2\ A_1$
4) $A_2=1/4\ A_1$

77. Укажите формулу для расчета потенциальной энергии тела, поднятого над Землей

1) $kx^2/2$; 2) $mgh$; 3) $mv^2/2$; 4) $F_{трен}\cdot S$; 5) $mv$.

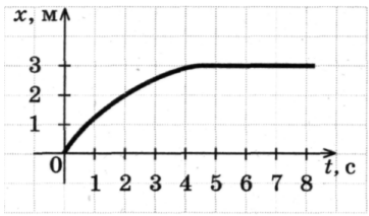
78. На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же с импульсом P=0,5 кг•м/с. После удара шары разлетелись под прямым углом так, что импульс первого шара стал $P_1$=0,3 кг•м/с. Импульс второго шара после удара…

1) 0,4 кг•м/с
2) 0,3 кг•м/с
3) 0,2 кг•м/с
4) 0,5 кг•м/с

79. Какую линейную скорость приобретет центр шара, если шар скатится с наклонной плоскости высотой 1м?

1) 2 м/с 2) 4,5 м/с 3) 3,7 м/с 4) 5,9 м/с

1.10.1. На рисунке изображен график изменения координаты тела с течением времени. Как изменялась скорость в промежуток времени от 0 до 5 с?

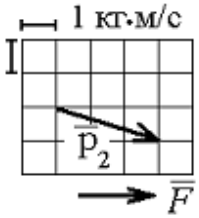



1) Не изменялась
2) Увеличивалась
3) Уменьшалась
4) Для ответа на вопрос не хватает данных

80. Диск радиусом 20 см равномерно вращается вокруг своей оси. Скорость точки, находящейся на расстоянии 15 см от центра диска, равна 1,5 м/с. Скорость крайних точек диска равна

1) 4 м/с 2) 0,2 м/с 3) 2 м/с 4) 1,5 м/с

81. На теннисный мяч, который летел с импульсом $p_1$ , на короткое время t=0,01 с подействовал порыв ветра с постоянной силой F=300 Н и импульс мяча стал равным $p_2$ (масштаб и направление указаны на рисунке)



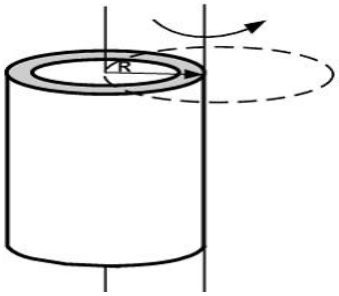

Величина импульса $p_1$ была равна…

1) 1 кг•м/с
2) 6,1 кг•м/с
3) 33,2 кг•м/с
4) 6,2 кг•м/с
5) 5 кг•м/с

82. Момент импульса тела L изменяется со временем по закону $L(t)= t^2 – 6t +8$ . Момент действующих на тело сил станет равным нулю через …

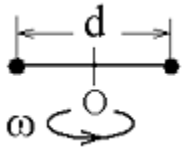
1) 1 с
2) 2 с
3) 4 с
4) 3 с

83. При расчете моментов инерции тела относительно осей, не проходящих через центр масс, используют теорему Штейнера. Если ось вращения тонкостенной трубки перенести из центра масс на образующую, то момент инерции относительно новой оси увеличится в…




1) 4 раза
2) 3 раза
3) 2 раза
4) 1,5 раза

84. Два маленьких массивных шарика закреплены на концах невесомого стержня длины d. Стержень может вращаться в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через середину стержня. Стержень раскрутили до угловой скорости $\omega_1$. Под действием трения стержень остановился, при этом выделилось тепло $Q_1$. Если стержень раскручен до угловой скорости $\omega_2=3\ \omega_1$, то при остановке стержня выделится тепло…




1) $Q_2=1/9\ Q_1$
2) $Q_2=9\ Q_1$
3) $Q_2=1/3\ Q_1$
4) $Q_2=3\ Q_1$

85. Какую физическую величину определяют по формуле N=A/t, где A- работа, t- время?

1) Импульс тела.
2) Мощность.
3) Энергия.
4) Силу реакции опоры.

86. Сплошной и полый цилиндры, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатываются без проскальзывания на горку. Если начальные скорости тел одинаковы, то…

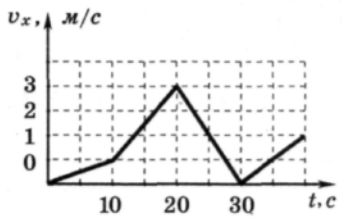
1) выше поднимется сплошной цилиндр;
2) выше поднимется полый цилиндр;

3) оба тела поднимутся на одну и ту же высоту.

87. Навстречу друг другу летят шарики из пластилина. Модули их импульсов равны соответственно $4 \cdot 10^{-2}$ кг м/с и $3 \cdot 10^{-2}$ кг м/с. Столкнувшись, шарики слипаются. Импульс слипшихся шариков равен....

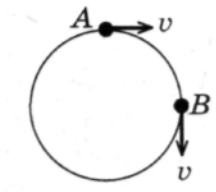
1) $2 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с; 2) $10^{-2}$ кг·м/с; 3) $5 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с; 4) $7 \cdot 10^{-2}$ кг·м/с.

88. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Модуль ускорения минимален в интервале времени



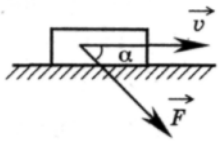

1) от 0 до 10 с
2) от 10 с до 20 с
3) от 20 с до 30 с
4) от 30 до 40 с

89. При равномерном движении по окружности модуль вектора изменения скорости при перемещении из точки А в точку В (см. рис.) равен




1) 0
2) v√2
3) 2v
4) v

90. Тело массой 1 кг движется по горизонтальной плоскости. На тело действует сила F = 10 Н под углом a = 30° к горизонту . Коэффициент трения между телом и плоскостью равен 0,4. Каков модуль силы трения, действующей на тело?




1) 3,4 Н 2) 0,6 Н 3) 0 Н 4) 6 Н

91. Момент импульса тела направлен…
1) по касательной к траектории движения.
2) в произвольную сторону.
3) по нормали к линейной скорости движения.
4) по оси вращения.
5) перпендикулярно оси вращения.

92. Какое утверждение ошибочно?

1) Механическая система называется замкнутой, если на нее не действуют внешние силы или действие всех внешних сил на эту систему полностью скомпенсировано.

2) Результирующий импульс замкнутой системы тел с течением времени не изменяется.

3) Если система замкнута, то ее результирующий импульс всегда равен нулю.

4) В замкнутой консервативной системе полная механическая энергия с течением времени не изменяется.

5) Работа консервативной силы на замкнутой траектории равна нулю.

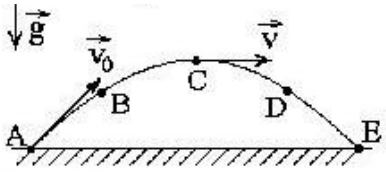
93. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180 об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1 м.

1) 1 кДж 2) 2,1 кДж 3) 3,6 кДж 4) 5 кДж

94. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 5 г, а ее скорость при вылете равна 1000 м/с.

1) 22,4 м/с. 2) 0,05 м/с. 3) 0,02 м/с. 4) 700 м/с. 5) 0 м/с.

95. Камень бросили под углом к горизонту со скоростью $v_0$. Его траектория в однородном поле силы тяжести Земли изображена на рисунке. Сопротивления воздуха нет. Модуль тангенциального ускорения $a_\tau$ на участке A-B-C …




1) не изменяется; 2) уменьшается; 3) увеличивается.

96. Какие точки Земли имеют нулевые линейные и угловые скорости?

1) Точки на оси вращения Земли.
2) Точки на экваторе.
3) Точки на полюсах.
4) Точки на широте 45 градусов.
5) Точки на широте 90 градусов.

97. После удара клюшкой шайба массой 0,15 кг скользит по ледяной площадке. Ее скорость при этом меняется в соответствии с уравнением v = 20 - 3t, где все величины выражены в СИ. Коэффициент трения шайбы о лед равен

1)0,15 2)0,2 3)3 4)0,3

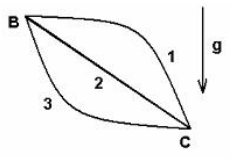
98. Если момент инерции тела увеличить в 2 раза и скорость его вращения увеличить в 2 раза, то момент импульса тела…

1) увеличится в 8 раз
2) увеличится в 4 раза
3) не изменится
4) уменьшится в 8 раз

99. Якорь двигателя делает 240 об/мин. Определить вращающий момент, если мощность двигателя 1 кВт.

1) 40 Н·м 2) 50 Н·м 3) 25 Н·м 4) 30 Н·м

100. Соотношение работ силы тяжести при движении тела из точки B в точку C по разным траекториям имеет вид




1) $A_1 > A_2 > A_3$
2) $A_1 = A_1 > A_1$
3) $A_1 = A_1 = A_1 \neq 0$
4) $A_1 = A_1 = A_1 = 0$

101. Закон сохранения импульса формулируется так.

1) Результирующий момент импульса изолированной (замкнутой) системы с течением времени не изменяется.

2) Изменение импульса тела за некоторый промежуток времени равно импульсу силы, действующей на это тело за этот же промежуток времени.

3) Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость.

4) Результирующий импульс изолированной (замкнутой) системы с течением времени не изменяется.

5) Результирующая всех сил, действующих на тело, равна скорости изменения импульса.

102. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 16 м/с. На высоте h кинетическая энергия равна потенциальной. Определить эту высоту.

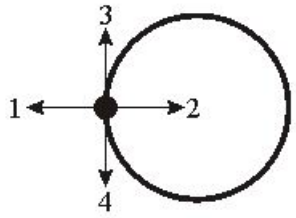
1) 10 м 2) 7,3 м 3) 6,4 м 4) 16 м

103. Тело брошено горизонтально с высоты $h = 20$ м. Траектория его описывается уравнением $y = 20 - 0{,}05x^2$. Максимальная дальность полета тела равна

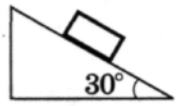
1) 40 м; 2) 30 м; 3) 20 м; 4) 10 м.

104. Тело движется равнозамедленно по окружности в направлении против часовой стрелки. Как направлены векторы нормального и тангенциального ускорений при таком движении?

1) $a_n - 2$ , $a_\tau - 4$ .
2) $a_n - 2$ , $a_\tau - 3$ .
3) $a_n - 3$ , $a_\tau - 1$ .
4) $a_n - 4$ , $a_\tau - 2$ .
5) $a_n - 1$ , $a_\tau - 4$ .

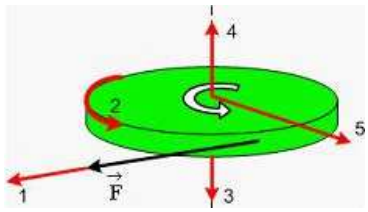



105. Брусок массой 0,2 кг покоится на наклонной плоскости . Коэффициент трения между поверхностями бруска и плоскости равен 0,6. Сила трения равна




1) 0,5 Н 2) 1 Н 3) 1,7 Н 4) 2 Н

106. Колесо вращается так, как показано на рисунке белой стрелкой. К ободу колеса приложена сила, направленная по касательной. Правильно изображает угловое ускорение колеса вектор…




1) 2; 2) 3; 3) 5; 4) 1; 5) 4.

107. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$. Определить угловое ускорение маховика

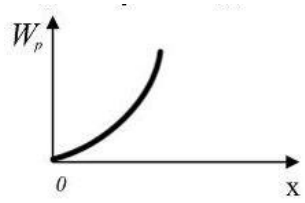
1) 5 рад/с$^2$ 2) 6 рад/с$^2$ 3) 2 рад/с$^2$ 4) 3,5 рад/с$^2$

108. Для того, чтобы раскрутить диск радиуса $R_1$ вокруг своей оси до угловой скорости ω, необходимо совершить работу $A_1$. Под прессом диск становится тоньше, но радиус его возрастает до $R_2=2R_1$.

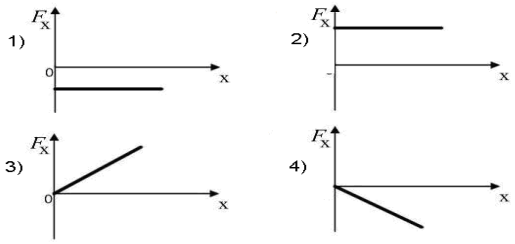
Для того, чтобы раскрутить его до той же угловой скорости, необходимо совершить работу…

1) $A_2=1/2\ A_1$
2) $A_2=4A_1$
3) $A_2=2\ A_1$
4) $A_2=1/4\ A_1$

109. В потенциальном поле сила F пропорциональна градиенту потенциальной энергии $W_p$. Если график зависимости потенциальной энергии $W_p$ от координаты x имеет вид, представленный на рисунке,




то зависимость проекции силы $F_x$ на ось x будет…




110. Человек сидит в центре вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси карусели и держит в руках вертикально тяжелый шест за его середину. Если он сместит шест, оставляя его в вертикальном положении, в направлении от центра карусели, то частота вращения в конечном состоянии

1) уменьшится; 2) не изменится; 3) увеличится; 4) станет равной нулю

111. Тело массой 2 кг поднято над Землей. Его потенциальная энергия 400 Дж. Если на поверхности Земли потенциальная энергия равна нулю и силами сопротивления воздуха можно пренебречь, скорость, с которой тело упадет на Землю, составит…

1) 14 м/с; 2) 10 м/с; 3) 20 м/с; 4) 40 м/с.

112. Для того, чтобы время полета было максимальным при данном модуле начальной скорости, тело следует бросить под углом … к горизонту.

1) $30^0$; 2) $90^0$; 3) $45^0$; 4) $60^0$.

113. Две материальные точки движутся по окружностям радиусами $R_1$ и $R_2$, причем $R_2 = 2R_1$ При условии равенства линейных скоростей точек их центростремительные ускорения связаны соотношением

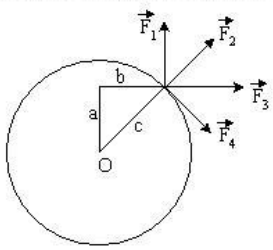
1) $a_1 = 2a_2$ 2) $a_1 = a_2$ 3) $a_1 = 0{,}5a_2$ 4) $a_1 = 4a_2$

113. Планета имеет радиус в 2 раза меньше радиуса Земли. Известно, что ускорение свободного падения на этой планете равно 9,8 м/с$^2$. Чему равно отношение массы планеты к массе Земли?

1) 0,25 2) 0,5 3)1 4)2

114. К точке, лежащей на внешней поверхности диска, приложены 4 силы. Если ось вращения проходит через центр О диска перпендикулярно плоскости рисунка, то плечо силы $F_1$ равно….

1) b; 2) a; 3) 0; 4) c.




115. Маховое колесо, вращающееся с частотой 240 мин$^{-1}$, останавливается в течение 0,5 мин. Сколько оборотов оно сделало до остановки, если его движение равнозамедленное?

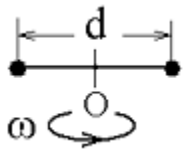
1) 20 2) 30 3) 45 4) 60

116. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.

1) 15 кг·м$^2$ 2) 21 кг·м$^2$ 3) 18 кг·м$^2$ 4) 27 кг·м$^2$

117. Два маленьких массивных шарика закреплены на концах невесомого стержня длины d. Стержень может вращаться в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через середину стержня. Стержень раскрутили до угловой скорости $\omega_1$. Под действием трения стержень остановился, при этом выделилось тепло $Q_1$. Если стержень раскручен до угловой скорости $\omega_2=3\ \omega_1$, то при остановке стержня выделится тепло…

1) $Q_2=1/9\ Q_1$
2) $Q_2=9\ Q_1$
3) $Q_2=1/3\ Q_1$
4) $Q_2=3\ Q_1$




118. На неподвижный бильярдный шар налетел другой такой же с импульсом P=0,5 кг•м/с. После удара шары разлетелись под прямым углом так, что импульс первого шара стал $P_1$=0,3 кг•м/с. Импульс второго шара после удара…

1) 0,4 кг•м/с
2) 0,3 кг•м/с
3) 0,2 кг•м/с
4) 0,5 кг•м/с

119. Обруч массой m = 0,3 кг и R = 0,5 м привели во вращение, сообщив ему энергию вращательного движения 1200 Дж и опустили на пол так, что его ось вращения оказалась параллельной плоскости пола. Если обруч начал двигаться без проскальзывания, имея кинетическую энергию поступательного движения 200 Дж, то сила трения совершила работу, равную…

1) 1400 Дж; 2) 1000 Дж; 3) 600 Дж; 4) 800 Дж.

120. Первый камень массой т = 0,1 кг брошен под углом $\alpha = 30°$ к горизонту с начальной скоростью $v_0$=10 м/с. Второй такой же камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью 5 м/с из того же начального положения. Максимальная высота подъема второго камня ...

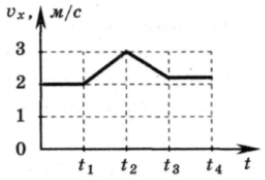
1) больше высоты подъема первого камня;
2) равна высоте подъема первого камня;
3) может быть как больше, так и меньше высоты первого камня;
4) меньше высоты подъема первого камня.

121. Если $a_\tau$ и $a_n$ – тангенциальная и нормальная составляющие ускорения, то соотношения: $a_\tau \neq 0$, $a_n \neq 0$ справедливы для…

1) прямолинейного равноускоренного движения;
2) прямолинейного равномерного движения;
3) равнопеременного криволинейного движения;
4) равномерного движения по окружности

122. На рисунке изображен график зависимости модуля скорости вагона от времени в инерциальной системе отсчета. В течение каких промежутков времени суммарная сила, действующая на вагон со стороны других тел, равнялась нулю, если вагон двигался прямолинейно?

1) 0-$t_1$, $t_3$-$t_4$ 3) $t_1$ - $t_2$, $t_2$ - $t_3$
2) 0- $t_4$ 4) таких промежутков времени нет



123. Маховик вращался, делая 8 оборотов в секунду. Под действием постоянного тормозящего момента 100 Н·м он остановился через 50 с. Момент инерции маховика...
1) 50 кг·м$^2$ 2) 100 кг·м$^2$ 3) 150 кг·м$^2$ 4) 200 кг·м$^2$

124. Шар катится по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?
1) 5/7 2) 3/4 3) 2/3 4) 1/2

125. Какую линейную скорость приобретет центр шара, если шар скатится с наклонной плоскости высотой 1м?
1) 2 м/с 2) 4,5 м/с 3) 3,7 м/с 4) 5,9 м/с

Тема 2: Молекулярная физика и термодинамика

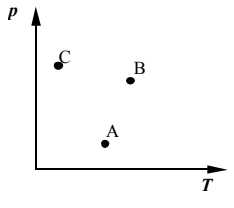
1. Идеальный газ это система, состоящая из…
1) молекул кислорода;
2) молекул различных газов;
3) многоатомных молекул;
4) взаимодействующих атомов;
5) невзаимодействующих материальных точек.

2. Выберите уравнение Менделеева-Клапейрона.

1) $p = p_0(1 + \alpha T)$.
2) $pV = const$.
3) $V = V_0\alpha T$.
4) $M/\mu = \nu$.
5) $pV = \nu RT$.

3. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза средняя квадратичная скорость движения его молекул:
1) увеличится в 2 раза;
2) увеличится в 6 раз;
3) уменьшится в 8 раз;
4) увеличится в 4 раза.

4. Объемы трех состояний одной и той же массы идеального газа, обозначенных на графике точками А, В и С на диаграмме p – T, связаны между собой соотношением:
1) $V_A > V_B > V_C$; 2) $V_A < V_B < V_C$;
3) $V_C > V_B < V_A$; 4) $V_A < V_B$ , $V_B > V_C$;




5. В 1 кг воды содержится…
1) 55,5 моль ($3{,}3\cdot10^{25}$ молекул); 2) 100 моль ($6\cdot10^{23}$ молекул);
3) 18 моль ($18\cdot10^{23}$ молекул); 4) 1 моль ($10^{23}$ молекул).

6. Укажите утверждение, с которым Вы согласны.
Количество теплоты – это…
1) энергия, передаваемая телу в процессе совершения работы;
2) энергия, передаваемая и получаемая телом в процессе теплопередачи;

3) сумма кинетической и потенциальной энергий молекул тела;
4) энергия, передаваемая телу в процессе упорядоченного движения.

7. Укажите верную запись I начала термодинамики.

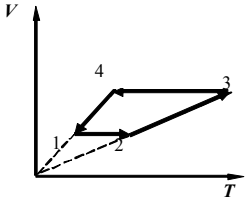
1) $Q = m \cdot C\,(T_2 - T_1)$.

2) $Q = \Delta U + A$.

3) $Q = I^2 R\,t$.

4) $\eta = \frac{A}{Q}$ .

8. На рисунке представлен график изменения состояния идеального газа. На каком участке работа имеет максимальное по модулю значение?




1) 1 – 2; 2) 2 – 3;
3) 3 – 4; 4) 4 – 1.

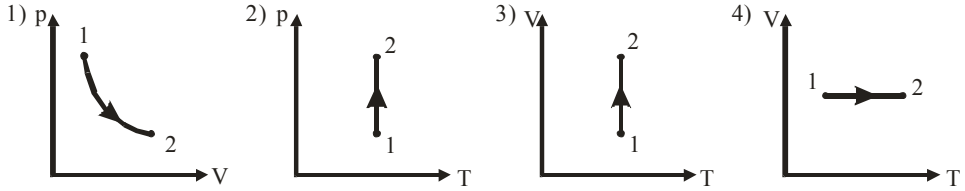
9. Чему равно число степеней свободы молекул двухатомного газа?
1) i = 2;
2) i = 3;
3) i = 4;
4) i = 5;
5) i = 6.

10. Какое количество теплоты нужно передать двум молям идеального одноатомного газа, чтобы увеличить его объем в 3 раза при постоянном давлении? Начальная температура газа $T_0$.
1) $2RT_0$; 2) $4\ RT_0$; 3) $10\ RT_0$; 4) $6\ RT_0$; 5) $5\ RT_0$.

11. Давление газа при его нагревании в закрытом сосуде увеличивается. Это можно объяснить увеличением…
1) концентрации молекул;
2) расстояний между молекулами;
3) средней кинетической энергии молекул;
4) средней потенциальной энергии молекул.

12. Объем одного моля идеального газа при нормальных условиях ($t=0^0$C; p = 101 кПа) равен…
1) 8,31 л; 2) 22,4 л; 3) $10^3$ м$^3$; 4) зависит от природы газа

13. Какой график соответствует процессу изотермического сжатия системы?

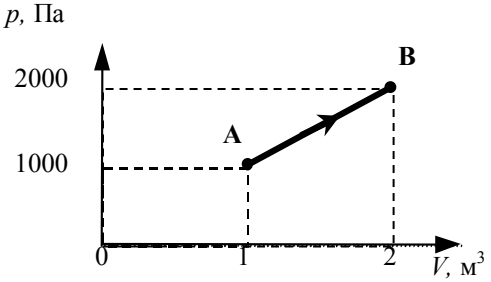



14. Абсолютная температура газа возросла в 2 раза. Во сколько раз изменилась наиболее вероятная скорость молекул?

1) Не изменилась.
2) Увеличилась в 1, 41 раза.
3) Уменьшилась в 2 раза.
4) Увеличилась в 2 раза.
5.) Увеличилась в 4 раза.

15. При переходе из состояния А в состояние В температура идеального газа

1) увеличилась в 2 раза;
2) увеличилась в 4 раза
3) уменьшилась в 2 раза;
4) уменьшилась в 4 раза.




16. Какие из перечисленных видов энергии входят в состав внутренней энергии тела?

а) кинетическая энергия хаотического (теплового) движения молекул;
б) потенциальная энергия взаимодействия молекул;
в) кинетическая энергия тела как целого относительно других тел;
г) механическая энергия;

1) в; 2) а, б; 3) г; 4) а, в.

17. Газ совершает наименьшую работу, если его расширение от объема $V_1$ до $V_2$ происходит…

1) адиабатически;
2) изохорически;
3) изотермически;
4) изобарически;
5) сначала изохорически, затем адиабатно.

18. Укажите формулу для расчета коэффициента полезного действия цикла Карно.

1) $\frac{T_2 - T_1}{T_2}$; 2) $Q_1 - Q_2$; 3) $\frac{T_1 + T_2}{T_1}$; 4) $\frac{A}{Q_1}$; 5) $\frac{Q_1}{A}$.

19. Верно ли, что…

1) при любом круговом процессе система не может совершать работу большую, чем количество тепла, подведенное к ней извне;
2) тепло, подведенное к системе, затрачивается на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы над внешними телами;
3) невозможно такое периодически движущееся устройство, единственным и конечным результатом которого было бы превращение внутренней энергии в механическую?;

4) механическая энергия может превращаться во внутреннюю полностью, а внутренняя в механическую -лишь частично переведена во внутреннюю.

1) 1; 2) 1, 2, 3, 4; 3) 2, 3; 4) 1, 3; 5) 3, 4.

20. Гелий, находящийся при нормальных условиях, изотермически расширяется от 1 л до 2 л. Найти количество теплоты, сообщенное газу.

1) 69 Дж; 2) 100 Дж 3) 690 Дж; 4) 1000 Дж.

21. Какие утверждения справедливы для идеального газа?

1) Взаимодействие молекул на расстоянии отсутствует.
2) Уравнение Менделеева-Клапейрона описывает состояние газа.
3) Молекулы газа взаимодействуют на расстоянии.
4) Внутренняя энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергии взаимодействия молекул газа.
5) Собственным объемом молекул можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится.

1) 4; 2) 1; 3) 2; 4) 5; 5) 1, 2, 5.

22. Воздух в комнате состоит из смеси газов: кислорода, азота, углекислого газа, паров воды и др. Какие из физических параметров этих газов обязательно одинаковы при тепловом равновесии?

1) парциальное давление; 2) температура; 3) концентрация; 4) объем.

23. Абсолютная температура газа уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз изменилась средняя квадратичная скорость молекул?

1) Уменьшилась в 2 раза.
2) Не изменилась.
3) Уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз.
4) Увеличилась в 2 раза.
5) Уменьшилась в 4 раза.

24. Укажите численное значение универсальной газовой постоянной.

1) 8, $31 \cdot 10^{23}$ Дж/(моль К);
2) $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К;
3) $6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$;
4) 8, 31 Дж/(моль);
5) 8, 31 Дж/(моль К).

25. Молекулы какого газа обладают наименьшим числом степеней свободы?

1) водорода; 2) азота; 3) гелия; 4) кислорода; 5) углекислого газа.

26. Какие утверждения могут служить формулировкой второго начала термодинамики?

1) Энтропия – скалярная физическая величина, характеризующая состояние системы, приращение которой при обратимом процессе равно количеству приведенного тепла, полученному системой в этом процессе
2) На круговом процессе система не может совершать работу без подвода энергии извне или совершать работу, большую, чем подводимая извне энергия.
3) Невозможно периодически действующее устройство, которое превращало бы тепло в работу полностью

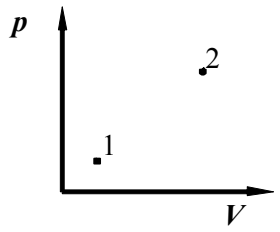
4) Невозможно периодически действующее устройство, которое совершало бы работу бóльшую, чем подводимое тепло

1) 1; 2) 2; 3) 2, 3, 4; 4) 3; 5) 4.

27. Что называется молярной теплоемкостью идеального газа?

1) Работа, совершенная одним молем газа при нагревании на 1 К.
2) Изменение внутренней энергии газа при нагревании моля на 1 К.
3) Количество теплоты для нагревания одного моля моля газа на 1 К.
4) Количество теплоты для нагревания 1 кг газа на 1 К.
5) Изменение внутренней энергии газа при нагревании 1 кг на 1 К.

28. Газ переходит из состояния 1 в состояние 2. В первом случае сначала по изохоре, а затем по изобаре, а в другом случае, наоборот, сначала по изобаре, а затем по изохоре. Сравните работу, совершаемую системой в двух случаях, и сообщаемое системе количество теплоты.




1) одинаковое;
2) в первом случае работа больше и количество теплоты больше;
3) во втором случае работа больше и количество теплоты больше;
4) в первом случае работа меньше, а количество теплоты больше.

29. Первый закон термодинамики в дифференциальной форме записывается так:

1) $\delta Q = \delta A + dV$;
2) $\delta Q = A + dU$;
3) $Q = A + \Delta U$;
4) $\delta Q = \delta A + dU$;
5) $dQ = dA + dU$.

30. Тепловая машина с КПД 60 % получает за цикл от нагревателя 100 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за цикл холодильнику?

1) 40 Дж; 2) 60 Дж; 3) 100 Дж; 4) 160 Дж.

31. Укажите уравнение Менделеева-Клапейрона для 1 моля газа.

1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$; 2) $pV^{\gamma} = \text{const}$; 3) $pV_m = RT$;

4) $\frac{pV}{T} = \text{const}$; 5) $\left(p + \frac{a}{V_m^{\,2}}\right)(V_m - b) = RT$.

32. Изменение на 100 $^0$C температуры газа с 300 $^0$C до 400 $^0$C соответствует изменению температуры по шкале Кельвина на…

1) 573 К; 2) 673 К; 3) 273 К; 4) 100 К.

33. Действия каких сил компенсируются когда подводная лодка покоится в толще воды ?

1) силы тяжести и силы Архимеда;

2) Силы тяжести и суммы сил упругости дна и силы Архимеда, если под дном лодки есть вода;
3) силы тяжести , силы давления воды и силы упругости дна, если под дном лодки совершенно нет воды;
4) силы тяжести и силы давления воды

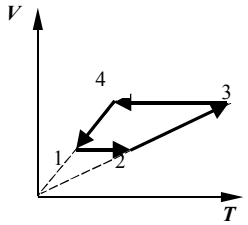
34. При некотором процессе, проведенном с идеальным газом, соотношение между давлением и объемом газа P·V= const. Как изменится температура газа, если давление увеличится в 4 раза?
1)Увеличится в 2 раза. 2) Увеличится в 4 раза.
3) Уменьшится в 4 раза. 4) Останется без изменений.

35. Какое число молекул находится в комнате объемом 80 м$^3$ при температуре 17 °С и давлении 100 кПа?
1) $4\cdot10^{27}$; 2) $2\cdot10^{26}$ 3) $2\cdot10^{27}$; 4) $2\cdot10^{28}$.

36. Какой физический смысл имеет универсальная газовая постоянная?

1) Равна работе, которую совершает 1 моль газа при нагревании на 1 К при адиабатическом процессе.
2) Равна работе, которую совершает 1 моль идеального газа при нагревании на 1 К при изобарическом процессе.
3) Равна работе, которую совершает 1 моль газа при нагревании на 1 К при изохорном процессе.
4) Равна изменению внутренней энергии 1 моля идеального газа при изобарном нагревании на 1 К.
5) Равна изменению внутренней энергии 1 моля идеального газа при адиабатном процессе.

37. На рисунке представлен график изменения состояния идеального газа. На каком участке работа газа имеет максимальное по модулю значение?




1) 1 – 2; 2) 2 – 3;
3) 3 – 4; 4) 4 – 1.

38. Укажите формулу для расчета коэффициента полезного действия цикла Карно.
1) $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$; 2) $Q_1 - Q_2$; 3) $\frac{T_1 + T_2}{T_1}$; 4) $\frac{Q_2}{Q_1}$; 5) $\frac{Q_1}{A}$.

39. Система совершает работу только за счет убыли своей внутренней энергии. Какой процесс при этом происходит?

1) Изотермический
2) Изохорический
3) Адиабатический
4) Изобарический
5) Политропический

40. При изотермическом расширении 10 г азота, находящегося при температуре17 °С, была совершена работа 860 Дж. Во сколько раз изменилось давление при расширении?
1) Уменьшилось в 2 раза.

2) Увеличилось в 2,7 раза.
3) Уменьшилось в 2,7 раза.
4) Увеличилось в 2 раза.

41. От каких термодинамических параметров зависит энергия молекулы газа?
1) От P, V, T. 2) От P. 3) От V. 4) От T.
P- давление газа, V- объем газа, T – абсолютная температура газа

42. Абсолютная температура газа уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз изменилась наиболее вероятная скорость молекул?
1) Уменьшилась в 4 раза.
2) Увеличилась в 1, 41 раза.
3) Уменьшилась в 2 раза.
4) Уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз.
5) Не изменилась.

43. Укажите уравнение Ван-дер-Ваальса для 1 моля газа.

1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$; 7) $pV^{\gamma} = \text{const}$; 3) $pV_m = RT$;

4) $\left(p + \frac{a}{V_m^{\,2}}\right)(V_m - b) = RT$; 5) $\frac{pV}{T} = \text{const}$.

2.5.5. При температуре $T_0$ и давлении $p_0$ один моль идеального газа занимает объем $V_0$. Каков объем двух молей этого газа при давлении $2p_0$ и температуре $2T_0$?
1) $4V_0$; 2) $2V_0$; 3) $V_0$; 4) $8V_0$.

44. Укажите верную формулировку I закона термодинамики.
1) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внутренних сил и изменение полной энергии системы.
2) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внешних сил и изменение внутренней энергии системы.
3) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на изменение работы системы и повышение внутренней энергии системы.
4) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внешних сил.
5) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы.

45. Укажите утверждение, с которым Вы согласны.

Количество теплоты –это…

1) энергия, передаваемая телу в процессе совершения работы;
2) энергия, передаваемая и получаемая телом в процессе теплопередачи;
3) сумма кинетической и потенциальной энергий молекул тела;
4) энергия, передаваемая телу в процессе упорядоченного движения.

46. Что называется удельной теплоемкостью?
1) Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К.
2) Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 моля вещества на 1 К.
3) Количество теплоты, необходимое для нагревания всей массы вещества.
4) Работа, совершаемая газом, при изменении его объема.

5) Изменение внутренней энергии.

47. Найдите уравнение Пуассона.

1) $pV^{\gamma} = const$; 2) $\frac{C_p}{C_V}$; 3) $pV = const$; 4) $A = -\Delta U$; 5) $\frac{i+2}{i}$.

48. 10 г кислорода находятся в сосуде под давлением 300 кПа и температуре 10 °С. После изобарического нагревания газ занял объем 10 л. Работа, совершенная газом при расширении равна…

1) 2,3 кДж; 2) 3,2 кДж; 3) 5 кДж; 4) 32 кДж.

49. Укажите запись закона Шарля.

1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$. 2) $pV = const$. 3) $\frac{p}{T} = const$.

4) $\frac{pV}{T} = const$. 5) $p = \frac{2}{3}n < E >$.

49. При изотермическом процессе в газе не изменяются…

1) давление;
2) объем;
3) температура;
4) масса и объем;
5) масса и температура.

50. Как изменяется давление идеального газа с высотой?

1) увеличивается по линейному закону;
2) уменьшается по линейному закону;
3) уменьшается по экспоненциальному закону;
4) увеличивается по экспоненциальному закону.

51. При неизменной концентрации частиц идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 3 раза. При этом давление газа

1) уменьшилось в 3 раза;
2) увеличилось в 3 раза;
3) увеличилось в 9 раз;
4) не изменилось.

52. В 1 кг спирта $C_2H_5OH$ содержится…

1) 55,5 моль ($3{,}3 \cdot 10^{25}$ молекул);
2) 100 моль ($6 \cdot 10^{23}$ молекул);
3) 21,7 моль ($1{,}3 \cdot 10^{25}$ молекул);
4) 1 моль ($10^{23}$ молекул).

53. Первый закон термодинамики в дифференциальной форме для адиабатического процесса записывается так:

1) $A = dU$;
2) $A = -\Delta U$;
3) $Q = A + \Delta U$;
4) $\delta A = -dU$;
5) $\delta Q = \delta A + dU$.

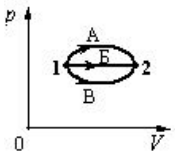
54. Какой цикл называется прямым?

1) Круговой процесс, состоящий из двух изотермических и двух адиабатических процессов.
2) Процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой.
3) Круговой процесс, в котором рабочее тело совершает положительную работу.
4) Круговой процесс, в котором рабочее тело совершает отрицательную работу.
5) Круговой процесс, происходящий в идеальном газе.

55. Чему равно число степеней свободы молекул одноатомного газа?

1) i = 2.
2) i = 3.
3) i = 4.
4) i = 5.
5) i = 6.

56. В каком из процессов перехода идеального газа из состояния 1 в состояние 2, изображенном на pV-диаграмме (см. рис.), газ совершает наибольшую работу?




1) А; 2) Б; 3) В;
4) во всех трех процессах газ совершает одинаковую работу.

57. Тепловой двигатель за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 3 кДж и отдает холодильнику количество теплоты, равное 2,4 кДж. КПД двигателя равен…

1) 20 %; 2) 25 %; 3) 80 %; 4) 120 %.

58. Найдите выражение закона Дальтона.

1) p V=const. 2) p = nkT. 3) $p = p_1 + p_2 + \ldots + p_N$.
4) $\Delta p = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$. 5) $h = \frac{2\alpha\cos\theta}{\rho g r}$.

58. Что такое число степеней свободы?
1) Максимальное количество независимых координат, необходимых для однозначного описания положения молекулы в пространстве.
2) Минимальное количество независимых координат, необходимых для описания положения молекулы в пространстве.
3) Минимальное количество координат, необходимых для однозначного описания положения молекулы в атоме.
4) Количество координат, необходимых для однозначного описания положения молекулы в кристаллической решетке.
5) Минимальное количество независимых координат, необходимых для однозначного описания положения молекулы в пространстве.
59. Укажите численное значение постоянной Больцмана.

1) $1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К; 2) $1{,}38\cdot10^{23}$ Дж/К; 3) $6{,}02\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$;
4) 8, 31 Дж/(моль); 5) 8, 31 Дж/(моль К).

60. Абсолютная температура газа возросла в 2 раза. Во сколько раз изменилась средняя арифметическая скорость молекул?

1) Не изменилась.
2) Уменьшилась в 1, 41 раза.
3) Увеличилась в $\sqrt{2}$ раз.
4) Увеличилась в 2 раза.
5) Увеличилась в 4 раза.

61. Первый закон термодинамики в интегральной форме для изохорического процесса записывается так:
1) $Q = \Delta U$;
2) $Q = A$;
3) $Q = A + \Delta U$;
4) $A = -\Delta U$;
5) $\delta Q = \delta A + dU$.

62. Что называется молярной теплоемкостью идеального газа?
1) Работа, совершенная одним молем газа при его нагревании на 1 К
2) Изменение внутренней энергии газа при нагревании моля на 1 К
3) Количество теплоты, необходимое для нагревания одного моля газа на 1 К
4) Изменение внутренней энергии газа при нагревании 1 кг газа на 1 К
5) Работа, совершаемая одним молем газа при его охлаждении на 1 К?

63. Как изменится КПД цикла Карно, если уменьшить температуру холодильника в 2 раза?
1) уменьшится в 2 раза;
2) не изменится;
3) увеличится;
4) уменьшится;
5) увеличится в 2 раза.

64. Какое утверждение может служить формулировкой второго начала термодинамики?
1) Любая тепловая машина имеет холодильник и нагреватель.
2) Термодинамическая вероятность какого-либо макросостояния системы, состоящей из невзаимодействующих частей, равна произведению термодинамических вероятностей соответствующих макросостояний этих частей.
3) Наиболее вероятным направлением изменения энтропии замкнутой неравновесной системы является ее возрастание.
4) Равновесный процесс обратим.

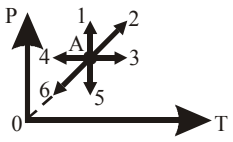
65. Двухатомный газ, находящийся при давлении 2 МПа и температуре 27 °С, сжимается адиабатически в 2 раза. Давление газа после сжатия равно…
1) 53 МПа; 2) 4 МПа; 3) 5,3 МПа; 4) 40 МПа.

66. Какие утверждения справедливы для идеального газа?
А) Молекулы газа – очень маленькие упругие шарики, обладающие массой.
Б) Учитывается только силы притяжения между молекулами газа.
В) Потенциальной энергией молекул газа пренебрегают, учитывается только их средняя кинетическая энергия поступательного движения.
1) только А; 2) только Б; 3) только В; 4) А и В.

67. При кипении воды…
А) увеличивается ее внутренняя энергия;
Б) увеличивается ее температура
Выберите верное утверждение:

1) только А; 2) только Б; 3) А и Б; 4) Ни А, ни Б.

68. На графике изображены процессы в координатах давление Р – температура Т, имеющие одинаковое исходное состояние А. Какие из графиков являются изохорой идеального газа? Укажите номера.




1) 1,5

2) 2,61

3) 4,3

4) 1

5) 4

69. Уравнение Ван-дер-Ваальса хорошо описывает состояние…
1) реального газа.
2) разряженного газа.
3) одноатомного газа
4) идеального газа.
5) многоатомного газа.

70. Укажите формулу для расчета наиболее вероятной скорости.

1) $\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$; 2) $\sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$; 3) $\sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$; 4) $\sqrt{\frac{8RT}{\mu}}$; 5) $\sqrt{\frac{2kT}{\mu}}$.

71. Укажите верную запись I начала термодинамики.

1. $Q = m \cdot C\,(T_2 - T_1)$.
2. $Q = \Delta U + A$.
3. $Q = I^2 R\,t$
4. $\eta = \frac{A}{Q}$
5. $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

72. Молекулы какого газа обладают наименьшим числом степеней свободы?
1) $H_2$. 2) $N_2$. 3) He. 4) $O_2$. 5) $CO_2$.

73. Верно ли, что?

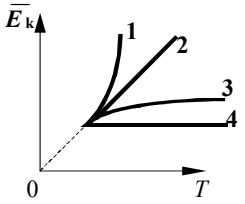
1) Теплопередача зависит от характера процесса.
2) Количество тепла – это энергия хаотического движения частиц, которую передают тела друг другу в процессе теплообмена.
3) За счет тепла может изменяться внутренняя энергия тел и совершаться работа.
4) Все тепло может быть полностью без потерь превращено в работу.
5) Механическая энергия может быть полностью переведена во внутреннюю.

1) 2,3,5 2) 1 3)2 4)5 5) 4

74. Абсолютная температура нагревателя тепловой машины в 2 раза больше абсолютной температуры холодильника. Чему равен КПД тепловой машины?
1) 25 %; 2) 50 %; 3) 75 %; 4) 100 %.

75. При изотермическом сжатии от 4 м$^3$ до 1 м$^3$ газ передал окружающей среде 25 кДж теплоты? Начальное давление газа равно…
1) 6, 25 кПа; 2) 4,6 кПа; 3) 3 кПа; 4) 25 кПа.

76. Какой график верно изображает зависимость средней кинетической энергии частиц идеального газа от абсолютной температуры?

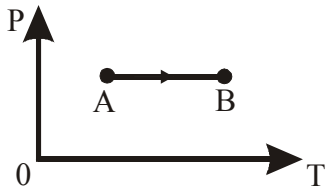



1) 1; 2) 2;
3) 3; 4) 4.

77. Что характеризует функция распределения Максвелла?

1) Относительное число молекул, которые в данный момент времени имеют значения скорости, лежащие в интервале 5 м/ с вблизи заданной скорости.
2) Точное число молекул, которые в данный момент времени имеют значения скорости, лежащие в единичном интервале скоростей вблизи заданной скорости.
3) Относительное число молекул, которые в данный момент времени имеют заданную скорость.
4) Общее число молекул, которые в данный момент времени имеют заданную скорость.
5) Вероятность того, что молекулы в данный момент времени имеют значения скорости, лежащие в единичном интервале скоростей вблизи заданной скорости.

78. На рисунке в координатах давление Р – температура Т стрелкой указано направление изопроцесса идеального газа. Что это за процесс?




1) Изохорическое нагревание.
2) Изобарическое охлаждение.
3) Изотермическое расширение.
4)Изобарическое нагревание.
5)Изохорическое охлаждение.

79. В закрытом сосуде температура газа увеличилась от 10 до 50 °С. Как изменилось давление газа?

1) Увеличилось в 5 раз;

2) Уменьшилось в 5 раз;

3) Не изменилась;

4) Среди ответов 1)- 3)нет правильного.

80. Система совершает работу только за счет убыли своей внутренней энергии. Какой процесс при этом происходит?

1)Изотермический.
2)Изохорический.
3)Адиабатический.
4)Изобарический.
5)Политропический.

81. Выберите правильные утверждения.

1) Теплопередача зависит от характера процесса.
2) Количество тепла – это энергия хаотического движения частиц, которую передают тела друг другу в процессе теплообмена.
3) За счет тепла может изменяться внутренняя энергия тел и совершаться работа.
4) Все тепло может быть полностью без потерь превращено в работу.
5) Механическая энергия может быть полностью переведена во внутреннюю.
1) 2 2) 3 3) 2,3,5 4) 5 5) 4

82. Сколько степеней свободы имеет трехатомная молекула?

1) 5; 2) 3; 3) 6; 4) 4; 5) 2.

83. Первый закон термодинамики в интегральной форме для изотермического процесса записывается так:
1) $Q = \Delta U$;
2) $Q = A$;
3) $Q = A + \Delta U$;
4) $A = -\Delta U$;
5) $\delta Q = \delta A + dU$.

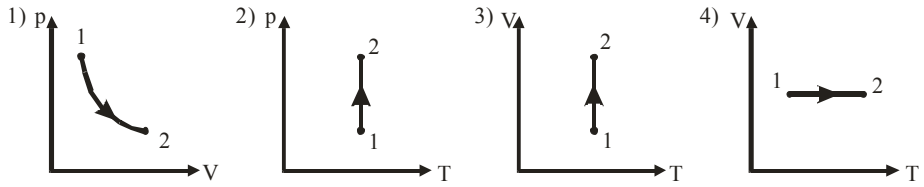
84. Одноатомный газ нагревают при постоянном давлении. Какая доля сообщенного газу тепла Q идет на совершение работы?

1) 0,2 Q; 2) 0,4 Q; 3) 0,6 Q; 4) 0,8 Q; 5) 0,

85. Выберите уравнение состояния идеального газа.

1) $p = p_o(1 + \alpha t)$; 2) $pV = const$; 3) $V = V_o \alpha t$;
4) $M/\mu = \nu$; 5) $pV = \nu RT$.

86. Какой график характеризует процесс изобарического сжатия?




87. Ацетилен из баллона с давлением P поступает через редуктор в газовую горелку. При этом его давление уменьшается в десять раз, а температура T убывает вдвое. Как изменится его молярная масса?
1)Увеличится в 5 раз.
2)Уменьшится в 5 раз.
3)Увеличится в 10 раз.
4)Не изменится.
5)Уменьшится в 10 раз.

88. Какая постоянная характеризует число молекул, содержащихся в одном моле различных веществ?

1)Постоянная Больцмана;
2)Универсальная газовая постоянная;
3)Число Авогадро;
4)Гравитационная постоянная;
5)Постоянная Планка.

89. Укажите верную запись I начала термодинамики.

1. $Q = m \cdot C\,(T_2 - T_1)$. 2. $Q = \Delta U + A$. 3. $\eta = \frac{A}{Q}$.

4. $Q = I^2 R\,t$. 5. $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

90. Как изменяется внутренняя энергия вещества при его переходе из жидкого состояния в газообразное при постоянной температуре?
1)Увеличится или уменьшится в зависимости от внешних условий.
2)Останется постоянной.
3)Изменяется по-разному в зависимости от природы вещества.
4)Уменьшается.
5)Увеличивается.

91. Укажите вариант верного утверждения.
Количество теплоты – это …
1) энергия, передаваемая телу в процессе совершения работы;
2) энергия, которой обменивается тело с другими телами в процессе теплопередачи;
3) сумма кинетической и потенциальной энергий молекул тела;
4) процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения работы;
5) энергия, передаваемая телу в процессе упорядоченного движения.

92. Молекулы какого газа обладают наименьшим числом степеней свободы?
1)$H_2$
2)$N_2$
3)He
4)$O_2$
5)$CO_2$

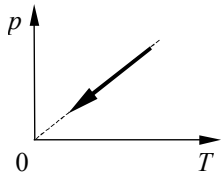
93. Укажите запись объединенного газового закона.

1. $pV = \frac{m}{\mu} RT.$
2. $pV = \text{const}.$
3. $\nu = \frac{N}{N_A}.$
4. $\frac{pV}{T} = \text{const}.$
5. $p = \frac{2}{3} n < E >.$

94. Что характеризует функция распределения Максвелла?
1) Относительное число молекул, которые в данный момент времени имеют заданную скорость.

2) Точное число молекул, которые в данный момент времени имеют значения скорости, лежащие в единичном интервале скоростей вблизи заданной скорости.
3) Вероятность того, что молекулы в данный момент времени имеют значения скорости, лежащие в единичном интервале скоростей вблизи заданной скорости.
4) Общее число молекул, которые в данный момент времени имеют заданную скорость.
5) Относительное число молекул, которые в данный момент времени имеют значения скорости, лежащие в интервале 5 м/ с вблизи заданной скорости.

95. На рисунке изображен график зависимости давления газа на стенки сосуда от температуры. Какой процесс изменения состояния газа изображен?




1) изобарное нагревание;
2) изохорное охлаждение;
3) изотермическое сжатие;
4) изохорное нагревание.

96. Молярная теплоемкость двухатомных газов при постоянном объеме равна…
1) 0,5 R; 2) 1,5 R; 3) 2,5 R; 4) 3 R; 5) 3,5 R.

97. Абсолютную температуру газа и его объем одновременно увеличили в 2 раза. Как при этом изменится давление газа?

1) увеличится в 2 раза; 2) увеличится в 4 раза;

3) уменьшится в 2 раза; 4) уменьшится в 4 раза;

5) не изменится.

98. Укажите верную запись первого начала термодинамики.

1) $Q = mc(T_2 - T_1)$; 2) $Q = \Delta U + A$;

3) $Q = I^2Rt$; 4) $\eta = \frac{A}{Q}$.

99. Какие из перечисленных видов энергии входят в состав внутренней энергии тела?

1) Кинетическая энергия хаотического (теплового) движения молекул.
2) Потенциальная энергия взаимодействия молекул.
3) Кинетическая энергия тела как целого относительно других тел.
4) Механическая энергия.
5) Атомная энергия.

1) 3; 2)1, 2; 3) 4; 4) 1, 3; 5) 5.

100. Какое утверждение может служить формулировкой второго начала термодинамики?
1) Энтропия – мера атомного (молекулярного) беспорядка в системе.
2) Количество тепла, подведенное к системе, затрачивается на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы против внешних сил.
3) В адиабатически замкнутой системе энтропия при любом процессе (обратимом и необратимом) не может убывать.
4) Прибора для измерения энтропии не существует.
5) КПД тепловой машины < 1.

101. Чему равен коэффициент Пуассона для трехатомного газа?

1) 1,4; 2) 1,33; 3) 3; 4) 6; 5) 1,67.

102. При адиабатическом охлаждении 2 молей одноатомного газа его температура уменьшилась на величину ΔT. Какая работа A была совершена газом при этом?

1) $A = -\frac{3}{2} R\Delta T$; 2) $A = \frac{3}{2} R\Delta T$;

3) $A = \frac{5}{2} R\Delta T$; 4) $A = -3R\Delta T$; 5) $A = 3R\Delta T$.

103. Нагреватель и холодильник идеальной тепловой машины имеют температуры 100 °C и 20 °C. КПД такой машины равен…

1) 80 %; 2) 21,5 %; 3) 27.3 %; 4) 4 %.

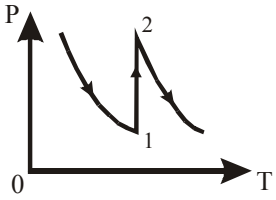
104. Какие утверждения справедливы для идеального газа?
1) Взаимодействие молекул на расстоянии отсутствует.
2) Уравнение Менделеева-Клапейрона описывает состояние газа.
3) Молекулы газа взаимодействуют на расстоянии.
4) Внутренняя энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергии взаимодействия молекул газа.
5) Собственным объемом молекул можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится.

1) 3; 2) 1, 2, 5; 3) 4; 4) 3, 4.

105. Укажите формулу для расчета средней арифметической скорости.

1) $\sqrt{\frac{8RT}{\mu}}$; 2) $\sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$; 3) $\sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$; 4) $\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$; 5) $\sqrt{\frac{3kT}{\mu}}$.

106. Для данной массы идеального газа изменение давления P в зависимости от объема V представлено на рисунке. Какой процесс соответствует переходу газа из состояния 1 в состояние 2?




1) Изотермическое увеличение давления.
2) Изохорическое уменьшение температуры.
3) Изохорическое увеличение давления.
4) Изобарическое увеличение температуры.
5) Изохорическое уменьшение давления.

107. При взвешивании груза в воздухе показание динамометра равно 2 Н. При опускании груза в воду показание динамометра уменьшается до 1,5 Н. Выталкивающая сила равна…

1) 0,5 Н; 2) 1,5 Н; 3) 2 Н; 4) 3,5 Н.

108. При осуществлении какого изопроцесса увеличение давления в 2 раза приведет к увеличению температуры тоже в 2 раза?
1) Изотермического.
2) Изобарного.
3) Изохорного.
4) Такого процесса не может быть в принципе.

109. Какое утверждение ошибочно?
1) Изменение внутренней энергии системы равно работе системы против внешних сил.
2) Энтропия замкнутой системы стремится к максимуму.

3) Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого является передача теплоты от менее нагретого тела к более нагретому.
4) Невозможен вечный двигатель второго рода.
5) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внешних сил и изменение внутренней энергии системы.

110. Какой физический смысл имеет универсальная газовая постоянная?

1) Равна работе, которую совершает 1 моль газа при нагревании на 1 К при адиабатическом процессе.
2) Равна работе, которую совершает 1 моль идеального газа газа при нагревании на 1 К при изобарическом процессе.
3) Равна работе, которую совершает 1 моль газа при нагревании на 1 К при изохорном процессе.
4) Равна изменению внутренней энергии 1 моля идеального газа при изобарном нагревании на 1 К.
5) Равна изменению внутренней энергии 1 моля идеального газа при адиабатном процессе.

111. Найдите уравнение адиабатного процесса.

1) $A = -\Delta U$; 2) $\frac{C_p}{C_V}$; 3) $pV = \text{const}$; 4) $pV^{\gamma} = \text{const}$; 5) $\frac{i+2}{i}$.

112. Газ совершает наибольшую работу, если его расширение от объема $V_1$ до $V_2$ происходит…
1) адиабатически;
2) изохорически;
3) изотермически;
4) изобарически;
5) сначала изохорически, затем адиабатно.

113. Тепловая машина с КПД 40 % за цикл получает от нагревателя 100 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за цикл холодильнику?

1) 40 Дж.
2) 60 Дж.
3) 100 Дж.
4) 160 Дж.
5) 140 Дж.

114. Приведите верную запись закона Бойля-Мариотта.

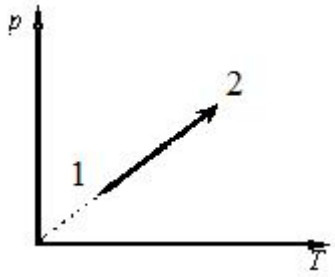
1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$. 2) $p = nkT$. 3) $p = F/S$.
4) $pV = \text{const}$. 5) $p/V = \text{const}$.

115. Как изменяется характер кривой распределения Максвелла при увеличении температуры?
1) Максимальное значение увеличивается, максимум смещается вправо.
2) Максимальное значение уменьшается, максимум смещается влево.
3) Максимальное значение уменьшается, максимум смещается вправо.
4) Максимальное значение увеличивается, максимум смещается влево.

5) Не изменяется.

116. Какой процесс соответствует переходу идеального газа из состояния 1 в состояние 2?

1) Изотермический.
2) Изобарический.
3) Изохорический.
4) Адиабатический.
5) Политропический.




117. Найти плотность водорода при температуре 15 °С и давлении 97,3 кПа.
1) 0,1 кг/м$^3$; 2) 0,08 кг/м$^3$; 3) 0,05 кг/м$^3$; 4) 0,2 кг/м$^3$.

118. Что называется молярной теплоемкостью идеального газа?
1) Работа, совершенная одним молем газа при его нагревании на 1 К.
2) Изменение внутренней энергии газа при нагревании моля на 1 К.
3) Количество теплоты, необходимое для нагревания одного моля газа на 1 К.
4) Изменение внутренней энергии газа при нагревании 1 кг газа на 1 К.
5) Работа, совершаемая одним молем газа при его охлаждении на 1 К.

119. Укажите верные утверждения.
1) Теплопередача зависит от характера процесса.
2) Количество тепла – это энергия хаотического движения частиц, которую передают тела друг другу в процессе теплообмена.
3) За счет тепла может изменяться внутренняя энергия тел и совершаться работа.
4) Все тепло может быть полностью без потерь превращено в работу.
5) Механическая энергия может быть полностью переведена во внутреннюю.
1) 1, 2, 3; 2) 4; 3) 5; 4) 4, 5; 5)3, 5.

120. Идеальному газу сообщили количество теплоты 400 Дж. Газ расширился, совершив работу 600 Дж. Внутренняя энергия газа при этом

1) увеличилась на 1000 Дж; 2) увеличилась на 200 Дж;
3) уменьшилась на 1000 Дж; 4) уменьшилась на 200 Дж.

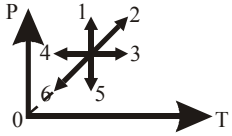
121. Как изменится КПД цикла Карно, если увеличить температуру нагревателя в 2 раза?
1) уменьшится; 2) не изменится;
3) уменьшится в 2 раза; 4) увеличится;
5) увеличится в 2 раза.

122. Сколько вращательных степеней свободы имеет двухатомная молекулы?
1) 5; 2) 6; 3) 3; 4) 7; 5) 2.

123. Выберите закон Гей-Люссака.

1) $p = p_0(1 + \alpha T)$.
2) $pV = \text{const}$.
3) $V/T = \text{const}$.
4) $M/\mu = \nu$.
5) $pV = \nu RT$.

124. На графике изображены процессы в координатах давление Р – температура Т, имеющие одинаковое исходное состояние. Какие из графиков являются изохорой идеального газа?




1) 1 2) 2,6 3)3,4

4) 1,5 5) 2

125. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 4 раза средняя квадратичная скорость движения его молекул:

1) увеличится в 2 раза; 2) увеличится в $\sqrt{2}$ раз;

3) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз; 4) увеличится в 4 раза.

126. Какое число частиц находится в 16 г кислорода?

1) $5\cdot10^{23}$; 2) $2\cdot10^{23}$; 3) $3\cdot10^{23}$; 4) $6\cdot10^{23}$.

127. Что называется удельной теплоемкостью?

1) Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К.
2) Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 моля вещества на 1 К.
3) Количество теплоты, необходимое для нагревания всей массы вещества.
4) Работа, совершаемая газом, при изменении его объема.
5) Изменение внутренней энергии.

128. Укажите верную формулировку I закона термодинамики для адиабатического процесса.

1) За счет изменения внутренней энергии система совершает работу против внешних сил.
2) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внешних сил.
3) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на изменение работы системы и повышение внутренней энергии системы.
4) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внешних сил и изменение внутренней энергии системы.
5) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы.

129. Что называется циклом Карно?

1) Круговой процесс, состоящий из двух изобарических и двух адиабатических процессов.
2) Круговой процесс, состоящий из двух изотермических и двух адиабатических процессов.
3) Процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой.
4) Обратный процесс, состоящий из двух изотермических и двух адиабатических процессов.
5) Круговой процесс, происходящий в идеальном газе.

130. Укажите формулу для расчета показателя адиабаты.

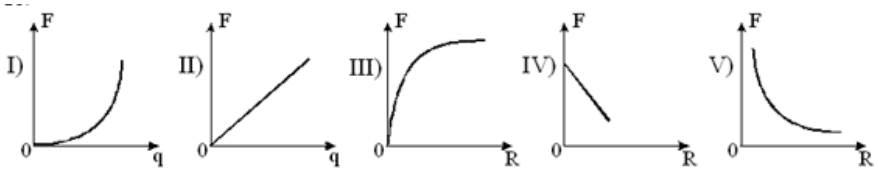
1) $\frac{i}{i+2}$; 2) $\frac{C_p}{C_V}$; 3) $pV^{\gamma} = \text{const}$; 4) $\frac{C_V}{C_p}$; 5) $\frac{i+2}{2}$.

131. До какой температуры охладится воздух, находящийся при 0°С, если он расширяется адиабатически в 2 раза?

1) 250 К; 2) 200 К; 3) 207 К; 4) 220 К.

Тема 3: Электричество и магнетизм

1. Какие из нижеприведенных графиков наиболее точно отражают зависимость кулоновской силы F от величины одного из зарядов q и расстояния между ними R?

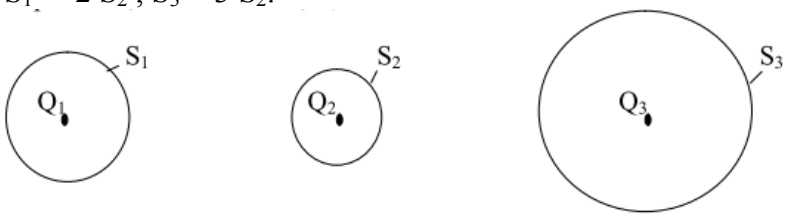



1) I, III ; 2) I, III, V ; 3) II, III, V ; 4) II, V .

2. По какой из приведенных ниже формул можно рассчитать в СИ модуль напряженности электростатического поля точечного заряда q, находящегося в однородном изотропном диэлектрике?

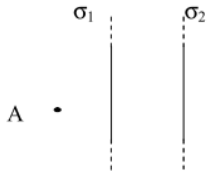
1) $E = \frac{q}{r}$; 2) $E = \frac{kq}{r}$; 3) $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$; 4) $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$.

3. Сферические поверхности охватывают точечные заряды $Q_1 = 3Q$, $Q_2 = 6Q$, $Q_3 = 2Q$. Сравните потоки вектора напряженности поля зарядов сквозь эти поверхности, если $S_1 = 2 \cdot S_2$ , $S_3 = 3 \cdot S_2$.

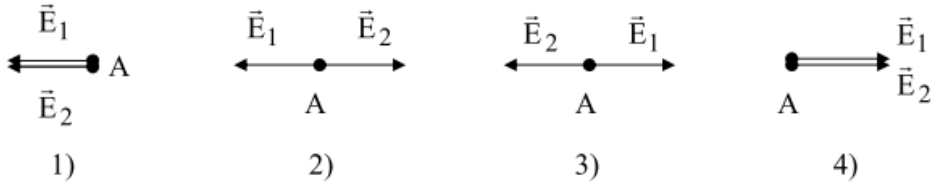



1) $\Phi_1=\Phi_2=\Phi_3$; 2) $\Phi_1>\Phi_2>\Phi_3$; 3) $\Phi_3>\Phi_1>\Phi_2$; 4) $\Phi_1<\Phi_2<\Phi_3$.

4. Поле создано двумя параллельными бесконечными равномерно заряженными плоскостями. Поверхностные плотности заряда плоскостей $\sigma_1$ и $\sigma_2$ , причем $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ (см.рис.).




Укажите рисунок векторов $\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$ в точке А, где $\vec{E}_1$ — напряженность поля первой плоскости, $\vec{E}_2$ — напряженность поля второй плоскости.



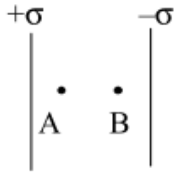

5. По какой из приведенных ниже формул можно рассчитать в СИ потенциал электростатического поля точечного заряда q, находящегося в однородном изотропном диэлектрике?

1) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$; 2) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$; 3) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$; 4) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$.

6. Электроемкость батареи, состоящей из двух конденсаторов, соединенных параллельно, определяется по формуле:

1) $C = C_1 + C_2$; 2) ) $C = C_1 - C_2$; 3) $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$; 4) $C = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$.

7. Сравните в точках А и В объемные плотности энергий электростатического поля заряженного плоского конденсатора.

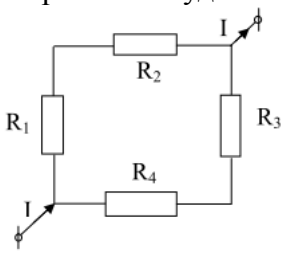



1) $w_A = w_B$; 2) $w_A > w_B$; 3) $w_A < w_B$; 4) $w_A = w_B = 0$.

8. Какая из приведенных ниже формул является математическим выражением закона Ома для однородного участка цепи?

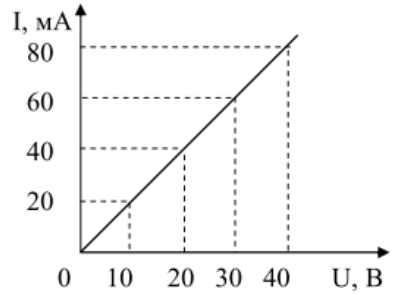
1) $I = \frac{U}{R}$; 2) $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$; 3) $I = \frac{\varepsilon}{r}$; 4) $I = \sum_{i=1}^{n} I_i$.

9. При пропускании тока по участку цепи, состоящему из сопротивлений $R_1$ = 5 Ом, $R_2$ =1 Ом, $R_3$ = 8 Ом, $R_4$ = 4 Ом, соединенных как показано на схеме, наибольшее падение напряжения будет на сопротивлении…




1) $R_1$; 2) $R_2$; 3) $R_3$; 4) $R_4$;

10. Зависимость тока I, протекающего через сопротивление R от напряжения U, дана на рисунке. Чему равна мощность, выделяемая на сопротивлении R при U = 40 В?




1) 1,6 Вт; 2) 2,1 Вт; 3) 2,8 Вт; 4) 3,2 Вт.

11. Из предложенных формулировок выберите формулировку закона Кулона:

1) Сила взаимодействия двух зарядов прямо пропорциональна их величинам, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними;

2) Сила взаимодействия двух точечных зарядов прямо пропорциональна их величинам, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды;

3) Сила взаимодействия двух точечных зарядов пропорциональна их величинам и пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды;

4) Сила взаимодействия двух точечных зарядов обратно пропорциональна их величинам, прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды.

12. Точечный заряд +q находится в центре сферической поверхности. Если добавить заряд +q за пределами сферы, то поток вектора напряженности электростатического поля $\vec{E}$ через поверхность сферы…

1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится; 4) станет равным нулю.

13. Какое из нижеприведенных утверждений несправедливо?

1) Потенциал электрического поля является его энергетической характеристикой.
2) При переносе заряда из одной точки поля в другую, работа, совершаемая полем, не зависит от траектории.
3) Работа сил электростатического поля при перемещении заряда перпендикулярно силовым линиям поля равна нулю.
4) Потенциальная энергия взаимодействия заряда с однородным электростатическим полем не зависит от места расположения заряда в этом поле.

14. Электроемкость плоского конденсатора, пространство между обкладками которого заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε, в СИ определяется по формуле:

1) $C = \frac{2q}{U}$; 2) $C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{d}$; 3) $C = \varepsilon \frac{S}{d}$; 4) $C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{d}{S}$.

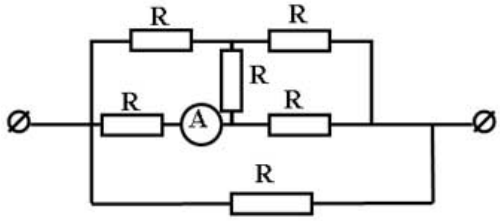
15. По какой из приведенных ниже формул можно рассчитать плотность энергии электростатического поля w заряженного конденсатора?

1) $w = \frac{q^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 S^2}$; 2) $w = \frac{2qE}{S}$; 3) $w = \frac{1}{2}\varepsilon\varepsilon_0 E^2$; 4) $w = \frac{E^2}{2\varepsilon\varepsilon_0}$.

16. Из предложенных формулировок выберите формулировку закона Ома для однородного участка цепи

1) Сила тока на однородном участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению
2) Сила тока на однородном участке цепи пропорциональна напряжению на концах этого участка и пропорциональна его сопротивлению
3) Сила тока на однородном участке цепи пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению
4) Сила тока на участке цепи обратно пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению

17. К концам цепи изображенной на рисунке, подведено напряжение 270 В. Какой ток показывает амперметр, приведенный на рисунке, если сопротивления резисторов 135 Ом?




1) 1А; 2) 4А ; 3) 2А ; 4) 0,5 А .

18. По какой из приведенных ниже формул можно рассчитать тепловую мощность тока P на внешнем участке цепи?

1) $P = I \cdot r$; 2) $P = I^2 \cdot R$; 3) $P = I\varepsilon - I^2 \cdot R$; 4) $P = I \cdot R$.

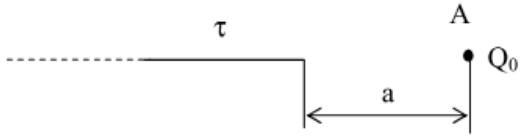
19. Два неподвижных шара, заряды которых соответственно равны $-4{,}8\cdot10^{-18}$ Кл и $9{,}6\cdot10^{-18}$ Кл, находятся на некотором расстоянии друг от друга. Во сколько раз изменится кулоновская сила взаимодействия между ними, если на первый шар поместить еще 30 электронов( $e=1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл)?

1) уменьшится в 2 раза. 2) увеличится в 2 раза.
3) уменьшится в 30 раз. 4) увеличится в 30 раз.

20. За направление вектора напряженности электростатического поля принято:

1) направление вектора силы, действующей на точечный положительный заряд, помещенный в поле;
2) направление вектора силы, действующей на точечный отрицательный заряд, помещенный в поле;
3) направление вектора скорости положительного точечного заряда, который перемещается под действием поля;
4) направление вектора скорости отрицательного точечного заряда, который перемещается под действием поля.

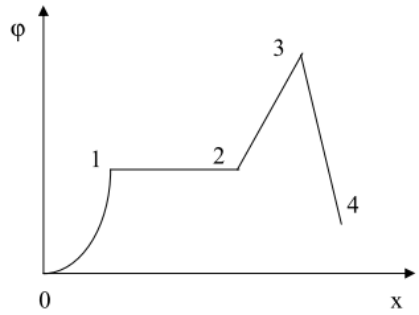
21. Полубесконечная нить имеет линейную плотность заряда $\tau = 10^{-7}$ Кл/м. Сила, действующую со стороны поля нити на точечный заряд $Q_0 = 3\cdot10^{-9}$ Кл, находящийся в точке А, удаленной от конца нити на расстояние, равное а = 0,2 м, равна…




1)13,5 Н; 2) $26\cdot10^{-4}$ Н; 3) $56\cdot10^{-4}$ Н; 4) $13{,}5\cdot10^{-6}$ Н.

22. На рисунке дана зависимость потенциала электростатического поля от координаты. На каких участках поля вектор напряженности направлен в противоположном направлении оси х?

1) 0–1, 1–2, 2–3; 2) 1–2; 3) 0–1, 2–3. 4) 3–4;




23. Какое из нижеприведенных утверждений не справедливо?

1) Увеличение диэлектрической проницаемости среды между обкладками плоского конденсатора приводит к увеличению его электроемкости.
2) Изменение электроемкости конденсатора при подключенном источнике тока не изменяет напряжение между его обкладками.
3) Работа по изменению электроемкости конденсатора, равна изменению энергии поля этого конденсатора.
4) Электроемкость конденсатора зависит от величины заряда на его обкладках.

24. Заряд сферы увеличили в 3 раза. Как изменилась энергия сферы?

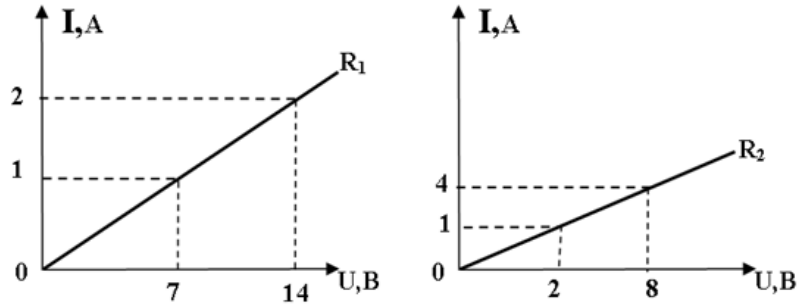
1) увеличилась в 3 раза;
2) уменьшилась в 3 раза;
3) увеличилась в 9 раз;
4) уменьшилась в 9 раз.

25. Дополните утверждение: циркуляция вектора напряженности поля сторонних сил по замкнутой электрической цепи $\oint \vec{E}_{ст} d\vec{l}$ =

1) … = 0; 2) … = ε; 3) … = U; 4) … = I
где ε – ЭДС источника, U – напряжение; I – сила тока.

26. ЭДС источника тока 8 В, его внутреннее сопротивление 1/8 Ом. К источнику подключены параллельно два сопротивления 1,5 Ом и 0,5 Ом. Полный ток в цепи равен …
1) 16 А; 2) 8 А; 3) 4 А; 4) 2 А; 5) 1 А.

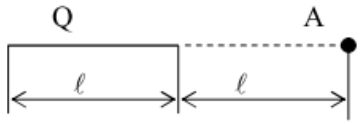
27. На рисунках представлены вольт-амперные характеристики двух резисторов. Какую мощность потребляют эти резисторы, если их соединить последовательно и подсоединить к источнику ЭДС равным 36 В ?




1) 18 Вт ; 2) 9 Вт ; 3) 36 Вт ; 4) 0,5 Вт.

28. Из предложенных формулировок выберите формулировку закона сохранения электрического заряда:
1) В любой системе сумма зарядов остается постоянной при любых взаимодействиях внутри нее.
2) В любой системе зарядов их сумма остается постоянной при любых взаимодействиях между ними.
3) В любой замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов остается постоянной при любых взаимодействиях внутри нее.
4) В любой замкнутой системе сохраняется постоянным количество заряда при любых взаимодействиях.

29. Тонкий прямой стержень длиной l = 0,1 м несет равномерно распределенный заряд $Q=3{,}0\cdot10^{-7}$ Кл. Напряженность поля, создаваемого этим зарядом в точке А, расположенной на продолжении оси стержня и удаленной от ближнего конца стержня на расстояние, равное длине стержня, будет равна




1) 0 2) 3 В/м 3) 135 кВ/м 4) 96 кВ/м.

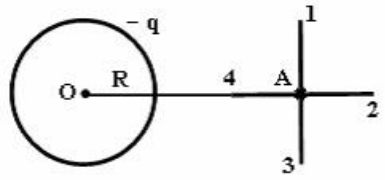
30. Точечный заряд +q находится в центре сферической поверхности. Если заряд сместить из центра сферы, оставляя его внутри нее, то поток вектора напряженности электростатического поля через поверхность:
1) увеличится; 2) не изменится; 3) уменьшится 4) станет равным нулю.

31. Напряженность поля в точке, удаленной на расстояние r от центра заряженного шара радиуса R (r > R) равна E. ($S_{шара}=4\pi R^2$). Поверхностная плотность заряда на шаре равна

1) $\sigma = \frac{E\varepsilon_0\varepsilon r^2}{R^2}$; 2) $\sigma = \frac{E\varepsilon_0\varepsilon R^2}{r^2}$;

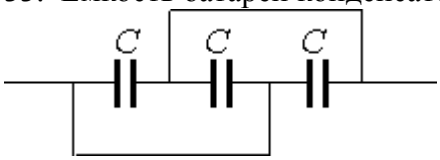
3) $\sigma = \frac{E\varepsilon_0\varepsilon R}{r}$; 4) $\sigma = \frac{E\varepsilon_0\varepsilon r}{R^2}$.

32. Поле создано равномерно заряженной сферической поверхностью с зарядом –q. Укажите направление вектора градиента потенциала в точке А.



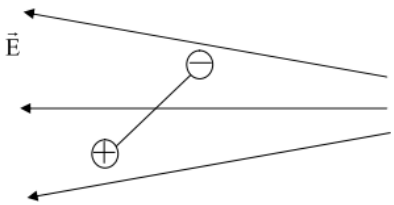

1) А – 3; 2) А – 1; 3) А – 2; 4)А – 4.

33. Емкость батареи конденсаторов, соединенных как показано на рисунке, равна:

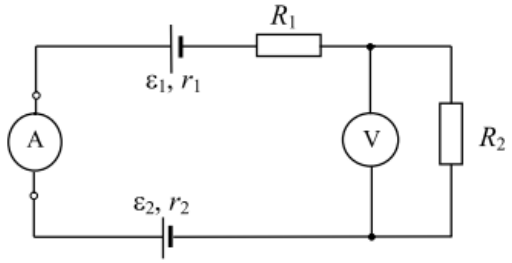



1) C/3.; 2) 3C; 3) 2C; 4) C.

34. Что будет происходить с диполем, помещенным в неоднородное электрическое поле, как показано на рисунке
1) Диполь повернется по часовой стрелке, и будет втягиваться в область сильного поля;
2) диполь повернется против часовой стрелки, и будет выталкиваться из области сильного поля;
3) диполь повернется по часовой стрелке, и будет выталкиваться из области сильного поля;
4) диполь повернется против часовой стрелки, и будет втягиваться в область сильного поля;




35. В цепи на рисунке с параметрами $\varepsilon_1$ =10 В, $\varepsilon_2$ =5 В, $r_1$ =2 Ом, $r_2$ =1 Ом, $R_1$ =10 Ом, $R_2$ =20 Ом, $R_A$ =1 Ом, $R_V$ =100 Ом, показание амперметра составляет…




1) 3,2 А; 2) 0,425 А; 3) 1 А; 4) 0,16 А.

36. Электродвижущей силой на данном участке цепи называется скалярная величина, равная работе …

а) … сторонних сил;

б) … электростатических сил;

в) … сторонних и электростатических сил по перемещению вдоль участка электрической цепи;

при перемещении …

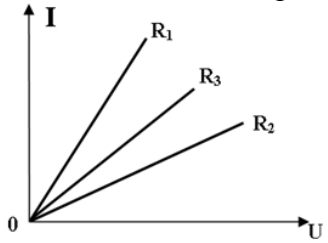
г) … электрона;

д) … положительного заряда;

е) … единичного положительного заряда.

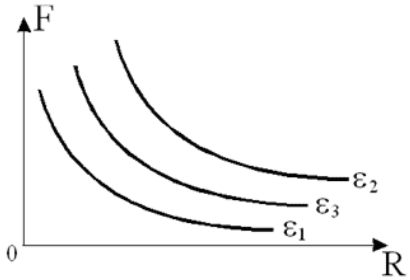
1) б, г; 2) а, е; 3) в, д; 4) а, г.

37. На рисунке показан график зависимости силы тока от напряжения для трех резисторов соединенных последовательно. В каком из нижеприведенных соотношений находятся между собой мощности, выделившееся на этих резисторах?




1) $P_1 > P_2 > P_3$ 2) $P_1 < P_2 < P_3$ 3) $P_1 > P_3 > P_2$ 4) $P_1 < P_3 < P_2$.

38. На рисунке показана зависимость кулоновских сил взаимодействия двух точечных зарядов от расстояний между ними для трех различных диэлектрических сред. В каком соотношении из нижеприведенных находятся диэлектрические проницаемости этих сред?

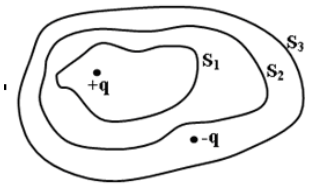



1) $\varepsilon_3 < \varepsilon_2 < \varepsilon_1$; 2) $\varepsilon_3 > \varepsilon_2 > \varepsilon_1$; 3) $\varepsilon_2 < \varepsilon_3 < \varepsilon_1$; 4) $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_1$.

39. В точке *A* напряженность поля точечного заряда 36 В/м, а в точке *C*, лежащей на прямой соединяющей заряд и точку *A* со стороны точки *A*, напряженность равна 9 В/м. Найти напряженность в точке *O* лежащей посередине между точками *A* и *C*.

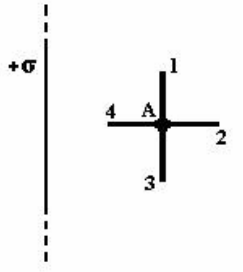
1) 600 В/м ; 2) 16 В/м ; 3)1430 В/м ; 4) 1000 В/м .

40. Дана система точечных зарядов в вакууме и замкнутые поверхности $S_1$, $S_2$, $S_3$. Поток вектора напряженности электростатического поля равен нулю через поверхность …….




1) $S_1$; 2) $S_2$; 3) $S_3$; 4) q.

41. Поле создано бесконечной равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда +σ. Укажите направление вектора градиента потенциала в точке А.




1) А – 2; 2) А – 1; 3) А – 3; 4) А – 4.

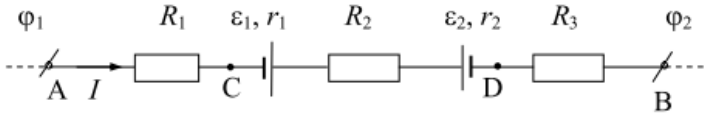
42. Плоский конденсатор емкостью 0,3 мкФ полностью заполнен слюдяными пластинами, с относительной диэлектрической проницаемостью 6, толщина каждой из которых равна 5 нм. Сколько слюдяных пластин находится между пластинами, если площадь каждой обкладки равна 50 $см^2$?

1) 880 ; 2) 2046 ; 3) 5310 ; 4) 1760.

43. На сколько процентов изменилась энергия конденсатора, если величину заряда на обкладках увеличить на 20%?

1) увеличилась на 44%. 2) уменьшилась на 40%. 3) увеличилась на 144%.
4) уменьшилась на 20%.

44. На рисунке изображен участок электрической цепи. Параметры цепи: $\varepsilon_1$ =7 В, $\varepsilon_2$ =2 В, $r_1$ =$r_2$ =1 Ом, $R_1$ =3 Ом, $R_2$ =$R_3$ =5 Ом, $\varphi_1 - \varphi_2$ =10 В. Сила тока равна…




1) 1 А; 2) 2 А; 3) 3 А; 4) 6 А.

45. Из формул, приведенных ниже, выберите ту, по которой определяется сила постоянного тока.

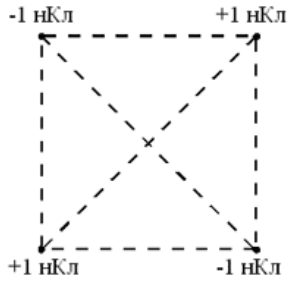
1) … = $\frac{Q}{\Delta t}$; 2) … = $\frac{dQ}{dt}$; 3) … = $\frac{dQ}{dtdS}$; 4) … = $\frac{Q}{S}$.

46. На двух одинаковых резисторах, соединенных параллельно за время t, выделилось некоторое количество теплоты. За какое время на этих резисторах, соединенных последовательно, выделится такое же количество теплоты? (Напряжение на концах цепи постоянно.)

1) 2t 2) t 3) t/2 4) 4t

47. Какие из нижеприведенных утверждений справедливы?
1) При увеличении расстоянии в два раза, напряженность поля создаваемого точечным зарядом уменьшится в четыре раза.
2) При переносе точечного заряда из вакуума в диэлектрическую среду, его напряженность в каждой точке уменьшится в $\varepsilon$раз.
3) При переносе точечного заряда из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью , число силовых линий наносимых на единицу площади увеличится в $\varepsilon$раз.
4) Скорость распространения электрических взаимодействий зависит от среды в которой происходят эти взаимодействия.
5) Силовые линии электростатического поля начинаются на отрицательных зарядах и кончаются на положительных.
1) 2,3,4 2) 2,3, 5 3) 3,5 4) 1,2,4

48. На сколько изменится величина напряженности электростатического поля в центре квадрата в вершинах которого расположены точечные заряды, если знак одного из зарядов изменить на противоположный. Расстояние от центра квадрата до каждого из зарядов равно 1 м.



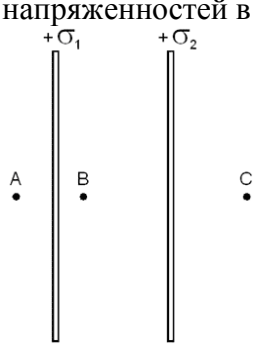

1) 3 В/м 2) 6 В/м 3) 9 В/м 4) 15 В/м

49. Из предложенных формулировок выберите формулировку теоремы Гаусса:
1) Поток вектора напряженности суммарного электрического поля сквозь любую поверхность произвольной конфигурации равен алгебраической сумме зарядов внутри этой поверхности, деленной на $\varepsilon_0$.
2) Поток вектора напряженности суммарного электрического поля сквозь замкнутую поверхность произвольной конфигурации равен алгебраической сумме зарядов внутри этой поверхности, деленной на $\varepsilon_0$.
3) Модуль вектора напряженности суммарного электрического поля равен алгебраической сумме зарядов, деленной на $\varepsilon_0$.
4) Поток вектора напряженности суммарного электрического поля сквозь замкнутую поверхность произвольной конфигурации равен алгебраической сумме зарядов внутри этой поверхности.

50. Заряды $q_1$=1мкКл и $q_2$=-1мкКл находятся на расстоянии d=10см. Определить напряженность E и потенциал $\varphi$ поля в точке, удаленной на расстояние r=10см от первого заряда и лежащей на линии, проходящей через первый заряд перпендикулярно направлению от $q_1$ к $q_2$.

1) 664 кВ/м, 26 кВ; 2) 0, 664 кВ; 3) 664 В/м, 26 В; 4) 332 кВ/м, 0.

51. Две плоскопараллельные пластины имеющие поверхностную плотность зарядов $\sigma_1$ и $\sigma_2$ расположены так, как показано на рисунке. В каком из нижеприведенных соотношений между собой находятся модули напряженностей в указанных точках?




1) $E_C > E_A > E_B$; 2) $E_A > E_B > E_C$; 3) $E_A = E_C < E_B$; 4) $E_A = E_C > E_B$.

52. Плоский воздушный конденсатор емкостью 17,6 пФ образуют квадратные пластины, расположенные на расстоянии 0,4 мм друг от друга. Определить длину одной из сторон этих пластин.

1) $4 \cdot 10^{-2}$ см 2) $2 \cdot 10^{-2}$ см 3) 2,8 см 4) 4 см

53. Дополните утверждение: циркуляция вектора напряженности поля электростатических сил по замкнутой цепи $\oint \vec{E}_{эл} d\vec{l} = ...$

1) … = I; 2) … = C; 3) … = 0, 4) …= q.

где I –сила тока в замкнутой цепи, R –электросопротивление замкнутой цепи; q –заряд, прошедший по замкнутой цепи.

54. Каким уравнением описывается первый закон Кирхгофа?

1) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ 2) $\sum_{i=1}^{n} I_i = 0$ 3) $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ 4) $\sum_{i=1}^{n} I_i R_i = \sum_{j}^{m} \varepsilon_j$

55. Сопротивление внешней цепи увеличилось на 20%. Как должно измениться внутреннее сопротивление источника тока, чтобы КПД цепи осталось прежним?

1) Уменьшится на 20%. 2) Увеличится на 20%. 3) Уменьшится на 80%.
4) Увеличится на 80%. 5) Увеличится на 40%.

56. Найти силу притяжения между ядром атома водорода и электроном. Радиус атома водорода $r=0{,}5 \cdot 10^{-10}$м; заряд ядра равен по модулю и противоположен по знаку заряду электрона ($e=1{,}6 \cdot 10^{-19}$Кл).

1) 0 Н; 2) $92{,}3 \cdot 10^{-9}$ Н; 3) $e=1{,}6 \cdot 10^{-19}$Н; 4) $92{,}3 \cdot 10^{-9}$ Дж.

57. Физическая векторная величина, определяемая отношением силы, с которой электростатическое поле действует на положительный электрический заряд, к величине этого заряда, называется:

1) напряженностью электростатического поля;
2) потенциалом электростатического поля;
3) напряжением электростатического поля;
4) плотностью энергии электростатического поля.

58. Приведите в соответствие формулы и их названия:

1) Закон Кулона;

2)Вектор напряженности электрического поля;
3) Принцип суперпозиции электрических полей;
4)Теорема Гаусса для вектора напряженности электрического поля.

А) $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'}$; Б) $F = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$ В) $\oint_S \vec{E}d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i$ Г) $\vec{E} = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i$ .

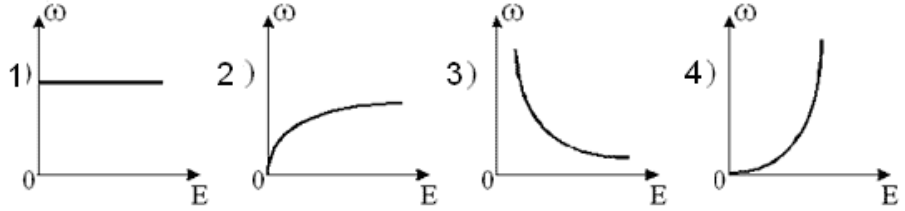
59.)Какую работу необходимо совершить при перемещении заряда 2 мкКл из бесконечности в точку, потенциал которой 10 В?

1) $5\cdot10^{-6}$ Дж ; B) $2\cdot10^{-5}$ Дж ; C) 20 Дж ; D) $-5\cdot10^{-6}$ Дж ; E)$-2\cdot10^{-5}$ Дж

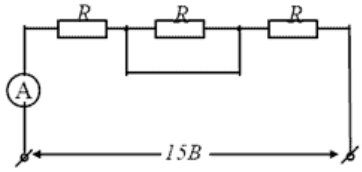
60. Какой заряд необходимо сообщить плоскому конденсатору, чтобы пылинка массой 3,2 нг, потерявшая 40 электронов, находилась бы в равновесии между пластинами этого конденсатора? Емкость конденсатора 0,6 мкФ, расстояние между его пластинами 4 мм.

1) 24 нКл 2) 6 нКл 3) 6 мкКл 4) 12 мКл 5) 12 мкКл

61. Какой из нижеприведенных графиков отражает зависимость плотности энергии электростатического поля от напряженности?

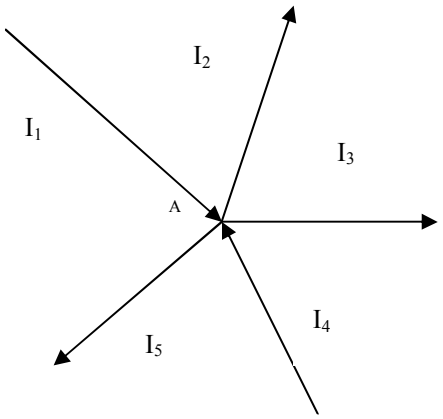



62. Какой ток покажет идеальный амперметр в цепи, изображенной на рисунке. Сопротивление каждого из резисторов 5 Ом, сопротивлением соединительных проводов пренебречь.




1) 15А 2) 2 А 3) 1,5 А 4) 1 А 5) 0,15 А

63. Какое из соотношений выражает 1-й закон Кирхгофа для узла А?




1) $I_4 - I_2 + I_1 - I_5 - I_3 = 0$; 2) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$;
3) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$; 4) $I_4 + I_2 + I_1 + I_5 + I_3 = 0$

64. Источник с эдс 6 В замкнут на внешнее сопротивление. Наибольшая мощность, выделяющаяся во внешней цепи 9 Вт, при этом в цепи течет ток 3 А. Внутреннее сопротивление источника эдс равно…

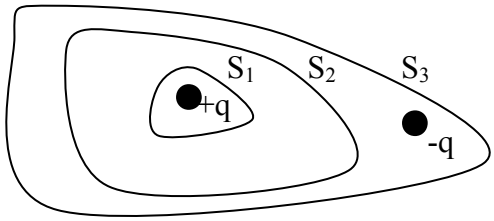
1) 0 Ом; 2) 2 Ом; 3) 1 Ом; 4) 1 А.

65. Сила взаимодействия двух отрицательно заряженных частиц, находящихся на расстоянии r друг от друга равна F. Заряд одной из частиц увеличили по модулю в 2 раза. Как необходимо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, чтобы сила их взаимодействия не изменилась?

1) увеличить в 2 раза; 2) уменьшить в $\sqrt{2}$ раз

3) уменьшить в 2 раза; 4) увеличить в $\sqrt{2}$ раз

66. Дана система точечных зарядов и замкнутые поверхности $S_1$, $S_2$, $S_3$. Поток напряженности электростатического поля отличен от нуля через поверхности




1) $S_1$
2) $S_2$
3) $S_3$
4) $S_1$ и $S_3$

67. Формула для вычисления напряженности равномерно заряженной бесконечной плоскости в вакууме имеет вид:

1) $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; 2) $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$; 3) $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$; 4) $E = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r}$.

68. Физическая скалярная величина, определяемая отношением работы электростатических сил при перемещении электрического заряда из одной точки поля в другую к числовому значению этого заряда, называется:

1) напряженностью электростатического поля;
2) потенциалом электростатического поля;
3) разностью потенциалов между точками электростатического поля;
4) плотностью энергии электростатического поля;

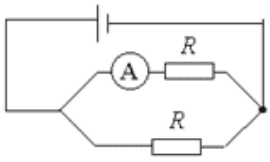
69. Напряженность электростатического поля между пластинами плоского воздушного конденсатора, подключенного к источнику постоянного напряжения равна $6\cdot10^4$ В/м. Какой станет напряженность этого поля, если увеличить расстояние между пластинами конденсатора вдвое?

1) $1{,}5\cdot10^4$ В/м 2) $3\cdot10^4$ В/м 3) $4{,}5\cdot10^4$ В/м 4) $12\cdot10^4$ В/м

70. Найти потенциал металлического шара, если на расстоянии 50 см от его центра потенциал поля равен 400 В, а на расстоянии 40 см от поверхности шара - равен 250 В.

1) 300 В; 2) 650 В; 3) 500 В 4) 300 Дж

71. Амперметр, изображенный на рисунке показывает 2 А. Определить сопротивление внешнего участка цепи, если ЭДС источника тока 12 В, а падение напряжения внутри него 4 В.



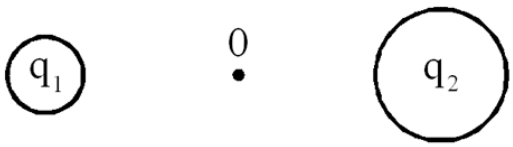

1) 4 Ом 2) 8 Ом 3) 2 Ом 4) 6 Ом

72. Укажите верную формулировку Первого правила Кирхгофа:
1) алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе есть величина постоянная
2) сила, действующая между двумя точечными зарядами пропорциональна их величинам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними
3) алгебраическая сумма токов в ветвях, сходящихся к любому узлу электрической цепи, равна нулю
4) сумма токов в ветвях, сходящихся к любому узлу электрической цепи, равна нулю

73. При каком значении внешнего сопротивления R, мощность выделяемая на внешнем участке, будет максимальной, если внутреннее сопротивление источника равна r ?
1) R = r ; 2) R=(1/2)r 3) R=2r; 4) R=4r; 5) R=(1/4)r.

74. Сколько избыточных электронов содержит пылинка в электростатическом поле с напряженностью $1{,}5\cdot10^5$ В/м, если на нее действует сила $2{,}4\cdot10^{-10}$ Н?
1) $10^2$ ; 2) $1{,}6\cdot10^5$; 3) $1{,}6\cdot10^4$; 4) $10^4$

75. Два проводящих заряженных шара диаметры которых 1 см и 3 см находятся на некотором расстоянии друг от друга. Определить напряженность поля в точке 0, отстоящей от поверхности каждого шара на 3,5 см. Заряды шаров соответственно равны 16 мкКл и 25 мкКл.




1) $18\cdot10^7$ В/м; 2) 0 В/м; 3) $6{,}6\cdot10^7$ В/м ; 4) $6{,}6\cdot10^3$ В/м

76. Во сколько раз напряженность поля в точке, отстоящей от поверхности заряженного проводящего шара на расстоянии равном радиусу, отличается от напряженности в точке, отстоящей на расстоянии равном двум радиусам?
1) В 2 раза больше. 2) В 2 раза меньше. 3) В 2,25 раз больше. 4) В 2,25 раз меньше.

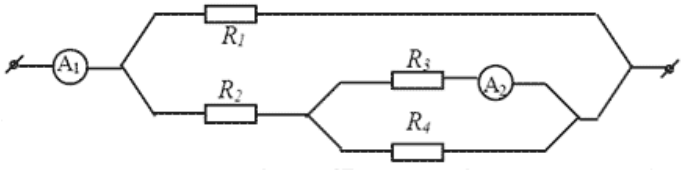
77. В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 6 см находятся два точечных заряда, заряд каждого из которых 12 нКл. Определить потенциал поля в третьей вершине.
1) 3,6 кВ; 2) 36 кВ 3) 0 4) 4 кВ 5) 0,4 кВ

78. Три одинаковых конденсатора емкостью 9 мкФ соединены параллельно и подключены к источнику тока, напряжение на зажимах которого 2 кВ. Чему равен заряд этой батареи конденсаторов?
1) 54 мКл; 2) 6 мКл 3) 162 мКл 4) 18 мКл 5) 4,5 мКл

79. На отрезке тонкого прямого проводника равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau$ =10нКл/м. Вычислить потенциал $\varphi$, создаваемый этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удаленной от ближайшего конца отрезка на расстоянии, равной длине этого отрезка.
1) 32 В; 2) 62,4В; 3) 16 В; 4) 3,2 В.

80. При последовательном подключении к сети двух проводников сила тока в 6,25 раз меньше, чем при параллельном подключении этих проводников. Во сколько раз отличаются сопротивления проводников?
1) 2; 2) 4; 3) 6; 4) 8.

9) Идеальный амперметр $A_1$ показывает 6 А (см. рис.). Определить показания второго амперметра, если: $R_1$=20 Ом; $R_2$=10 Ом; $R_3$=15 Ом; $R_4$=30 Ом.




1) 1,5 А 2) 0,5 А 3) 3 А 4) 2 А

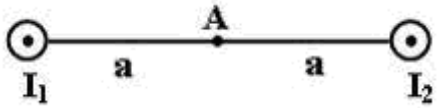
81. Источник тока ЭДС которого 6В, дает максимальную силу тока 3А. Сколько теплоты выделится на сопротивлении 10 Ом, при подсоединении к этому источнику тока за 2 мин?

1) 300 кДж ; 2) 5 кДж ; 3) 0,15 кДж ; 4) 0,3 кДж .

82. Вокруг металлического проводника возникает магнитное поле в случае…

1) Движения проводника;
2) Нагревания проводника;
3) Вращения проводника;
4) Помещения проводника в электрическое поле;
5) Пропускания по проводнику электрического тока.

2. Магнитное поле создано двумя параллельными длинными проводниками с токами $I_1$ и $I_2$, расположенными перпендикулярно плоскости рисунка. Если $I_1 = 2I_2$, то вектор индукции результирующего поля в точке А направлен…

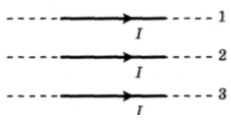



1) Вверх;
2) Влево;
3) Вниз;
4) Вправо.

83. В магнитном поле В на прямой проводник длиной L с током I действует сила Ампера, которая равна $F = IBL\sin\alpha$, где $\alpha$ - угол между…

1) I и B;
2) B и L;
3) B и нормалью к L;
4) I и L;
5) I и нормалью к L.

84. На проводник №2 со стороны двух других проводников действует сила Ампера (см. рисунок). Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, и расстояния между соседними проводниками одинаковы, I— сила тока. Сила Ампера в этом случае…




1) Направлена вверх ↑;
2) Направлена вниз ↓;
3) Направлена от нас;
4) Равна нулю.

85.Два первоначально покоящихся электрона ускоряются в электрическом поле: первый в поле с разностью потенциалов U, второй — 4U. Ускорившиеся электроны попадают в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны скорости движения электронов. Отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электронов в магнитном поле равно…

1) 0,25;
2) 0,5;
3) 0,5√2;
4)√2.

86 .Возникающая в замкнутом контуре электродвижущая сила индукции зависит от…
1) Величины магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную данным контуром;
2) Скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную данным контуром;
3) Сопротивления контура;
4) Величины индукции внешнего магнитного поля;
5) Скорости изменения индуктивности внешнего магнитного поля.

87.В магнитное поле, изменяющееся по закону B = 0,1cos4πt, помещена квадратная рамка со стороной a =10 см. Нормаль к рамке совпадает с направлением изменения поля. ЭДС индукции, возникающая в рамке, изменяется по закону...
1. $E_i = -10^{-3} \sin 4\pi t$;
2. $E_i = -4\pi \cdot 10^{-3} \sin 4\pi t$;
3. $E_i = 4\pi \cdot 10^{-2} \sin 4\pi t$;
4. $E_i = 10^{-3} \sin 4\pi t$.

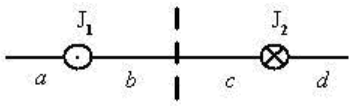
88.В чем заключается явление самоиндукции?
1)В изменении индуктивности контура при изменении тока в нем;
2)В увеличении индукционного тока в контуре при увеличении основного тока в нем;
3)В уменьшении индукционного тока в контуре при уменьшении основного тока в нем;
4)В возникновении индукционного тока в контуре при изменении основного тока в нем;
5)В возникновении основного тока в контуре при изменении индукционного тока в нем.

89.Чему равна энергия магнитного поля катушки с индуктивностью 3 Гн при силе тока в ней 2 А?
1) 3 Дж;
2) 6 Дж;
3) 1,5 Дж;
4) 2/3 Дж;
5)1/3 Дж.

90. Какие вещества называются магнетиками?
1) Намагниченные вещества;
2) Вещества, намагничивающиеся против приложенного магнитного поля;
3) Вещества, намагничивающиеся вдоль приложенного магнитного поля;
4) Все вещества без исключения;
5) Постоянные магниты.

91. Выберите правильное утверждение. Магнитное поле порождается…
1) Магнитными зарядами;
2) Движущимися зарядами;
3) Покоящимися зарядами;
4) Движущимися атомами;
5) Движущимися молекулами.

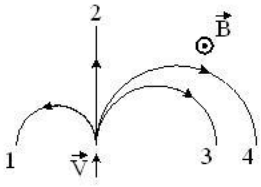
92.На рисунке изображены сечения двух параллельных прямолинейных длинных проводников с противоположно направленными токами, причем $J_1=2J_2$ Индукция $B$ результирующего магнитного поля равна нулю в некоторой точке интервала.




1) a;
2) c;
3) d;
4.) b.

93.В каком случае прямой провод с током I, помещенный в магнитное поле с индукцией B, испытывает максимальную силу?
1) При I = const;
2) При B = const;
3) Когда проводник расположен под углом 45 градусов к полю;
4) Когда проводник расположен вдоль поля;
5) Когда проводник расположен перпендикулярно полю.

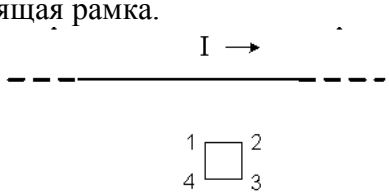
94. На рисунке указаны траектории заряженных частиц, имеющих одинаковую скорость и влетающих в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости чертежа. При этом для частицы 3…




1) $q_3 < 0$;
2) $q_3 > 0$;
3) $q_3 = 0$.
4) $q_3 = q_4$.

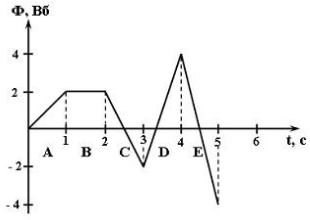
95. Нейтрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции на расстоянии L друг от друга с одинаковыми скоростями v. Отношение модуля силы, действующей со стороны магнитного поля на нейтрон, к модулю силы, действующей на протон, в этот момент времени равно…
1) 1;
2) 0;
3) 2000;
4) 1/2000.

96. На рисунке показан длинный проводник с током, в одной плоскости с которым находится небольшая проводящая рамка.




При выключении в проводнике тока заданного направления, в рамке…
1) Возникает индукционный ток в направлении 4-3-2-1;
2) Индукционного тока не возникает;
3) Возникает индукционный ток в направлении 1-2-3-4.
4) Величина индукционного тока в рамке будет возрастать.

97. На рисунке представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени. ЭДС индукции в контуре не возникает на интервале…




1) E;
2) C;
3) B;
4) D;
5) A.

98.Укажите номера правильных утверждений. Индуктивность некоторого проводника зависит от:
1) Размеров;
2) Формы;
3) Магнитных свойств среды, в которой он находится;
4) Силы тока в нем;
5)Материала, из которого он изготовлен.

99. Индуктивность рамки $L$ = 40мГн. Если за время $\Delta t$ = 0,01с сила тока в рамке увеличилась на $\Delta I$ = 0,2А, то ЭДС самоиндукции, наведенная в рамке, равна...
1) 80 В;
2) 8 В;
3) 800 В;
4) 0,8 В.

100. Какой из перечисленных материалов является ферромагнетиком?
1) Медь;
2) Алюминий;
3) Пластмасса;
4) Железо;
5) Стекло.

101. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля имеет вид:

$$\oint_{(L)} \vec{E}\,d\vec{l} = -\int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \qquad \oint_{(L)} \vec{H}d\vec{l} = \int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right) d\vec{S}$$

$$\oint_{(S)} \vec{D}\,d\vec{S} = \int_{(V)} \rho dV \qquad \oint_{(S)} \vec{B}\,d\vec{S} = 0$$

Следующая система уравнений:

$$\oint_{(L)} \vec{E}\,d\vec{l} = 0 \qquad \oint_{(L)} \vec{E}\,d\vec{l} = \int_{(S)} \vec{j}\,d\vec{S}$$

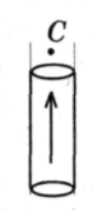
$$\oint_{(S)} \vec{D}\,d\vec{S} = \int_{(V)} \rho dV \qquad \oint_{(S)} \vec{B}\,d\vec{S} = 0$$

Вторая система уравнений справедлива для…
1) Переменного электромагнитного поля при наличии заряженных тел и токов проводимости;

2) Стационарных электрических и магнитных полей;
3) Стационарного электромагнитного поля в отсутствие заряженных тел;
4) Стационарного электромагнитного поля в отсутствие токов проводимости.

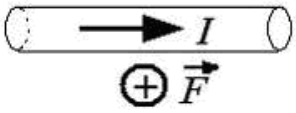
102. Как можно обнаружить магнитное поле? По его действию на…
1) Неподвижный электрический заряд;
2) Магнитную стрелку;
3) Проводник с током;
4) Проводник без тока;
5)Рамку с током.

103. На рисунке изображен проводник, через который идет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке С?

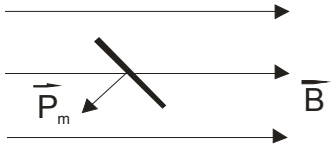



1) В плоскости чертежа ↑;
2) От нас перпендикулярно плоскости чертежа;
3) К нам перпендикулярно плоскости чертежа;
4) Вектор магнитной индукции в точке С равен нулю.

104. В однородном магнитном поле на горизонтальный проводник с током, направленным вправо, действует сила Ампера, направленная перпендикулярно плоскости рисунка от наблюдателя. При этом линии магнитной индукции поля направлены…
1) Влево;
2) Вниз;
3) Вправо;
4) Вверх.




105. Рамка с током с магнитным моментом, направление которого указано на рисунке, находится в однородном магнитном поле.




Момент сил, действующих нарамку, направлен…
1) Перпендикулярно плоскости рисунка к нам;
2) Противоположно вектору магнитной индукции;
3) Перпендикулярно плоскости рисунка от нас;
4) По направлению вектора магнитной индукции.

106. Вблизи длинного проводника с током (ток направлен от нас) пролетает протон со скоростью $\vec{V}$.




Сила Лоренца….
1) Направлена от нас;
2) Направлена вправо;
3) Направлена влево;
4) Направлена к нам;
5) Равна нулю.

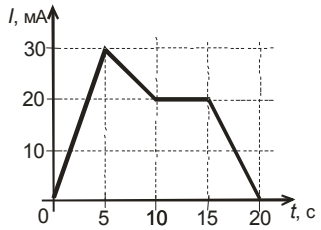
107. Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями v и 2v соответственно. Отношение модуля силы, действующей на электрон со стороны магнитного поля, к модулю силы, действующей на протон, равно…
1) 4 : 1;
2) 2 : 1;
3) 1 : 1;
4) 1 : 2.

108. В контуре, вращающимся с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле, создается…
1) Постоянный электрический ток;
2) Неизменной величины ЭДС;
3) ЭДС, изменяющаяся по гармоническому закону;
4) Ток, линейно изменяющийся во времени;
5) Напряжение, линейно возрастающее во времени.

109. В магнитном поле находится несколько витков провода, замкнутых на резистор. Если магнитный поток равномерно увеличивать от нуля до значения $\Phi_0$ сначала за время t, а потом за время 4t, то сила тока в резисторе во втором случае будет…
1) В 4 раза больше;
2) В 4 раза меньше;
3) В 2 раза больше;
4) В 2 раза меньше.

110. От чего зависит индуктивность уединенного контура?
1) От тока в контуре;
2) От скорости изменения тока в контуре;
3) От магнитного потока, пронизывающего контур;
4) От скорости изменения магнитного потока, пронизывающего контур;
5) От формы и размеров контура.

111. На рисунке показана зависимость силы тока от времени в электрической цепи с индуктивностью 1 мГн.

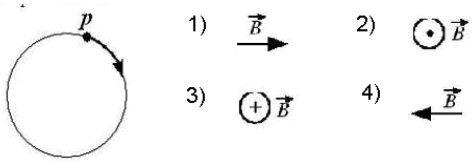



Модуль среднего значения ЭДС самоиндукции в интервале от 15 до 20 с. (в мкВ) равен…
1) 10;
2) 20;
3) 0;
4) 4.

112. Магнитная проницаемость диамагнетиков по модулю приблизительно равна…
1) 0;
2) 1;
3) 2;
4) 10;
5) 100.

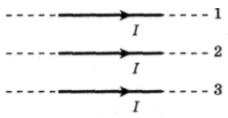
113. Какое утверждение несправедливо для магнитного поля?
1) Магнитное поле – вихревое;
2) Магнитное поле – потенциально;
3) Для магнитных полей выполняется принцип суперпозиции;
4) Поток вектора индукции магнитного поля сквозь любую замкнутую поверхность равен нулю;
5) Вихревое магнитное поле порождает переменное магнитное поле.

114. Траектория движения протона в однородном магнитном поле представляет собой окружность, расположенную в плоскости рисунка. Если протон вращается по часовой стрелке, то линии магнитной индукции поля направлены ...




115. Выберите формулировку закона Ампера. На проводник с током, помещенный в маг нитное поле, действует сила…
1) Пропорциональная силе тока в проводнике, длине проводника и индукции магнитного поля;
2) Выталкивающая его из магнитного поля;
3) Поворачивающая проводник против магнитного поля;
4) Поворачивающая проводник вдоль магнитного поля;
5) Пропорциональная току в проводнике и напряженности магнитного поля.

116. Как направлена сила Ампера, действующая на проводник №1 со стороны двух других (см. рисунок), если все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу и расстояния между со седними проводниками одинаковы? (I — сила тока.)



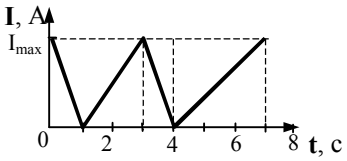

1) К нам;
2) От нас;
3) Вверх ↑;
4) Вниз ↓.

117.Укажите выражение для силы Лоренца…
1) $\vec{F} = q\vec{E}$;
2) $F = I B l \sin\alpha$;
3) $\vec{F} = q[\vec{V}\,\vec{B}]$;
4) $\vec{F} = m\vec{a}$;
5) $F = k \cdot q_1 q_2 / r^2$.

118. Два первоначально покоившихся электрона ускоряются в электрическом поле: пер вый проходит разность потенциалов U, второй — 2U. Ускорившиеся электроны попадают в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны скорости дви жения электронов. Отношение радиусов кривизны траекторий первого и второго электро нов в магнитном поле равно…
1) 0,25;
2) 0,5;
3) √2/2;
4) √2.

119.Возникающая в замкнутом контуре электродвижущая сила индукции зависит от…
1.Величины магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную данным контуром;
2.Скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную данным контуром;
3.Сопротивления контура;
4.Величины индукции внешнего магнитного поля.
5.Скорости изменения индуктивности внешнего магнитного поля.

120. На рисунке показано изменение силы тока I в катушке индуктивности от времени t. Модуль ЭДС самоиндукции принимает равные значения в промежутках времени…
1) 0 – 1 с и 1 – 3 с;
2)3 – 4 с и 4 – 7 с;
3)1 – 3 с и 4 – 7 с;
4)0 – 1 с и 3 – 4 с.




121. .Температура Кюри для железа составляет $768^0$С. При температуре $600^0$С железо яв ляется….
1) Ферромагнетиком;
2) Парамагнетиком;
3) Диамагнетиком;
4) Ферреэлектриком.

122. Какое из перечисленных ниже утверждений является ошибочным?
1) Линии вектора индукции магнитного поля всегда замкнуты;
2) Сила Лоренца действует только на движущиеся электрические заряды;
3) Магнитное поле является потенциальным полем;
4) ЭДС индукции прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока;
5) Вещества, помещенные в магнитное поле, намагничиваются.

123. Направление вектора индукции магнитного поля в данной точке пространства совпадает с направлением
1) Силы, действующей на неподвижный заряд в этой точке;
2) Силы, действующей на движущийся заряд в этой точке;
3) Северного полюса магнитной стрелки, помещенной в эту точку;
4) Южного полюса магнитной стрелки, помещенной в эту точку.

124. На рисунке изображен проводник с током, помещенный в однородное магнитное по ле с индукцией *B*, направленное перпендикулярно плоскости чертежа к нам. Укажите пра вильную комбинацию направления тока в проводнике и вектора силы Ампера.

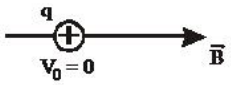



1) Ток в направлении *M*-*L*; сила Ампера - от нас;
2) Ток в направлении *L*-*M*; сила Ампера – вверх;
3) Ток в направлении *M*-*L*; сила Ампера - к нам;
4) Ток в направлении *L*-*M*; сила Ампера – вниз.

125. По горизонтально расположенному прямолинейному проводнику длиной 20 см и массой 2 г течет ток 10 А. Чтобы силу тяжести уравновесить силой Ампера, этот провод-

ник нужно поместить в магнитное поле с индукцией, модуль которой равен (линии индукции однородного магнитного поля горизонтальны и перпендикулярны проводнику)
1) 0,01Тл;
2) 0,1Тл;
3) 1Тл;
4) 10Тл.

126 .Как будет двигаться протон (+q), внесенный в однородное магнитное поле с индукцией B? Начальная скорость протона равна нулю.




1) По направлению поля, равномерно;
2) Против направления поля, равномерно;
3) По направлению поля равноускоренно;
4) По окружности в плоскости, перпендикулярной вектору индукции, с постоянной по модулю скоростью;
5) Останется неподвижным.

127. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс $m_1/m_2 = 2$ влетели в однородные магнитные поля, векторы индукции которых перпендикулярны их скорости: первая — в поле с индукцией $B_1$, вторая — в поле с индукцией $B_2$.Определите отношение кинетических энергий частиц $W_1/W_2$ если радиусы их траекторий одинаковы, а отношение модулей индукции $B_1/B_2=2$.
1) 1;
2) 2;
3) 0,25;
4) 4.

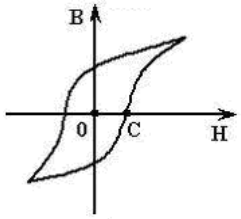
128. Какой процесс объясняется явлением электромагнитной индукции?
1) Взаимодействие двух проводов с током;
2) Возникновение электрического тока в замкнутой катушке при изменении силы тока в другой катушке, находящейся рядом с ней;
3) Отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током;
4) Возникновение силы, действующей на движущуюся заряженную частицу в магнитном поле.

129. Поток вектора магнитной индукции через рамку, площадь которой равна 0,02 $м^2$, а плоскость расположена под углом 60° к вектору B, при B = 0,05 Тл равен…
1) 0,87 мВб;
2) 0,5 мВб;
3) 1,25 мВб;
4) 2,2 мВб

130. Как изменился магнитный поток через катушку индуктивности, если при увеличении силы тока в катушке, энергия магнитного поля катушки увеличилась в 4 раза?
1) Увеличился в 4 раза;
2) Уменьшился в 4 раза;
3) Увеличился в 2 раза;
4) Остался прежним.

131. На рисунке показана зависимость проекции вектора индукции магнитного поля *B* в ферромагнетике от напряженности *H* внешнего магнитного поля.

Участок *OC* соответствует ...




1) Коэрцитивной силе ферромагнетика;
2) Магнитной индукции насыщения ферромагнетика;
3) Остаточной намагниченности ферромагнетика;
4) Остаточной магнитной индукции ферромагнетика.

Тема 4: Механические и электромагнитные колебания и волны

1. Укажите определение амплитуды колебаний.
1) Величина, пропорциональная приложенной силе.
2) Величина, равная числу колебаний за единицу времени.
3) Величина, численно равная отклонению системы от положения равновесия в данный момент времени.
4) Величина наибольшего отклонения системы от положения равновесия.

2. Укажите формулу для расчета периода колебаний математического маятника.

1) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; 2) $T = \sqrt{\frac{g}{l}}$; 3) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$;

4) $T = 2\pi\sqrt{LC}$; 5) $T = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

3. За 100 секунд система совершает 1000 полных колебаний. Чему равны частота и период колебаний системы?

1) $\nu = 0{,}1$ Гц, $T = 10$ с; 2) $\nu = 900$ Гц, $T = 10$ с;
3) $\nu = 10$ Гц, $T = 0{,}1$ с; 4) $\nu = 1000$ Гц , $T = 1$ с.

4. Материальная точка совершает гармонические колебания по закону

$$x = 0{,}3\cos\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right).$$

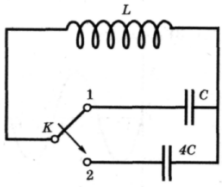
Максимальное значение скорости точки равно…
1) $2\pi$ м/с; 2) $0{,}2\pi$ м/с; 3) $0{,}1\pi$ м/с; 4) $\pi$ м/с.

5. Складываются два гармонических колебания одного направления и одной частоты. Результирующее колебание имеет максимальную амплитуду при разности фаз, равной…
1) $\pi$; 2) 0; 3) $\pi/2$; 4) $\pi/4$.

6. Вынужденными являются колебания
1) груза на нити в воздухе
2) маятниковых часов

3) периодически подталкиваемых рукой качелей
4) поршня в двигателе внутреннего сгорания.

7. Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ *K* перевести из положения 1 в положение 2?




1) увеличится в 4 раза
2) уменьшится в 4 раза
3) увеличится в 2 раза
4 )уменьшится в 2 раза

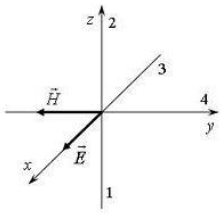
8. Радиостанция работает на частоте $4\times10^8$ Гц. Чему равна длина волны, излучаемой антенной радиостанции?

1) 1,33 м; 2) 0,75 м; 3) 1,2м; 4) $1,2\times10^{16}$ м.

9. Волна от катера, проходящего по озеру, дошла до берега через 3мин, причем расстояние между соседними гребнями оказалось равным 2м, а время между двумя последовательными ударами волн о берег - 2с. Как далеко от берега проходил катер ?

1) определить нельзя; 2) 60м; 3) 120м; 4) 180м; 5) 240м.

10. На рисунке показана ориентация векторов напряженности электрического (*E*) и магнитного (*H*) полей в электромагнитной волне. Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении...




1) 3; 2) 4; 3) 1; 4) 2.

11. Укажите формулу для расчета периода колебаний пружинного маятника:

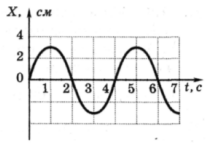
1) $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; 2) $T=\sqrt{\frac{g}{l}}$; 3) $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$;

4) $T=2\pi\sqrt{LC}$; 5) $T=\sqrt{\frac{k}{m}}$.

12. При свободных колебаниях за одно и то же время первый математический маятник совершает одно колебание, а второй - три. Нить первого маятника в…

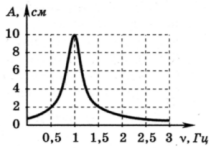
1) 9 раз длиннее; 2) 3 раза длиннее; 3) √3 раз длиннее ;
4) √3 раз короче.

13. На рисунке дан график зависимости координаты тела от времени. Частота колебаний тела равна




2) 0,12 Гц; 2) 0,5 Гц; 3) 0,25 Гц; 4) 4 Гц.

14. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно




1) 10; 2) 2; 3) 5; 4) 4.

15. Полная механическая энергия пружинного маятника увеличилась в 2 раза. Как изменилась амплитуда колебаний?

1) увеличилась в $\sqrt{2}$ раз 2) уменьшилась в 2 раза
3) увеличилась в 2 раза 4) уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз

16. Укажите уравнение затухающих колебаний.

1) $x = A\, e^{-\beta t} \sin\omega t$; 2) $x = A \sin(\omega t + \varphi)$;
3) $x = A \cos(\omega t + \varphi)$; 4) $x = A \sin(\omega t + \pi)$;
5) $x = A \cos(\omega t + \pi/2)$.

17. Выберите определение вынужденных колебаний. Вынужденными называются такие колебания, в процессе которых колеблющаяся система…

1) совершает колебания по закону синуса;
2) подвергается воздействию внешней периодически изменяющейся силы;
3) предоставлена самой себе;
4) подвергается воздействию постоянной внешней силы;
5) совершает колебания по закону косинуса.

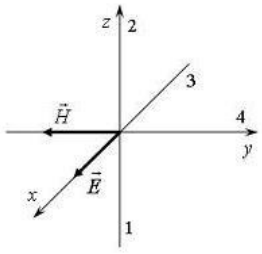
18. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами. Амплитуда результирующего колебания минимальна при разности фаз складываемых колебаний равной…

1) 0; 2) кратной четному числу $\pi$; 3) кратной нечетному числу $\pi$;
4) кратной нечетному числу $\pi/2$.

19. По участку цепи сопротивлением R идет переменный ток, меняющийся по гармоническому закону. В некоторый момент времени действующее значение напряжения на этом участке цепи уменьшили в 2 раза, а его сопротивление уменьшили в 4 раза. При этом мощность тока

1) уменьшилась в 4 раза
2) уменьшилась в 8 раз
3) не изменилась
4) увеличилась в 2 раза

20. На рисунке показана ориентация векторов напряженности электрического ($E$) и магнитного ($H$) полей в электромагнитной волне. Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении...




1) 3; 2) 4; 3) 1; 4) 2.

21. Уравнение гармонических колебаний имеет вид $x = 4 \sin 2\pi t$ (м). Ускорение в момент времени, равный 0,5 с от начала движения составляет:

1) $16\pi^2$ м/с$^2$ ; 2) $8\pi^2$ м/с$^2$ ; 3) 0 м/с$^2$; 4) $-16\pi^2$ м/с$^2$ ; 5) $-8\pi^2$ м/с$^2$

22. Если массу груза математического маятника увеличить в 4 раза, то период его свободных малых колебаний

1) увеличится в 4 раза 3) уменьшится в 4 раза

2) увеличится в 2 раза 4) не изменится

23. Груз массой $m$ на пружине, совершая свободные колебания, проходит положение равновесия со скоростью $\upsilon$. Через половину периода колебаний он проходит положение равновесия, двигаясь в противоположном направлении с такой же по модулю скоростью $\upsilon$. Чему равен модуль изменения суммы кинетической и потенциальной энергий груза за это время?

1) $m\upsilon^2$; 2) $2m\upsilon^2$; 3) $\frac{m\upsilon^2}{2}$; 4) 0.

24. Груз, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания с периодом 0,6 с. Если этот груз заменить другим, период будет равен 0,8 с. Каким будет период колебаний, если к пружине подвесить оба груза одновременно?

1) 0,4 с; 2) 0,7 с; 3) 0,9 с; 4) 1 с; 5) 1,2 с.

25. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами и равными амплитудами $A_0$. При разности фаз $\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}$ амплитуда результирующего колебания равна…

1) (5/2)$A_0$; 2) 2$A_0$; 3) 0; 4) $\sqrt{2}\,A_0$.

26. Уравнение движения пружинного маятника

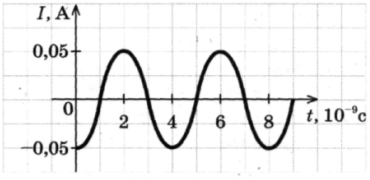
$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m}\cdot\frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = \frac{F_0}{m}\cos\omega t$$

является дифференциальным уравнением ...

1) вынужденных колебаний; 2) свободных затухающих колебаний;
3) свободных незатухающих колебаний.

27. На рисунке показан график колебаний силы тока в колебательном контуре с антенной. Определите длину электромагнитной волны, излучаемой антенной.

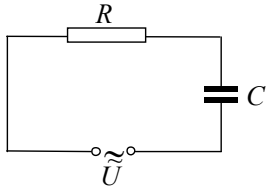
1)0,83×10$^{-6}$ м 2) 0,75 м 3) 0,6 м 4) 1,2 м




28. Поперечной называют такую волну, в которой частицы
1) колеблются в направлении распространения волны
2) колеблются в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны
3) движутся по кругу в плоскости, параллельной направлению распространения волны
4) движутся по эллипсу в плоскости, параллельной направлению распространения волны

29. По какой формуле определяется полное сопротивление цепи переменного тока, показанной на рисунке?

1) $R$; 2) $R + \omega C$;
3) $R + \frac{1}{\omega C}$; 4) $\sqrt{R^2 + (\omega C)^2}$;



5) $\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$ .

30.Точки, находящиеся на одном луче и удаленные от источника волны на 12 м и 15 м, колеблются с разностью фаз 3π/2. Чему равна длина волны?

1) 4 м 2) 8 м 3) 12 м 4) 6 м

31. Какие колебания называются гармоническими?

1) с постоянным периодом;
2) с постоянной фазой;
3) зависящие от времени по закону синуса или косинуса;
4) возникающие в системе, выведенной из положения равновесия и предоставленной самой себе.

32. Тело, подвешенное на пружине, совершает гармонические колебания с частотой ν. Потенциальная энергия упругой деформации пружины
1) изменяется с частотой 0,5 ν
2) изменяется с частотой ν
3) изменяется с частотой 2 ν
4) не изменяется

33. Период колебаний груза, подвешенного к пружине, равен $T_0$. Если две такие пружины соединить последовательно и подвесить то же тело, период колебаний будет равен:

1) $2T_0$; 2) $T_0\sqrt{2}$; 3) $T_0/2$; 4) $T_0/\sqrt{2}$; 5) $T_0$.

34. Разность фаз двух одинаково направленных гармонических колебаний одинаковой частоты и амплитуды, если амплитуда их результирующего колебания равна амплитудам складываемых колебаний, равна…

1) $90^0$; 2) $120^0$; 3) $180^0$; 4) $30^0$.

35. Колебания электрического поля в электромагнитной волне описываются уравнением $E = 10\cos\left(10^{-6}t + \frac{\pi}{2}\right)$. Определите частоту колебаний.

**1)** $10^{-6}\,\text{с}^{-1}$
**2)** $1{,}6 \cdot 10^{-7}\,\text{с}^{-1}$
**3)** $\frac{\pi}{2}\,\text{с}^{-1}$
**4)** $10\,\text{с}^{-1}$

36. Материальная точка массой 50 г совершает колебания, уравнение которых имеет вид x = A cos ωt, где A = 10 см, ϖ = 5 с $^{-1}$. Сила, действующая на точку в положении наибольшего смещения точки равна…

1) 0,75 мН; 2) 0,5 мН; 3) 7,5 мН; 4) 5 мН.

37 . Свободные затухающие колебания заряда конденсатора в колебательном контуре описываются уравнением...

1) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$ 2) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = \frac{U_0}{L}\cos\omega t$

3) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = 0$

38. Сила тока через резистор меняется по закону i = 36 sin l28t. Действующее значение силы тока в цепи равно

1) 36 А 2) 72 А 3) 128 А 4) 25 А

39. Согласно теории Максвелла, электромагнитные волны излучаются зарядом

1) только при равномерном движении заряда по прямой
2) только при гармонических колебаниях заряда
3) только при равномерном движении заряда по окружности
4) при любом ускоренном движении заряда в инерциальной системе отсчета

40. При уменьшении в 2 раза амплитуды колебаний векторов напряженности электрического и магнитного полей плотность потока энергии…

1) останется неизменной; 2) уменьшится в 4 раза; 3) уменьшится в 2 раза.

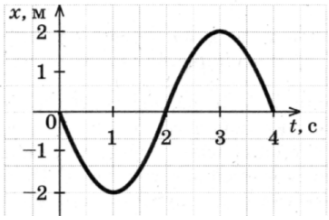
41. Уравнение гармонических колебаний материальной точки, график зависимости смещения от времени которой представлен на рисунке, имеет следующий вид:

**1)** $x = -2\sin\left(\frac{\pi t}{2}\right)$

**2)** $x = -2\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

**3)** $x = 2\sin\left(\frac{\pi t}{2} + \frac{\pi}{2}\right)$

**4)** $x = -2\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$




42. Сколько раз за один период свободных колебаний груза на пружине потенциальная энергия пружины и кинетическая энергия груза принимают равные значения?

1) 1 2) 2 3) 8 4) 4

43. Физический маятник – это…

1) груз, подвешенный на абсолютно упругой пружине и совершающей колебания под действием упругой силы;

2) материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити и совершающая колебания под действием силы тяжести;

3) любое тело, вращающееся вокруг горизонтальной неподвижной оси, не проходящей через центр тяжести.

44. Частоты колебаний двух одновременно звучащих камертонов настроены на 560 и 560,5 Гц. Период биений равен…

1) 1 с; 2) 2 с; 3) 3 с; 4) 5с.

45. На сколько вопросов о вынужденных колебаниях Вы ответите «да»?

А. Пропорциональна ли амплитуда вынужденных колебаний амплитуде вынуждающей силы?

Б. Зависит ли амплитуда вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы?

В. Равна ли частота гармонических колебаний частоте вынуждающей силы?

Г. Должны ли совпадать вынужденные колебания по фазе с частотой вынуждающей силы?

1) А,Б,В,Г; 2) А,Б; 3) В,Г; 4) А,Б,В.

46. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси *OX*, имеет вид $\xi = 0{,}01\sin\left(10^3 t - 2x\right)$. Тогда скорость распространения волны равна…

1) 500 м/с; 2) 2 м/с; 3) 1000 м/с.

47. Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $U = 50\cos(10^3 t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду колебаний силы тока.

1) 0,003 А 2) 0,3 А 3) 0,58 А 4) 50 А

48. Электромагнитное излучение оптического диапазона испускают

1) возбужденные атомы и молекулы вещества
2) атомы и молекулы в стационарном состоянии
3) электроны, движущиеся в проводнике, по которому течет переменный ток
4) возбужденные ядра атомов

49. Расстояния от двух когерентных источников волн до точки М равны a и b. Разность фаз колебаний источников равна нулю, длина волны равна λ. Если излучает только один источник волн, то амплитуда колебаний частиц среды в точке М равна $A_1$, если только второй, то — $A_2$. Если разность хода волн $a-b = 3\lambda/2$, то в точке М амплитуда суммарного колебания частиц среды

1) равна нулю
2) равна $|A_1 - A_2|$
3) равна $|A_1 + A_2|$
4) меняется со временем периодически

50. Заряженный конденсатор замыкают на катушку. Активное сопротивление проводов и катушки ничтожно. Заряд на положительно заряженной пластине конденсатора

1) монотонно возрастет до некоторого максимального значения;
2) монотонно спадет до нуля;
3) будет колебаться от начального значения до нуля и обратно;
4) будет колебаться от начального значения до противоположного, периодически меняя знак.

51. Математический маятник – это…

1) груз, подвешенный на абсолютно упругой пружине и совершающей колебания под действием упругой силы;
2) материальная точка, подвешенная на невесомой нерастяжимой нити и совершающая колебания под действием силы тяжести;
3) любое тело, вращающееся вокруг горизонтальной неподвижной оси, не проходящей через центр тяжести.

52. Шарик, подвешенный на нити, отклоняют влево и отпускают. Через какую долю периода кинетическая энергия шарика будет максимальной?

1) 1/8; 2) 1/4; 3) 3/8; 4) 1/2.

53. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами и равными амплитудами $A_0$. При разности фаз $\Delta\varphi = 0$ амплитуда результирующего колебания равна…

1) $(5/2)A_0$; 2) $2A_0$; 3) 0; 4) $\sqrt{2}\,A_0$.

54. Параллельно какой координатной оси распространяется плоская электромагнитная волна, если в некоторый момент времени в точке с координатами (x, y, z) напряженность электрического поля E = (0,0,E), а индукция магнитного поля B = (0,B,0)?

1) Параллельно оси X
2) Параллельно оси У
3) Параллельно оси Z
4) Такая волна невозможна

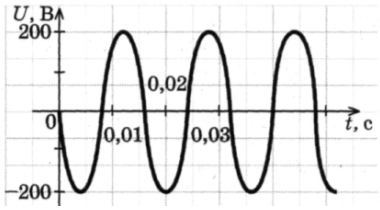
55. Звуковая волна распространяется в воздухе от источника колебаний. При увеличении частоты колебаний источника ν в 2 раза...

1) длина волны λ и скорость распространения волны *v* уменьшатся в 2 раза;
2) длина волны λ уменьшится в 2 раза, а скорость распространения волны *v* не изменится;
3)длина волны λ и скорость распространения волны *v* не изменятся;
4) длина волны λ уменьшится в 2 раза, а скорость распространения волны *v* увеличится в 2 раза.

56. Электромагнитная волна с частотой $\nu$ = 5 МГц переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon$ = 2 в вакуум. Приращение ее длины составит

1) 17,6 м; 2) 20.2 м; 3) 7,2 м; 4) 0 м.

57. На рисунке показан график изменения напряжения на выходе генератора с течением времени. Чему равен период колебаний напряжения?




1)50 с 2) 0,017 с 3)60 с 4) 0,02 с

58. Последовательно соединены конденсатор, катушка индуктивности и резистор. Если при неизменной частоте и амплитуде колебания напряжения на концах цепи увеличивать емкость конденсатора от 0 до ∞, то амплитуда колебаний силы тока в цепи будет

1) монотонно убывать
2) монотонно возрастать
3) сначала возрастать, затем убывать
4) сначала убывать, затем возрастать

59. Коэффициент затухания электромагнитных колебаний зависит от…

1) заряда на обкладках конденсатора.
2) активного сопротивления и индуктивности контура.
3) напряжения на конденсаторе.
4) емкости конденсатора.
5) частоты колебаний.

60. Какая из формул, приведенных ниже, определяет период свободных колебаний в идеальном колебательном контуре?

1) $T = \sqrt{LC}$; 2) $T = 1/\sqrt{LC}$; 3) $T = 2\pi\sqrt{LC}$;
4) $T = 2\pi/\sqrt{LC}$; 5) $T = 1/(2\pi\sqrt{LC})$.

61. Максимальное смещение колеблющейся точки равно 2 см. Частота колебаний 0,5 Гц, смещение точки от положения равновесия в начальный момент времени равно 1 см. Уравнение колебания имеет вид:

1) $\boldsymbol{x} = 0{,}5\sin 2\boldsymbol{t}$ (см) 2) $\boldsymbol{x} = \sin\left(2\pi\boldsymbol{t} + \frac{\pi}{3}\right)$ (см)

3) $\boldsymbol{x} = 2\sin\left(\pi\boldsymbol{t} + \frac{\pi}{6}\right)$ (см) 4) $\boldsymbol{x} = 2\sin\left(\frac{\pi}{2}\boldsymbol{t} + \frac{\pi}{2}\right)$ (см)

62. Выберите уравнения, описывающее изменение величины заряда на обкладках конденсатора в идеальном колебательном контуре.

1) $q = q_0\cos(t + \varphi_0)$. 2) $q = q_0\,\omega_0\cos(t + \varphi_0)$.

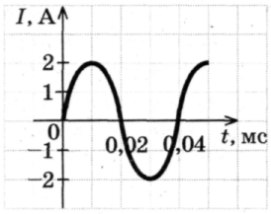
3) $q = q_0\cos\omega_0(t + \varphi_0)$. 4) $q = q_0\cos(\omega_0/t + \varphi_0)$.

5) $q = q_0\cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0)$.

63. Вагон массой 80 т имеет четыре рессоры. Жесткость каждой рессоры равны 197 кН/м. Чтобы вагон сильно раскачивало, толчки от стыков рельс должны повторяться через промежуток времени, равный:

1) 8 с; 2) 2 с; 3) 4 с; 4) 5 с.

64. Если сила тока в электрической лампочке, питаемой от генератора переменного тока, меняется с течением времени согласно графику на рисунке, то период колебаний напряжения на клеммах лампы равен




1) 0,01 мс 2) 0,02 мс 3) 0,04 мс 4) 25 мс

65. При распространении электромагнитной волны в вакууме

1) происходит только перенос энергии
2) происходит только перенос импульса
3) происходит перенос и энергии, и импульса
4) не происходит переноса ни энергии, ни импульса

66. Если уменьшить в 2 раза объемную плотность энергии при неизменной скорости распространения упругих волн, то плотность потока энергии…

1) уменьшится в 2 раза; 2) уменьшится в 4 раза; 3) останется неизменной.

67. В радиоволне, распространяющейся в вакууме со скоростью v, происходят колебания векторов напряженности электрического поля E и индукции магнитного поля B. При этих колебаниях векторы E, B, v имеют следующую взаимную ориентацию

**1)** $\vec{E}\perp\vec{B},\ \vec{E}\parallel\vec{v},\ \vec{B}\parallel\vec{v}$
**2)** $\vec{E}\perp\vec{B},\ \vec{E}\perp\vec{v},\ \vec{B}\perp\vec{v}$
**3)** $\vec{E}\parallel\vec{B},\ \vec{E}\perp\vec{v},\ \vec{B}\perp\vec{v}$
**4)** $\vec{E}\parallel\vec{B},\ \vec{E}\parallel\vec{v},\ \vec{B}\parallel\vec{v}$

68. Радиостанция работает на частоте 60 МГц. Определите длину электромагнитных волн, излучаемых антенной радиостанции.

1) 0,5 м 3) 6 м
2) 5 м 4) 10 м

69. Какое утверждение верно?
В теории электромагнитного поля Максвелла
А — переменное электрическое поле является источником вихревого магнитного поля.
Б —переменное магнитное поле является источником вихревого электрического поля
1) только А 2) только Б 3) и А, и Б 4) ни А, ни Б

70. Укажите правильное определение амплитуды колебаний.
1) Величина, пропорциональная приложенной силе.
2) Величина, равная числу колебаний за единицу времени.
3) Величина, численно равная отклонению системы от положения равновесия в данный момент времени.
4) Величина наибольшего отклонения системы от положения равновесия.

71. За какую часть периода Т шарик математического маятника проходит путь от левого крайнего положения до положения равновесия?

**1)** $1T$
**2)** $\frac{1}{2}T$
**3)** $\frac{1}{4}T$
**4)** $\frac{1}{8}T$

72. Емкость контура С = 10 мкФ, индуктивность L = 1 мГн. При каком значении его сопротивления невозможны периодические электромагнитные колебания?

1) 2 Ом; 2) 20 Ом; 3) $\sqrt{10}$ Ом; 4) $2\sqrt{10}$ Ом.

73. Сколько утверждений относительно вынужденных колебаний Вы считаете верным?
А) Для диссипативной системы $\omega_{рез}$ несколько меньше собственной циклической частоты $\omega_{рез} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$.
Б) Амплитуда вынужденных колебаний прямо пропорциональна амплитуде вынуждающей силы $F_0$ и уменьшается с увеличением коэффициента затухания $\beta$.
В) Явление возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении циклической частоты вынуждающей силы к значению $\omega_{рез}$ называется явлением резонанса.
Г) Для консервативной системы резонансная и собственная частоты совпадают $\omega_{рез} = \omega_0$.
1) А, Б; 2) А,В,Г; 3) А,Б,В,Г; 4) Б,В,Г.

74. Два одинаково направленных гармонических колебания одинакового периода с амплитудами $A_1 = 6$ см и $A_2 = 8$ см имеют разность фаз $\varphi = 60^0$. Амплитуда результирующего колебания равна …
1) 11 см; 2) 12,16 см; 3) 6 см; 4) 8 см.

75. Как определяется период свободных колебаний в идеальном колебательном контуре?

1) $\sqrt{LC}$; 2) $1/\sqrt{LC}$; 3) $2\pi\sqrt{LC}$; 4) $2\pi/\sqrt{LC}$.

76. Уравнение движения пружинного маятника

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m}\cdot\frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = 0$$

является дифференциальным уравнением ...
1) вынужденных колебаний;
2) свободных затухающих колебаний;
3) свободных незатухающих колебаний;
4) свободных гармонических колебаний.

77. Максимальное напряжение на конденсаторе при колебаниях в контуре равно 50 В, емкость конденсатора равна 0,1 мкФ, индуктивность–1 мГн. Уравнение колебаний заряда на конденсаторе имеет вид:

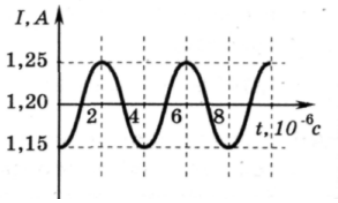
1) $q = 50\cos\left(10^{-5}t\right)$(мкКл) 2) $q = 5\cos 10^5 t$ (мкКл)

3) $q = 50\cos\left(10^5 \pi t\right)$(мкКл) 4) $q = 5\cos\left(2\cdot 10^5 \pi t\right)$(мкКл)

78. По натянутой струне бежит поперечная волна, имеющая частоту $\nu = 400$ Гц и амплитуду $A = 0{,}01$ м. Как может при этом зависеть от времени $t$ поперечная координата $X$ некоторой точки на струне?

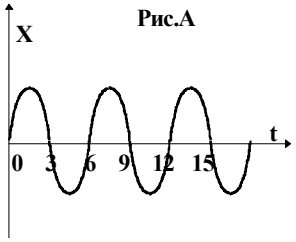
1) $X = A\cos(2\pi\nu t)$; 2) $X = A\sin(\nu t)$;
3) $X = A/2\cos(2\pi\nu t)$; 4) $X = 2A\sin(2\pi\nu t)$;
5) $X = A\cos(\nu t/\pi)$; 6) среди ответов нет правильного.

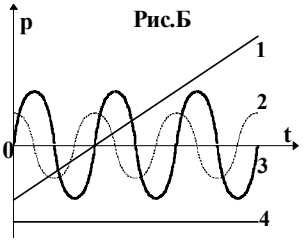
79. На рисунке показан график колебаний силы тока в колебательном контуре с антенной. Определите длину электромагнитной волны, излучаемой антенной.




1)1,2×10$^3$м; 2) 0,83×10$^{-3}$ м; 3)7,5×10$^2$м; 4) 6×10$^2$ м

80. На рис. А представлен график зависимости координаты тела от времени при гармонических колебаниях. Какой из графиков на рис. Б выражает зависимость импульса колеблющегося тела от времени?




1) 1; 2)2; 3) 3; 4) 4.

81. Математический маятник длиной $\ell$ совершает гармонические колебания. Как изменится частота колебаний, если длину маятника уменьшить вдвое?

1) не изменится;
2) увеличится в два раза;
3) уменьшится в два раза;
4) увеличится в $\sqrt{2}$ раз;
5) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз.

82. Укажите вид энергии идеального колебательного контура в начальный момент времени t = 0 и через 1/2 часть периода после начала разряда конденсатора? В начальном состоянии конденсатор полностью заряжен.

1) магнитная;
2) электрическая и магнитная в равных соотношениях;
3) электрическая ;
4) энергия равна нулю.

83. Уравнение колебаний груза на пружине имеет вид:

$$\boldsymbol{x} = 10\sin\left(2\pi\boldsymbol{t} + \frac{\pi}{4}\right)(\text{см}) \ .$$

Максимальное смещение и максимальная скорость груза равны, соответственно…
1) 10 см и 6,28 м/с;
2) 628 см и 10 м/с;
3) 10 см и 10 м/с;
4) 10 см и 0,625 м/с.

84. Из приведенных выражений уравнением бегущей волны является…

1) $\xi = \frac{A_o}{r}\cos(\omega t - kr)$

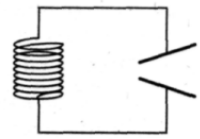
2) $\xi = A_o e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi_o)$

3) $\xi = A\cos(\omega t + \varphi_o)$

4) $\xi = 2A\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\cos\omega t$

5) $\xi = A\cos(\omega t - kx)$

85. Известно, что при раздвигании пластин конденсатора в колебательном контуре (рис.) происходит излучение электромагнитных волн. В ходе излучения амплитудное значение напряжения на конденсаторе



1) возрастает
2) не изменяется
3) убывает
4) ответ зависит от начального заряда на конденсаторе

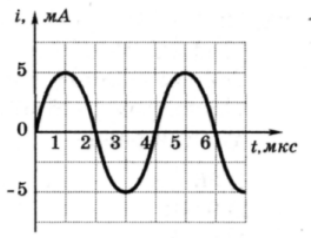
86. Для сферической волны справедливо утверждение...
1) волновые поверхности имеют вид параллельных друг другу плоскостей;

2) амплитуда волны обратно пропорциональна расстоянию до источника колебаний (в не-поглощающей среде);
3) амплитуда волны не зависит от расстояния до источника колебаний (при условии, что поглощением среды можно пренебречь);
4) амплитуда волны пропорциональна расстоянию до источника колебаний.

87. За время t = 8 мин. Амплитуда затухающих колебаний маятника уменьшилась в 3 раза. Коэффициент затухания $\beta$ равен…
1) 0,001;
2) 0,0023;
3) 0,0046;

4) 0,0072.

88 . На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. Сколько раз энергия магнитного поля катушки достигает максимального значения в течение первых 6 мкс после начала отсчета?




1) 1 раз
2) 2 раза
3) 3 раза
4) 4 раза

89. В колебательном контуре с омическим сопротивлением контура R = 20 Ом, индуктивностью L = 1 мГн возникают апериодические колебания. Укажите возможные значения емкости этого контура.
1) 0,1 мкФ;
2) 1 мкФ;
3) 20 мкФ;
4) 2 мкФ.

90. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение 100 см/с. Период колебаний равен
1) 0,1 $\pi$ с;
2) 0,2 $\pi$ с;
3) 1с;
4) 10 с.

91. Тонкий обруч, повешанный на гвоздь, вбитый горизонтально в стену, колеблется в плоскости, параллельной стене. Радиус обруча R равен 20 см. период колебаний обруча…
1) 0,1 $\pi$ с;
2) 0,4 $\pi$ с;
3) 0,2 $\pi$ с;
4) 10 с.

92. Конденсатор емкости $C$ включают в цепь переменного тока с напряжением, меняющимся по закону $U = U_0 \sin \omega t$. По какому закону будет меняться ток $I$ через конденсатор?

1) $I = U_0 \omega C \cos \omega t$;
2) $I = U_0 \omega \sin \omega t$;
3) $I = U_0 \omega C \cos(\omega t + \pi/4)$;
4) $I = U_0 \omega C \sin(\omega t + \pi/4)$;
5) $I = -U_0 \omega C \cos \omega t$;
6) $I = -U_0 \omega C \sin \omega t$.

93. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми частотами и равными амплитудами $A_0$. При разности фаз $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ амплитуда результирующего колебания равна…
1) 0; 2) $2A_0$; 3) $A_0\sqrt{3}$; 4) $A_0\sqrt{2}$.

94. При увеличении периода колебаний источника волны в 4 раза длина волны
1) увеличится в 4 раза;
2) не изменится;
3) уменьшится в 2 раза;
4) уменьшится в $\sqrt{2}$ раза.

95. В первых экспериментах по изучению распространения электромагнитных волн в воздухе были измерены длина волны $\lambda = 50$ см и частота излучения $\nu = 500$ МГц. На основе этих неточных данных было получено значение скорости света в воздухе, равное примерно

1) 100000 км/с; 2) 200 000 км/с; 3) 250 000 км/с; 4) 300 000 км/с.

96. В газовой среде распространяются…

1) только поперечные волны; 2) только продольные волны; 3) продольные и поперечные волны; 4) в газовой среде волны распространяться не могут.

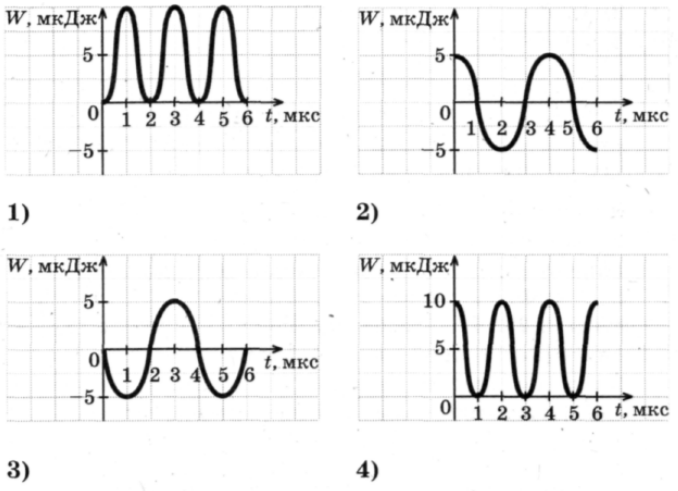
97. Бегущая волна…

1) переносит вещество;
2) переносит массу;
3) не переносит импульс;
4) переносит энергию .

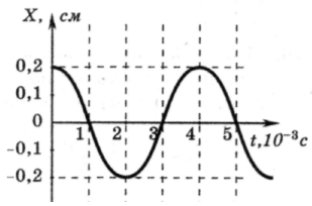
98. Скорость звука в воде 1450 м/с. На каком расстоянии находятся две ближайшие точки, совершающие колебания в противоположных фазах, если частота колебаний $\nu = 725$ Гц.

1) 0,5 м; 2) 1 м; 3) 2 м; 4) 4 м.

99. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков правильно показан процесс изменения энергии магнитного поля катушки?




100. На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Согласно графику, период этих колебаний равен




1) $1\times10^{-3}$ с;
2) $2\times10^{-3}$ с;
3) $3\times10^{-3}$ с;
4) $4\times10^{-3}$ с.

101. На какие вопросы Вы ответите «да»:

1) Гармонические колебания являются периодическими?
2) В реальном колебательном контуре всегда присутствуют потери энергии?
3) Возможно ли сложение колебаний?
4) Изменяется ли амплитуда при гармонических колебаниях?

1) 4, 1; 2)1, 3; 3) 1, 2, 3; 4) 3, 4.

102. Однородный диск радиусом 60 см колеблется около горизонтальной оси , проходящей через одну из образующих цилиндрической поверхности диска. Период колебаний этого диска равен
1) 0,6 $\pi$;
2) 1,33 с;
3) 1,2 с;
4) 0,8 $\pi$.

103. Два гармонических колебания, направленных по одной прямой и имеющих одинаковые периоды и амплитуды складываются в одно колебание той же амплитуды. Разность фаз складываемых колебаний равна…
1) $\pi$;
2) 1/3 $\pi$;
3) 2/3 $\pi$;
4) 2 $\pi$.

104. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 2 мин. уменьшилась в 2 раза. Коэффициент затухания колебаний равен…
1) 0,001 $с^{-1}$;
2) 0,006 $с^{-1}$;
3) 0,004 $с^{-1}$;
4) 0,002 $с^{-1}$.

105. В уравнении гармонического колебания $x = A\cos(\omega t + \varphi_0)$ величина, стоящая под знаком косинуса, называется
1) фазой
2) начальной фазой
3) смещением от положения равновесия
4) циклической частотой

106. Явление резонанса может наблюдаться в
1) любой колебательной системе
2) системе, совершающей свободные колебания
3) автоколебательной системе
4) системе, совершающей вынужденные колебания

107. Скорость распространения гамма-излучения в вакууме
1) равна $3\times10^8$ м/с
2) равна $3\times10^2$ м/с
3) зависит от частоты
4) зависит от энергии

108. В вакууме вдоль оси $X$ распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна $E_0 = 10$ В/м. ( $\varepsilon_0 = 8{,}85\cdot10^{-12}$ Ф/м; $\mu_0 = 4\pi\cdot10^{-7}$ Гн/м) Амплитуда напряженности магнитного поля волны равна…
1) 100 А/м; 2) $2{,}65\cdot10^{-2}$ А/м; 3) 0,1 А/м; 4) $1{,}26\cdot10^{-2}$ А/м.

109. Если увеличить в 2 раза объемную плотность энергии при неизменной скорости распространения упругих волн, то плотность потока энергии…
1) увеличится в 4 раза;
2) увеличится в 2 раза;
3) увеличится в 8 раз;
4) останется неизменной.

110. Уравнение гармонических колебаний имеет вид $x = 4 \sin 2\pi t$ (м). Период колебаний равен

1) 0,5 с;
2) 1 с;
3) 2 с;
4) $2\pi$ с.

111. Как изменится период колебания математического маятника, если его длину уменьшить в два раза, а массу увеличить в 2 раза?

1) Не изменится.
2) Увеличится в 2 раза.
3) Уменьшится в 2 раза.
4) Увеличится в 1, 41 раз.
5) Уменьшится в 1,41 раз.

112. Колебательный контур состоит из конденсатора электроемкостью С и катушки индуктивностью *L*. Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроемкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 3 раза?
1) увеличится в 3 раза ;
2) уменьшится в 3 раза;
3) не изменится;
4) увеличится в 9 раз.

113. Уменьшение амплитуды колебаний в системе с затуханием характеризуется временем релаксации. Если при неизменном омическом сопротивлении в колебательном контуре увеличить в 2 раза индуктивность катушки, то время релаксации…
1) уменьшится в 4 раза;
2) уменьшится в 2 раза;
3) увеличится в 2 раза;
4) не изменится.

114. Точка участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и описываемых уравнениями
$x = A \sin(\omega t + \pi/2)$ *и* $y = A \sin \omega t$. *Т*раектория точки представляет собой…
1) эллипс;
2) окружность радиусом R = A;
3) окружность радиусом R = 2A;
4) прямую.

115. В сеть переменного тока с действующим значением напряжения 120 В последовательно включены проводник с активным сопротивлением 10 Ом и катушка индуктивностью 0,1 Гн. Амплитудное значение силы тока в цепи равно 5 А. Частота тока $\nu$ равна…
1) 156 Гц;
2) 51,6 Гц;
3) 72,4 Гц;
4) 28,3.Гц.

116. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси ОХ, имеет вид $\xi = 0{,}01 \sin(10^3 t - 2x)$. Укажите единицу измерения волнового числа.

1) 1/м; 2) м; 3) 1/с; 4) с.

117. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью v = $2{,}4\cdot10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в этой среде, если их частота в вакууме равна 1,2 МГц?

1) 100 м; 2) 200 м; 3) 300 м; 4) 50 м.

118. В твердых телах распространяются…
1) только поперечные волны;
2) только продольные волны;
3) продольные и поперечные волны.
4) в твердых телах волны распространяться не могут.

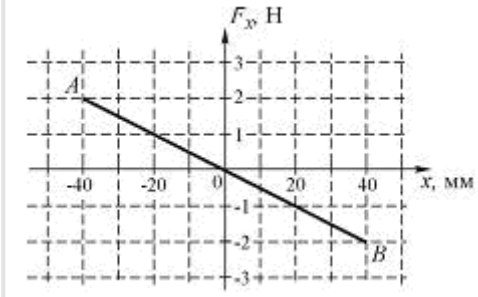
119. Для интерференции двух волн необходимы и достаточны…
1) постоянная для каждой точки разность фаз и одинаковое направление колебаний;
2) одинаковая частота и одинаковое направление колебаний;
3) одинаковая амплитуда и одинаковая частота колебаний.
4) постоянная разность фаз и одинаковая частота колебаний.

120. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A$ = 4 см и периодом $T$ = 2 с. Если смещение точки в момент времени, принятый за начальный, равно нулю, то точка колеблется в соответствии с уравнением (в СИ)…
1) $x = 0{,}04\ sin2t$; 2) $x = 0{,}04\ cos\pi t$; 3) $x = 0{,}04\ sin\pi t$; 4) $x = 0{,}04\ cos2t$.

121. Шарик, прикрепленный к пружине и насаженный на горизонтальную направляющую, совершает гармонические колебания.




На графике представлена зависимость проекции силы упругости пружины на положительное направление оси $X$ от координаты шарика.




Работа силы упругости при смещении шарика из положения 0 в положение $B$ составляет…
1) 0 Дж; 2) $-4\cdot10^{-2}$ Дж; 3) $4\cdot10^{-2}$ Дж; 4) $8\cdot10^{-2}$ Дж.

122. Материальная точка совершает гармонические колебания по закону $x = 0{,}3\cos\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$

Уравнение скорости имеет вид:

1) $\upsilon = 0{,}3\sin\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$ 2) $\upsilon = -0{,}2\pi\sin\left(\frac{2\pi}{3}t - \frac{\pi}{4}\right)$

3) $\upsilon = 0{,}2\pi\sin\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$ 4) $\upsilon = -0{,}2\pi\sin\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$

123. Уравнение бегущей вдоль оси х волны имеет вид…

1) $y = 2A\cdot\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\cos(\omega t)$ 2) $y = A\cdot\cos(\omega t + \varphi)$

3) $y = A\cos\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ 4) $y = A\cdot\cos\left\{\omega\left(t - \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$

124. В результате сложения двух колебаний , период одного из них Т = 0,02 с, получают биения с периодом $T_б$ = 0,2 с. Частота второго складываемого колебания равна…

1) 2 Гц; 2) 45 Гц; 3) 100 Гц; 4) 135 Гц.

125. Как изменится период собственных колебаний контура, если его индуктивность увеличить в 20 раз, а емкость уменьшить в 5 раз?

1) Увеличится в 2 раза
2) Уменьшится в 2 раза
3) Увеличится в 4 раза
4) Уменьшится в 4 раза

126. В цепь колебательного контура, содержащего катушку индуктивностью L = 0,2 Гн и активным сопротивлением R = 9,7 Ом, и конденсатор емкостью С = 40 мкФ, подключено внешнее переменное напряжение. Разность фаз между током и внешним напряжением $\varphi$ равна…

1) $60^0$; 2) $-60^0$; 3) $45^0$; 4) $-45^0$.

127. Вынужденные колебания заряда конденсатора в колебательном контуре описываются уравнением...

1) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$ 2) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = \frac{U_0}{L}\cos\omega t$

3) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = 0$

128. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси ОХ со скоростью 500 м/с, имеет вид $\xi$ = 0,01 sin ( $10^3$ t – 2x). Циклическая частота $\omega$ равна…

1) 0,001 $с^{-1}$; 2) 159 $с^{-1}$; 3) 1000 $с^{-1}$; 4) 100 $с^{-1}$.

129. Укажите единицу измерения плотности потока электромагнитной энергии.

1) В·А/$м^2$; 2) В·А·с ·$м^2$; 3) В· А · $м^2$; 4) В· А · м.

130. Из приведенных выражений уравнением стоячей волны является…

1) $\xi = \frac{A_o}{r}\cos(\omega t - kr)$

2) $\xi = A_o e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi_o)$

3) $\xi = A\cos(\omega t + \varphi_o)$

4) $\xi = 2A\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\cos\omega t$

5) $\xi = A\cos(\omega t - kx)$

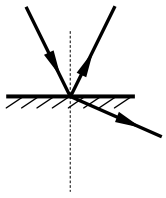
131. Различные виды электромагнитных излучений:
1) видимый свет; 2) радиоволны; 3) инфракрасное излучение;
4) ультрафиолетовое излучение; 5) рентгеновские лучи; 6) $\gamma$ - лучи –
расположите в порядке уменьшения длины волны:
1) 2,3,1,4,5,6; 2) 2,1,3,4,6,5; 3) 6,5,4,3,2,1; 4) 5,1,4,3,2,6.

132. Если вектор E ориентирован вдоль положительного направления оси OX, а вектор H вдоль отрицательного направления оси OУ, то вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован:
1) вдоль отрицательного направления оси OZ;
2) вдоль положительного направления оси OZ;
3) вдоль отрицательного направления оси OX;
4) вдоль положительного направления оси OX.

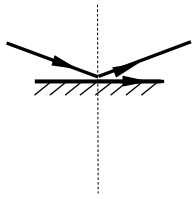
Тема 5: Волновая и квантовая оптика

1. Укажите, на каком рисунка показан ход лучей при полном внутреннем отражении при падении света под углом, меньшим предельного.

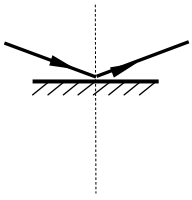
*а*)



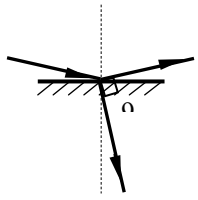
*б*)



*в*)



*г*)



1)*а*; 2) *б*; 3) *в*; 4) *г*.

2. Почему окраска одного и того же места поверхности мыльного пузыря непрерывно меняется? Поясните ответ.

1) Изменяется концентрация мыльного раствора.
2) Изменяется угол падения лучей на пленку.
3) Изменяется толщина пленки пузыря.

4) Изменяется коэффициент отражения пленки пузыря.

3. Как зависит число дифракционных максимумов, создаваемых дифракционной решеткой, от числа щелей, приходящихся на единицу длины?

1) Не зависит от числа щелей;
2) увеличивается с увеличением числа щелей;
3) уменьшается с увеличением числа щелей;
4) может как увеличиваться, так и уменьшаться.

4. Укажите формулу закона Малюса для прохождения линейнополяризованного света через поляризатор.

1) $I = \frac{1}{2} I_0$;

2) $I = \frac{1}{2}(1-\eta) I_0$;

3) $I = I_0 \cos^2 \varphi$;

4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$;

5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1-\eta)^2 \cos^2 \varphi$.

Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.

5. При попадании солнечного света на капли дождя образуется радуга. Это объясняется тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, которые каплями воды по-разному

1) преломляются;
2) поляризуются;
3) отражаются;
4) поглощаются.

6. В каком случае излучение наиболее близка к тепловому равновесному?*

1) Свечение фосфора при медленном излучении в воздухе;
2) свечение разреженного газа при пропускании через него электрического тока;
3) свечение нагретого металла, вынутого из печи;
4) свечение нагретого металла, находящегося в печи.

7. Укажите формулу, представляющую собой закон Кирхгофа.

1) $\lambda_m = \frac{b}{T}$;

2) $\frac{r(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T) = r_0(\lambda, T)$;

3) $R_э = \sigma T^4$;

4) $R_э = \varepsilon(T) \sigma T^4$.

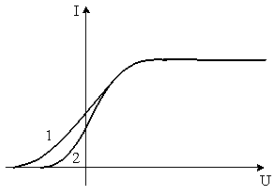
Здесь $r_0(\lambda, T)$ – спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

8. На рисунке представлены две вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Если $E$ – освещенность фотокатода, а $\nu$ – частота падающего света, то для кривых 1 и 2 справедливы следующие утверждения…

1) 1) $\nu_1 > \nu_2;\quad E_1 = E_2;$
2) 2) $\nu_1 = \nu_2;\quad E_1 > E_2;$
3) 3) $\nu_1 < \nu_2;\quad E_1 = E_2;$
4) 4) $\nu_1 = \nu_2;\quad E_1 < E_2.$

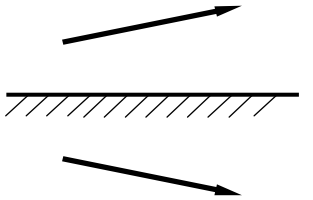
9. Эффект Комптона наблюдается

1) во всех спектральных областях;
2) в рентгеновской области;
3) в видимой области;
4) в инфракрасной области.

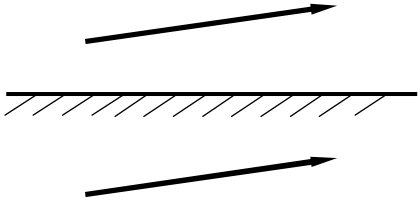



10. Укажите, на каком рисунке верно показано изображение предмета в плоском зеркале.

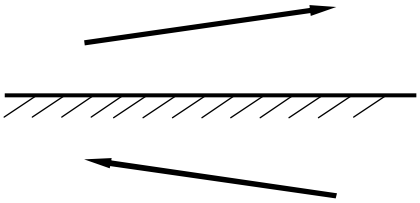
*а*)



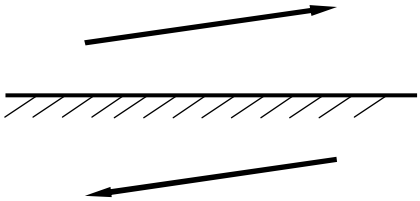
*б*)



*в*)



*г*)



1)*а*; 2) *б*; 3) *в*; 4) *г*.

11. Укажите формулу для радиусов темных колец Ньютона в отраженном свете, если прослойка между линзой и пластинкой заполнена жидкостью с показателем преломления $n$.

1) $r_k = \sqrt{(2k-1)R\dfrac{\lambda}{2n}};$ 2) $r_k = \sqrt{(2k-1)R\dfrac{\lambda}{2}};$

3) $r_k = \sqrt{k\lambda R};$ 4) $r_k = \sqrt{\dfrac{k\lambda R}{n}}.$

12. На одной щели можно наблюдать

1) только дифракцию Френеля ;
2) только дифракцию Фраунгофера;
3) и дифракцию Френеля, и дифракцию Фраунгофера при разных условиях наблюдения;
4) дифракцию наблюдать невозможно.

13. Укажите формулу закона Малюса для прохождения естественного света через поляризатор без учета поглощения света поляризатором.

1) $I = \dfrac{1}{2}I_0;$ 2) $I = \dfrac{1}{2}(1-\eta)I_0;$

3) $I = I_0 \cos^2 \varphi$;  4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$;

5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1-\eta)^2 \cos^2 \varphi$ .Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.

14. Узкий пучок белого света в результате прохождения через стеклянную призму расширяется, и на экране наблюдается разноцветный спектр. Это явление объясняется тем, что призма

1) по-разному поглощает свет с различными длинами волн;
2) окрашивает белый свет в различные цвета;
3) преломляет свет с разной длиной волн по-разному, разлагая его на монохро матические составляющие;
4) изменяет частоту волн.

15. Какое утверждение противоречит закону Кирхгофа для теплового излучения?

1) При тепловом равновесии спектральный состав излучения не зависит от свойств тел.
2) При тепловом равновесии абсолютно черное тело излучает с единицы поверхности больше энергии, чем любое нечерное.
3) Чем больше поглощательная способность тела, тем больше его излучательная способность.
4) Для всех тел отношение излучательной способности к поглощательной способности для одних и тех же длин волн зависит только от температуры.

16. Укажите формулу, представляющую собой закон Вина для абсолютно черного тела..

1) $\lambda_m = \frac{b}{T}$;  2) $\frac{r(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T) = r_0(\lambda, T)$;

3) $R_э = \sigma T^4$;  4) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$.

Здесь $r_0(\lambda, T)$ – спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

17. Внешний фотоэффект в металле вызывается монохроматическим излучением. При увеличении интенсивности этого излучения в 2 раза максимальная скорость фотоэлектронов, покидающих металл...

1) увеличится в 4 раза;
2) увеличится в 8 раз;
3) увеличится в $\sqrt{2}$ раз;
4) увеличится в 2 раза;
5) не изменится.

18. На зеркальную поверхность перпендикулярно к ней падает свет. Импульс, переданный поверхности при отражении одного фотона, равен

1) $\frac{h\nu}{c}$;  2) $\frac{hc}{\lambda}$;  3) $mc^2$;  4) $\frac{2h\nu}{c}$.

19. При прохождении через границу раздела двух сред измерены два угла падения $\alpha_1$, и $\alpha_2$ и два соответствующих им угла преломления $\gamma_1$ и $\gamma_2$. О соотношении этих углов можно утверждать, что

1) $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$;  2) $\frac{\alpha_1}{\gamma_1} = \frac{\alpha_2}{\gamma_2}$;

3) $\frac{\sin\alpha_2}{\sin\alpha_1} = \frac{\sin\gamma_1}{\sin\gamma_2}$;  4) $\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2}$.

20. Радужные пятна на поверхности воды, покрытой тонкой пленкой бензина, объясняются...

1) дифракцией света;
2) дисперсией света;
3) интерференцией света;
4) поляризацией света.

21. Что такое дифракция света?

1) Разложение света на монохроматические составляющие при преломлении в призме;
2) изменение направления распространения света при переходе из одной среды в другую;
3) огибание светом препятствий;
4) перераспределение интенсивности света с образованием чередующихся максимумов и минимумов.

22. Укажите формулу закона Малюса для прохождения естественного света через поляризатор с учетом поглощения света поляризатором.

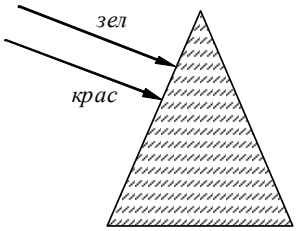
1) $I = \frac{1}{2} I_0$;  2) $I = \frac{1}{2}(1-\eta) I_0$;

3) $I = I_0 \cos^2\varphi$;  4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2\varphi$;

5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1-\eta)^2 \cos^2\varphi$.

Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.

23. Параллельные лучи от лазеров с зеленым и красным светом излучения падают на переднюю грань призмы в направлении, перпендикулярном граням призмы, и выходят через противоположную грань. После прохождения сквозь призму эти лучи




1) пересекутся;
2) разойдутся;
3) будут идти параллельно;
4) ответ зависит от преломляющего угла призмы.

24. Температура абсолютно черного тела 727 K. Какой цвет будет преобладать при наблюдении этого тела?

1) Фиолетовый;
2) белый;
3) красный;
4) излучение в видимой области отсутствует.

25. Укажите формулу, представляющую собой формулу Планка для спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела.

1) $r(\lambda,T)=\dfrac{dR_э}{d\lambda}$; 2) $r(\lambda,T)=\dfrac{2\pi hc^2}{\lambda^5}\cdot\dfrac{1}{\exp(hc/\lambda kT)-1}$;

3) $\dfrac{r(\lambda,T)}{a(\lambda,T)}=f(\lambda,T)=r_0(\lambda,T)$;

4) $R_э=\int_0^\infty r(\lambda,T)d\lambda$.

Здесь $r_0(\lambda,T)$ – спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

26. Красная граница фотоэффекта приходится на зеленый свет. Фотоэффект будет наблюдаться при освещении катода светом...

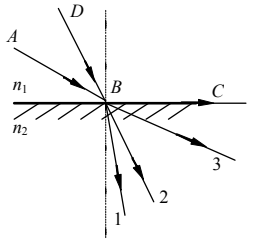
1) любым;
2) желтым;
3) красным;
4) фиолетовым.

27. На черную поверхность перпендикулярно к ней падает свет. Импульс, переданный поверхности при отражении одного фотона, равен

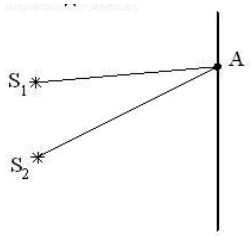
1) $\dfrac{h\nu}{c}$; 2) $\dfrac{hc}{\lambda}$; 3) $mc^2$; 4) $\dfrac{2h\nu}{c}$.

28. Луч *AB* преломляется в точке *B* на границе раздела двух сред с показателями преломления $n_1 > n_2$ и идет по пути BC (см. рисунок). Если изменить угол падения луча и направить падающий луч по пути *DB*, то преломленный луч

1) пойдет по пути 1;
2) пойдет по пути 2;
3) пойдет по пути 3;
4) исчезнет.




29. Для точки *A* оптическая разность хода лучей от двух когерентных источников $S_1$ и $S_2$ равна 1,2 *мкм.* Если длина волны в вакууме 600 *нм,* то в точке *A* будет наблюдаться...




1) минимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн;
2) максимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн;
3) минимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн;
4) максимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн.

30. Луч лазера направляется перпендикулярно плоскости дифракционной решетки. Расстояние между нулевым и первым дифракционными максимумами на удаленно) экране равно 10 см. Расстояние между нулевым и вторым дифракционными максимумами примерно равно

1) 5 см; 2) 10 см; 3) 20 см; 4) 40 см.

31. Укажите формулу закона Малюса для прохождения естественного света через два поляризатора без учета поглощения света поляризаторами.

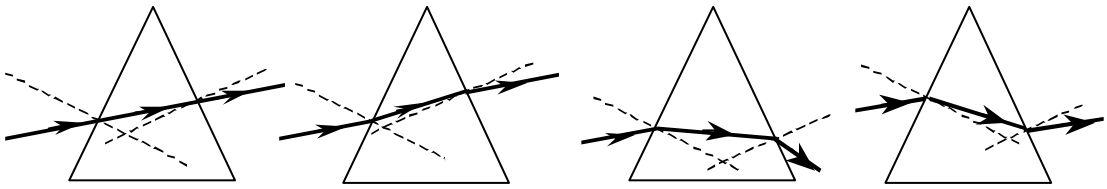
1) $I = \frac{1}{2} I_0$; 2) $I = \frac{1}{2}(1-\eta) I_0$;

3) $I = I_0 \cos^2 \varphi$;

4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$;5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1-\eta)^2 \cos^2 \varphi$.

Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.

32. На стеклянную призму падает луч монохроматического света. Укажите рисунок, на котором правильно изображен ход луча при преломлении в призме..



1) 2) 3) 4)

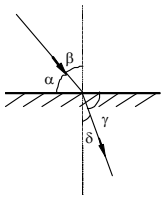
33. Суммарная мощность теплового излучения абсолютно черного тела возросла в 16 раз. Как изменится длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности?

1) Уменьшится в 16 раз;
2) уменьшится в 2 раза;
3) не изменится;
4) увеличится в 2 раза.

34. Масса фотона может быть рассчитана так:

1) $\frac{h\nu}{c^2}$; 2) $\frac{c}{\nu}$; 3) $\frac{hc}{\lambda}$; 4) $h\nu$.

34. На рисунке показаны направления падающего и преломленного лучей света на границе раздела "воздух-стекло". Показатель преломления стекла равен отношению




1) $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$; 2) $\frac{\sin\alpha}{\sin\delta}$;

3) $\frac{\sin\beta}{\sin\gamma}$; 4) $\frac{\sin\beta}{\sin\delta}$.

35. Укажите формулу, представляющую собой условие максимума при интерференции света.

1) $\Delta = d \sin\varphi$; 2) $\Delta = k\lambda$;

3) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$; 4) $\Delta = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$.

36. При каком условии дифракционные явления являются выраженными?

1) На препятствиях любого размера при любой форме светового пучка;
2) на препятствиях, размеры которых сравнимы с длиной световой волны, при любой форме светового пучка;
3) на препятствиях любого размера только для расходящегося светового пучка;
4) на препятствиях, размеры которых сравнимы с длиной световой волны, только для расходящегося светового пучка;
5) на препятствиях, размеры которых сравнимы с длиной световой волны, только для параллельного светового пучка

37. Укажите формулу закона Малюса для прохождения естественного света через два поляризатора с учетом поглощения света поляризаторами.

1) $I = \frac{1}{2} I_0$; 2) $I = \frac{1}{2}(1-\eta) I_0$;

3) $I = I_0 \cos^2 \varphi$; 4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$; 5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1-\eta)^2 \cos^2 \varphi$.

Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.

38. Что такое дисперсия света?

1) Разложение света на монохроматические составляющие при преломлении в призме;
2) изменение направления распространения света при переходе из одной среды в другую;
3) огибание светом препятствий;
4) перераспределение интенсивности света с образованием чередующихся максимумов и минимумов.

39. Согласно гипотезе Планка…

1) свет испускается и поглощается дискретными порциями (квантами);
2) свет испускается и поглощается непрерывно;
3) свет испускается непрерывно, а поглощается квантами;
4) свет испускается квантами, а поглощается непрерывно.

40. Суммарная мощность теплового излучения возросла в два раза, Как изменилась температура тела?

1) Уменьшилась в 2 раза;
2) возросла в $2^4$ раз;
3) возросла в 2 раза;
4) возросла в $\sqrt[4]{2}$ раз.

41. Какие явления объясняются полным внутренним отражением?

*а*) радужные разводы на лужах;
*б*) разложение света в цветную полоску при прохождении стеклянной призмы;
*в*) появление цветной окраски при отражении света от компакт–дисков;
*г*) игра драгоценных камней,
*д*) радуга;
*е*) отражение света в зеркале.

1) *а*, *б*, *в*; 2) *в*, *г*, *е*; 3) *г*, *д*, *е*;
4) *г*, *д*; 5) *б, в*, *е*.

42. Укажите формулу, представляющую собой условие минимума при интерференции света.

1) $\Delta = k\lambda$; 2) $\Delta = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$;

3) $\Delta = 2dn \pm \frac{\lambda}{2}$; 4) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$.

43. Укажите формулу, представляющую собой условие максимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели.

1) $a\sin\varphi = k\lambda$; 2) $a\sin\varphi = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$; 3) $2d = k\lambda$; 4) $2dn = k\lambda$.

44. Какой свет называется поляризованным?

1) Распространяющийся в однородной среде;
2) имеющий одну длину волны;
3) свет, в котором колебания вектора $\vec{E}$ каким-либо образом упорядочены;
4) прошедший через узкую щель;
5) отраженный от поверхности металла.

45. В чем причина дисперсии света? Укажите неверное утверждение

1) В том, что показатель преломления зависит от длины волны;
2) в том, что скорость распространения света разных частот различна;
3) в том, что свет с разной длиной волны по-разному поглощается веществом;
4) в том, что свет с разной длиной волны распространяется в веществе с разной скоростью.

46. Абсолютно черное тело - это тело…

1) рассеивающее все излучение, падающее на него;
2) не излучающее электромагнитные волны;
3) абсолютно черного цвета;
4) поглощающее все излучение, падающее на него.

47. Укажите формулу, представляющую собой закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела.

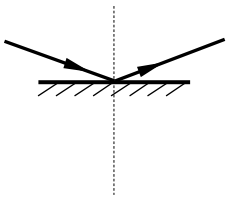
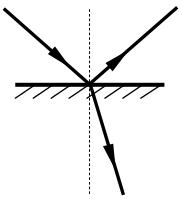
1) $R_э = \sigma T^4$; 2) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$;

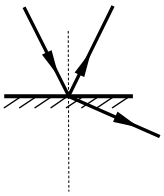
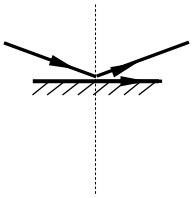
3) $R_э = \int_0^\infty r(\lambda, T)d\lambda$; 4) $R_э = \frac{dW}{S\,dt}$

48. Укажите формулу, представляющую собой уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. .

1) $eU_з = \frac{mv_{\max}^2}{2}$; 2) $\frac{hc}{\lambda_0} = eU$; 3) $\frac{hc}{\lambda} = A_в + \frac{mv_{\max}^2}{2}$; 4) $\frac{hc}{\lambda_0} = A_в$

49. Укажите рисунок, на котором показан ход лучей при преломлении при переходе из менее оптически плотной среды в более плотную.

*а*)  *б*) 

*в*)  *г*) 

1)*а*; 2) *б*; 3) *в*; 4) *г*.

50. Укажите формулу, представляющую собой разность хода лучей при интерференции от двух источников.

1) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$; 2) $\Delta = d\sin\varphi$;

3) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$; 4) $\Delta = \frac{dx}{L}$.

51. Укажите формулу, представляющую собой условие минимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели.

1) $a\sin\varphi = k\lambda$; 2) $a\sin\varphi = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$;

3) $2d = k\lambda$; 4) $2dn = k\lambda$.

52.Как зависит показатель преломления от длины волны в области нормальной дисперсии?

1) Увеличивается с увеличением длины волны;
2) уменьшается с увеличением длины волны,
3) не зависит от длины волны;
4) сначала уменьшается с увеличением длины волны, затем, в некотором интервале длин волн, увеличивается с увеличением длины волны.

53. Какой из законов теплового излучения относится к излучению любого тела?

1) закон Стефана–Больцмана;
2) закон Вина;
3) закон Кирхгофа;
4) формула Планка.

54. Укажите формулу, представляющую собой закон Стефана-Больцмана для нечерного тела.

1) $R_э = \sigma T^4$; 2) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$;

3) $R_э = \int_0^\infty r(\lambda, T)d\lambda$; 4) $R_э = \frac{dW}{S\,dt}$.

55. Укажите формулу, представляющую собой условие красной границы фотоэффекта. .

1) $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$; 2) $\frac{hc}{\lambda_0} = eU$; 3) $\frac{hc}{\lambda} = A_в + \frac{mv_{\max}^2}{2}$; 4) $\frac{hc}{\lambda_0} = A_в$.

56. Укажите формулу, определяющую предельный угол полного внутреннего отражения.

1) $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n_{21}$;  2) $\sin\alpha = \frac{1}{n}$;

3) $n_{21} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$;  4) $tg\alpha = n_{21}$.

57. Радужные пятна на поверхности воды, покрытой тонкой пленкой бензина, объясняются...

1) дифракцией света;
2) дисперсией света;
3) интерференцией света;
4) поляризацией света.

58. Укажите формулу, представляющую собой условие главных максимумов при дифракции Фраунгофера на дифракционной решетке.

1) $2dn = k\lambda$;  2) $a\sin\varphi = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$;

3) $2d = k\lambda$;  4) $d\sin\varphi = k\lambda$.

59. Укажите формулу, представляющую собой закон Боюстера.

1) $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n_{21}$;  2) $tg\alpha = n_{21}$;

3) $\sin\alpha = \frac{1}{n}$;  4) $n = \frac{\upsilon}{c}$.

60. Укажите формулу, представляющую закон связь между энергетической светимостью и спектральной плотностью энергетической светимости.

1) $R_э = \sigma T^4\,\%$;  2) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$;

3) $R_э = \int_0^\infty r(\lambda, T)d\lambda$;  4) $R_э = \frac{dW}{S\,dt}$.

61. Укажите формулу, представляющую собой условие прекращения фототока при фотоэффекте..

1) $h\nu = A_в + eU_з$;  2) $\frac{hc}{\lambda_0} = eU$;

3) $eU_з = \frac{mv_{\max}^2}{2}$;  4) $\frac{hc}{\lambda_0} = A_в$.

62. Чему равен импульс, переданный фотоном веществу при его поглощении и при его отражении при нормальном падении на поверхность?

1) в обоих случаях $\frac{h}{\lambda}$;

2) в первом случае $\frac{h}{\lambda}$, во втором $\frac{2h}{\lambda}$;

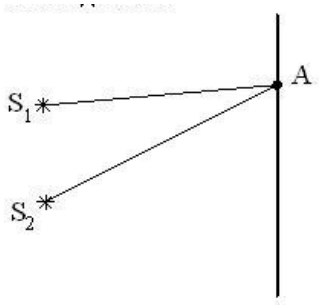
3) в обоих случаях $\frac{2h}{\lambda}$;

4) в первом случае $\frac{2h}{\lambda}$, во втором $\frac{h}{\lambda}$.

63. Луч света падает под углом $60^o$ на границу раздела воздух-жидкость. Отраженный и преломленный лучи перпендикулярны друг другу. Найти показатель преломления жидкости.

1) $\sqrt{3}$; 2) $1/\sqrt{3}$; 3) $\sqrt{2}$; 4) $1/\sqrt{2}$.

64. Если $S_1$ и $S_2$ – источники когерентных волн, а $L_1$ и $L_2$ - расстояния т.$A$ до источников, то в т. $A$ наблюдается максимум интерференции в воздухе при условии…




1) $L_2 - L_1 = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$;

2) $L_2 - L_1 = (2k-1)\frac{\lambda}{4}$;

3) $L_2 - L_1 = 2k\frac{\lambda}{2}$;

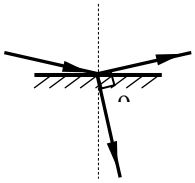
4) $L_2 - L_1 = k\frac{\lambda}{2}$.

65. Если закрыть $n$ открытых зон Френеля, а открыть только первую, то амплитудное значение вектора напряженности электрического поля...

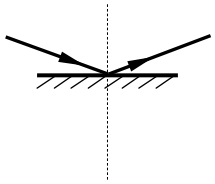
1) увеличится в 2 раза;
2) уменьшится в 2 раза;
3) увеличится в n раз;
4) не изменится.

66. Укажите рисунок, на котором правильно показан ход лучей при падении под углом Брюстера.

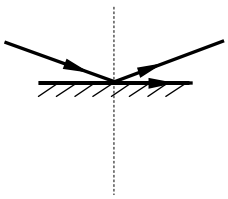
*а*)



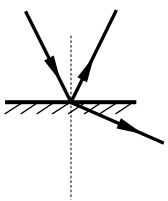
*б*)



*в*)



*г*)

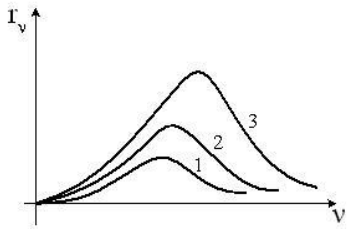


1) *а*; 2) *б*; 3) *в*; 4)*г*.

67. Какое утверждение НЕ является характерной особенностью теплового излучения?

1) Характеристики излучения зависят от температуры излучающего тела;
2) для реальных тел характеристики излучения зависят от состояния поверхности излучающего тела;
3) спектр излучения является сплошным;
4) распределение энергии по спектру не зависит от температуры;
5) излучение имеет равновесный характер.

68. На рисунке представлены графики зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от частоты при различных температурах. Наибольшей температуре соответствует график.




1) 1;
2) 2;
3)3;
4) все графики соответствуют одинаковой температуре

69. Что такое фотоэффект?

1) Испускание электронов веществом при нагревании;
2) электризация вещества при трении;
3) ионизация газа под действием ионизирующего излучения;
4) испускание электронов веществом под действием света.

70. Укажите формулу, представляющую собой условие коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра.

1) $h\nu = A_в + eU_з$; 2) $\frac{hc}{\lambda_0} = eU$;

3) $\frac{hc}{\lambda} = A_в + \frac{mv_{\max}^2}{2}$; 4) $\frac{hc}{\lambda_0} = A_в$.

71. Укажите формулу, представляющую собой разность хода лучей при интерференции в тонких пленках в веществе с показателем преломления $n$ в проходящем свете при нормальном падении.

1) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$; 2) $\Delta = 2dn \pm \frac{\lambda}{2}$;

3) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} \pm \frac{\lambda}{2}$. 4) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$;

5) $\Delta = 2d$; 6) $\Delta = 2dn$.

72. Дифракция Фраунгофера – это

1) дифракция в параллельных световых пучках;
2) дифракция на двух щелях;
3) дифракция в расходящихся световых пучках;
4) дифракция на решетке.

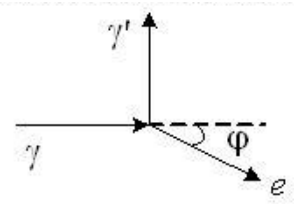
73. На идеальный поляризатор падает естественный свет интенсивности $J_0$ от обычного источника. При вращении поляризатора вокруг направления распространения луча интенсивность света прошедшего поляризатор

1) меняется от $J_{min}$ до $J_{max}$;
2) не меняется и равна $J_0$;
3) меняется от $J_0$ до $J_{max}$;
4) не меняется и равна $(1/2)\cdot J_0$.

74. Явление испускания электронов веществом под действием электромагнитного излучения называется ...

1) ударной ионизацией;
2) фотосинтезом;
3)фотоэффектом;
4) электризацией.

75. На рисунке показаны направления падающего фотона (*γ)*, рассеянного фотона (γ') и электрона отдачи *(e)*. Угол рассеяния 90°, направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол $\varphi = 30^0$. Если импульс падающего фотона $p_\gamma$, то импульс рассеянного фотона равен...




1) $1{,}5\sqrt{3}p_\gamma$;
2) $p_\gamma / \sqrt{3}$;
3) $0{,}5p_\gamma$;
4) $\sqrt{3}p_\gamma$.

76. Укажите формулу, не ,являющуюся законом преломления света.

1) $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n_{21}$;
2) $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{n_2}{n_1}$;
3) $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n$;
4) $n = \frac{\upsilon}{c}$.

77. Укажите формулу, представляющую собой разность хода лучей при интерференции в тонких пленках в веществе с показателем преломления *n* в отраженном свете при нормальном падении.

1) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$;
2) $\Delta = 2dn \pm \frac{\lambda}{2}$;
3) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} \pm \frac{\lambda}{2}$.
4) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$;
5) $\Delta = 2d$;
6) $\Delta = 2dn$.

78. По мере нагревания твердого тела цвет излучения меняется в следующей последовательности:

1) красный, желтый, синий;
2) синий, красный, желтый
3) синий, желтый, красный;
4) фиолетовый, зеленый, красный.

79. Свет, падающий на металл, вызывает эмиссию электронов из металла. Если интенсивность света уменьшается, а его частота при этом остаётся неизменной, то...

1) количество выбитых электронов остаётся неизменным, а их кинетическая энергия увеличивается;
2) количество выбитых электронов уменьшается, а их кинетическая энергия остаётся неизменной;

3) количество выбитых электронов увеличивается, а их кинетическая энергия уменьшается;
4) количество выбитых электронов и их кинетическая энергия увеличиваются;
5) количество выбитых электронов остаётся неизменным, а их кинетическая энергия уменьшается.

80. Укажите формулу для давления света при частично отражающей поверхности.

1) $P = \frac{E_e}{c}(1+\rho)$; 2) $P = \frac{E_e}{c}$; 3) $P = \frac{2E_e}{c}$; 4) $P = \frac{E_e}{c}(k+2\rho)$.

81. Укажите формулу, представляющую собой разность хода лучей при интерференции в тонкой воздушной прослойке в проходящем свете при нормальном падении.

1) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$; 2) $\Delta = 2dn \pm \frac{\lambda}{2}$;

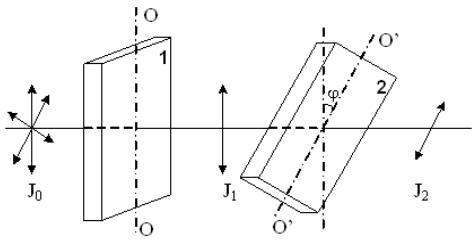
3) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha} \pm \frac{\lambda}{2}$. 4) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$;

5) $\Delta = 2d$; 6) $\Delta = 2dn$.

82. На экране от круглого отверстия, освещенного небольшой яркой лампочкой, возникает круглое светлое пятно. Что будет происходить при постепенном уменьшении размера отверстия?

1) Размер светлого пятна будет возрастать;
2) Размер светлого пятна будет убывать;
3) Размер пятна будет уменьшаться, затем возникнет картина чередующихся светлых и темных колец;
4) Размер пятна будет уменьшаться, а при некотором критическом размере экран резко станет темным.

83. На пути естественного света помещены две пластинки турмалина. После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован. Угол между направлениями *OO* и *O*'*O*' равен



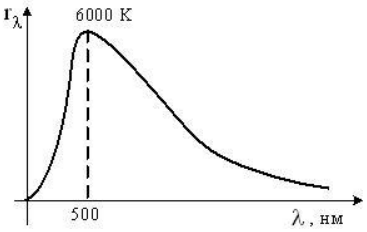

$45^0$, тогда отношение интенсивностей света $J_1/J_2$ равно…

1) 1;
2) 2;
3) 4;
4) 0.

84. Какого цвета мы видим абсолютно черное тело?

1) Черного; 2) красного; 3) фиолетового;
4) Любого цвета в зависимости от температуры этого тела.

85. На рисунке показана кривая зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при $T = 6000K$. Если температуру тела уменьшить в 4 раза, то длина волны, соответствующая максимуму излучения абсолютно черного тела, ...

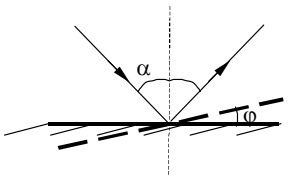



1) увеличится в 4 раза;
2) уменьшится в 2 раза;
3) увеличится в 2 раза;
4) уменьшится в 4 раза.

86. Эффект Комптона наблюдается

1) во всех спектральных областях;
2) в рентгеновской области;
3) в видимой области;
4) в инфракрасной области.

87. Свет падает на плоское зеркало под углом $\alpha$. Каким станет угол между отраженным и падающим лучом, если зеркало повернуть на угол $\varphi$ относительно оси, проходящей через точку падения луча и перпендикулярной плоскости падения?




1) $\alpha-\varphi$; 2) $2(\alpha-\varphi)$;
3) $\alpha+\varphi$; 4) $2(\alpha+\varphi)$.

88. Радужные пятна на поверхности воды, покрытой тонкой пленкой бензина, объясняются...

1) дифракцией света; 2) дисперсией света;
3) интерференцией света; 4) поляризацией света.

89. Найти наибольший порядок спектра для желтой линии натрия ($\lambda$=589 нм), если период дифракционной решетки равен 2 мкм.

1) 1;. 2) 2;. 3) 3; 4) 4.

90. Свет, отраженный от поверхности воды, является частично поляризованным. Что будет наблюдаться, если смотреть на поверхность пруда через поляроид и при этом его поворачивать?

1) Интенсивность проходящего через поляроид света уменьшается в два раза и не будет изменяться при вращении поляроида.
2) Интенсивность проходящего через поляроид света будет равна интенсивности падающего и не будет изменяться при вращении поляроида.
3) Интенсивность проходящего через поляроид света при вращении поляроида будет изменяться от некоторого максимального до минимального.
4) Интенсивность проходящего через поляроид света будет равна нулю при любом положении поляроида.

90. Радуга на небе объясняется…

1) дифракцией света;
2) поляризацией света;
3) интерференцией света;
4) дисперсией света.

91. В чем заключается ультрафиолетовая катастрофа.

1) В катастрофическом увеличении озоновых дыр в атмосфере.
2) В неспособности классической физики объяснить распределение энергии по спектру теплового излучения.
3) В резком увеличении излучения Солнца в ультрафиолетовой области.
4) В последствиях злоупотребления солярием.

92. От чего зависит максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, выбиваемых из металла при фотоэффекте?

А) От частоты падающего света.
Б) От интенсивности падающего света.
В) От работы выхода электронов из металла.
Правильными являются ответы:
1) Б; 2) А и Б; 3) А и В; 4) А, Б и В.

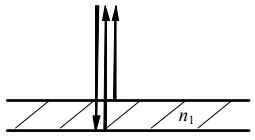
93. Эффект Комптона – это

1) испускание электронов с поверхности металла под действием рентгеновского излучения;
2) увеличение длины волны рентгеновского излучения при рассеянии веществом;
3) образование дифракционной картины при рассеянии рентгеновского излучения веществом;
4) испускание рентгеновского излучения веществом под действием падающих на него электронов.

94. При освещении тонкой пленки параллельными лучами белого света наблюдается радужная окраска пленки. Чем это можно объяснить? Поясните ответ.

1) Пленка неоднородна по составу.
2) Пленка в разных местах имеет разную толщину.
3) Пленка в разных местах неодинаково отражает свет.
4) В пленку в разных местах добавлены различные красители.

95. На поверхность стекла нанесен тонкий слой диэлектрика. Укажите формулу для разности хода отраженных лучей, если $n_1 < n_2$.




1) $\Delta = 2dn_2$; 2) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$; 3) $\Delta = 2dn_2 \pm \frac{\lambda}{2}$; 4) $\Delta = 2dn_1$; 5) $\Delta = 2dn_1 \pm$

96. Как зависит число дифракционных максимумов, создаваемых дифракционной решеткой, от числа щелей, приходящихся на единицу длины?

1) Не зависит от числа щелей;
2) увеличивается с увеличением числа щелей;
3) уменьшается с увеличением числа щелей;
4) может как увеличиваться, так и уменьшаться.

97. При каких условиях происходит фотоэффект?

1) При любых интенсивностях и частотах света;
2) при любых интенсивностях и при частотах, превышающих некоторое минимальное значение;

3) При любых частотах и при интенсивностях, превышающих некоторое минимальное значение;
4) при условии, что частота и интенсивность превышают некоторое минимальное значение.

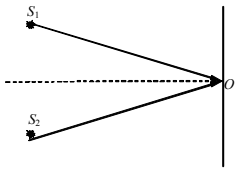
98. Укажите формулу для изменения длины волны рентгеновского излучения при комптоновском рассеянии.

1) $\lambda = \frac{h}{p_\gamma}$;
2) $\lambda = \frac{hc}{\nu}$;
3) $\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$;
4) $\lambda = \frac{\nu}{c}$.

99. При каких условиях возможно наблюдение полного внутреннего отражения?

1) при переходе света из оптически менее плотной среды в более плотную при любых углах падения;
2) при переходе света из оптически более плотной среды в менее плотную при любых углах падения;
3) при переходе света из оптически более плотной среды в менее плотную, если угол падения больше предельного;
4) при переходе света из оптически более плотной среды в менее плотную, если угол падения меньше предельного;
5) при отражении от металлов.

100. Если $S_1$ и $S_2$ – источники когерентных волн, то разность фаз колебаний, возбуждаемых этими волнами в т. О (центральный максимум), равна...




1) π/2;
2) 2π;
3) 0;
4) π

101. Укажите формулу, представляющую собой условие минимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели.

1) $a\sin\varphi = k\lambda$;
2) $a\sin\varphi = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$;
3) $2d = k\lambda$;
4) $2dn = k\lambda$.

102. Что принимается за направление колебаний в световой волне?

1) Направление колебаний вектора напряженности электрического поля $\vec{E}$.
2) Направление колебаний вектора напряженности магнитного поля $\vec{H}$.
3) Направление распространения световой волны.
4) Направление, составляющее угол $45^o$ к направлениям колебаний векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$.

103. Какая из формулировок не соответствует определению теплового излучения?

1) Электромагнитное излучение, находящееся в равновесии со стенками замкнутой полости, в которой оно заключено.
2) Свечение тела, потери энергии которого на излучение, полностью компенсируется подводом энергии за счет нагревания.
3) Электромагнитное излучение тела, температура которого поддерживается постоянной.
4) Электромагнитное излучение тела, появляющееся в результате хаотического движения частиц, из которых оно состоит.

спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

104. При фотоэффекте задерживающая разность потенциалов НЕ зависит от

А) Частоты падающего света.
Б) Интенсивности падающего света.
В) Угла падения света.
Какие утверждения правильны?

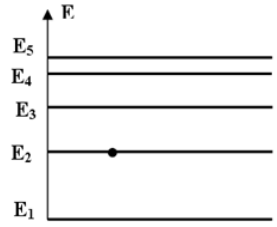
1) А и Б; 2) Б и В; 3) А и В; 4) А, Б и В.

Тема 6: Квантовая физика и физика атома

1. Несостоятельность планетарной модели атомов по Резерфорду заключается в следующем:
А) Силы притяжения между электроном и ядром настолько велики, что электроны должны упасть на ядро.
Б) Спектр излучения атомов должен быть сплошным, а не линейчатым.

1) только А; 2) только Б; 3) А и Б; 4) ни А, ни Б.

2. На рисунке приведена диаграмма энергетических уровней некоторого атома. Электрон находится на втором стационарном уровне. Сколько спектральных линий могут наблюдаться в спектре поглощения этого атома?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5 .

3. В таблице приведены значения энергии для первых четырех энергетических уровней атома водорода. Излучение с наибольшей длиной волны, наблюдаемое как отдельная линия в спектре испускания водорода, может быть получено при переходе между энергетическими уровнями

1) с n = 4 на n = 1
2) с n=1 на n = 4
3 ) с n = 4 на n = 3
4) с n = 3 на n = 4

| n | Энергия, $10^{-19}$ Дж |
|---|---|
| 1 | -21,8 |
| 2 | -5,3 |
| 3 | -2,4 |
| 4 | -1,3 |

4. Согласно постулатам Бора, частота электромагнитного излучения, возникающего при переходе атома из возбужденного состояния с энергией $E_1$ в основное состояние с энергией $E_o$, вычисляется по формуле (с — скорость света, $h$ — постоянная Планка)

1) $\frac{E_1+E_0}{h}$ 2) $\frac{E_1-E_0}{h}$ 3) $\frac{ch}{E_1-E_0}$ 4) $\frac{ch}{E_0+E_1}$

5. Групповая скорость длины волны де Бройля…
1) больше скорости света в вакууме;
2) равна скорости частиц;
3) зависит от квадрата длины волны;
4) равна скорости света в вакууме;
5) не имеет смысла как физическая величина.

6. Какие утверждения справедливы в случае соотношения неопределенностей для энергии и времени?
А.) Частота излученного фотона имеет неопределенность $\Delta\nu = \Delta E/h$, т.е. линии спектра характеризуются частотой $\nu \pm \Delta E/h$ и должны быть размыты;
В) Невозможно с бесконечной точностью знать энергию частицы и время ее пребывания в этом энергетическом состоянии4
С) Если частица существует в каком то состоянии бесконечно долго, то энергия этого состояния известна точно;
Д) Зная ширину спектральной линии, можно оценить порядок времени пребывания атома в возбужденном состоянии.
1) А,В, С. 2) В, С, Д. 3) В,Д. 4) А,В,С,Д.

7. Стационарным уравнением Шредингера для линейного гармонического осциллятора является уравнение …

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$ 2) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-\frac{m\omega_0{}^2x^2}{2})\psi=0$ 4) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E+\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi=0$

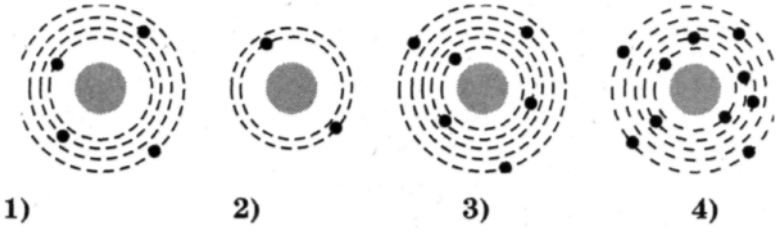
8. Какие утверждения справедливы при описании состояния электрона?
А) Если орбитальное квантовое число ($l = 0$), то состояние электрона называется s - состоянием; ($l = 1$) - $p$ – состоянием; ($l = 2$) - d – состоянием.
В) Значение главного квантового числа $n$ указывается перед условным обозначением орбитального квантового числа и определяет энергетические уровни электрона в атоме:
3s ( n = 3, $l = 0$ ).
С) Орбитальное квантовое число ($l$ ) определяет момент импульса электрона в атоме:
($l = 0, 1, 2, \ldots$).
Д) Квантовые числа $n$ и $l$ характеризуют ориентацию электронного облака в пространстве.
1) А,В,Д; 2) А,В,С,Д; 3) В,С; 4) А,В,С.

8. Фазовая скорость фотона равна…
1) скорости света в вакууме c; 2) $c^2 / v$; 3) v; 4) $d\omega / dk$.

9. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

1) 0,091; 1) 0,027; 3) 0,5; 4) 0,91.

10. На рисунке изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Атому $_6C^{12}$ соответствует схема




11. Атом находится в состоянии с энергией $E_1 = -3$ эВ. Минимальная энергия, необходимая для отрыва электрона от атома, равна

1)0 2) $E_1$ 3) $- E_1$ 4)- $0,5E_1$

12. Длина волны де Бройля частицы уменьшилась вдвое. Скорость этой частицы ...

1) увеличилась в 4 раза;
2) уменьшилась вдвое;
3) уменьшилась в 4 раза;
4) увеличилась вдвое;
5)не изменилась.

13. Длина волны де Бройля для электрона с кинетической энергией I кэВ равна…

1) 0,019 нм; 2) 0,039 нм; 2) 1 нм; 3) 39 нм.

14. Кинетическая энергия электрона в атоме водорода составляет величину порядка 10эВ. Используя соотношение неопределенностей оцените минимальные размеры атома.

1) $1,24\cdot10^{-10}$ м; 2) $4,24\cdot10^{-10}$ м; 3) $0,2\cdot10^{-10}$ м; 4) $3,22\cdot10^{-10}$ м

15. Стационарным уравнением Шредингера для водородоподобного атома является уравнение ...

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}E\psi = 0$ 2) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}E\psi = 0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - \frac{m\omega_0{}^2x^2}{2})\psi = 0$ 4) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E + \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi = 0$

16. При движении свободной частицы справедливы следующие утверждения…

а) энергия может принимать любые значения, т.е. энергетический спектр свободной частицы непрерывный;

б) энергия может принимать только дискретные значения и квантуется главным квантовым числом $n$ ;

в) плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства

$|\Psi|^2$ не зависит от времени, т.е. все положения свободной частицы в пространстве равновероятны;

г) плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства определяется выражением $|\Psi_n(x)|^2 = \Psi_n(x)\ \Psi^*_n(x)$ и зависит от $x$ и $n$.

1) а,б,в,г; 2) а,б,в; 3) а,в; 4) б,г.

17. Величина момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии, равна

1) $1{,}49\cdot10^{-34}$ Дж·с; 2) 0; 3) $2{,}08\cdot10^{-34}$ Дж·с; 4) $2{,}58\cdot10^{-34}$ Дж·с.

18. Для какого из перечисленных состояний в изолированном атоме водорода кратность вырождения наибольшая?

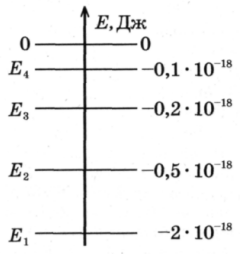
1) 1s; 2) 3s; 3)3p; 4) 4d.

19. Длина волны де Бройля для электрона, движущегося по первой Боровской орбите в атоме водорода, равна…

1) $3{,}4\cdot10^{-10}$ м; 2) $2{,}13\cdot10^{-10}$ м; 3) $1{,}67\cdot10^{-10}$ м; 4) $8{,}8\cdot10^{-10}$ м.

20. На рисунке изображена схема возможных значений энергии атомов газа. Какие фотоны могут поглощать те атомы, которые находятся в состоянии с энергией $E_3$?

1) Фотоны с любой энергией, большей $0{,}2\times10^{-18}$ Дж
2) Фотоны с любой энергией в пределах от 0 до $0{,}2\times10^{-18}$ Дж
3) Фотоны с энергией $01\times10^{-18}$ Дж и $0{,}2\times10^{-18}$ Дж
4) Фотоны с энергией $0{,}1\times10^{-18}$ Дж, $0{,}2\times10^{-18}$ Дж и любой, большей $0{,}2\times10^{-18}$ Дж



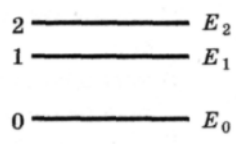

21. Энергия испущенного фотона при переходе с четвертого уровня атома водорода в серии Бальмера равна…

1) -13, эВ; 2) 10,2 эВ; 3) -10,2 эВ; 4) 3,4 эВ.

22. Атом водорода поглотил квант с энергией 15 эв. Энергия электрона вне атома равна…

1) 1,4 эВ; 2) -1,4 эВ; 3) 2,4 эВ; 4) 13,6 эВ.

23. Сколько фотонов различной частоты могут испускать атомы водорода, находившиеся во втором возбужденном состоянии $E_2$, согласно постулатам Бора?




1)1 2)2 3)3 4)4

24. Стационарным уравнением Шредингера для частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками является уравнение ...

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$

2) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - \frac{m\omega_0{}^2 x^2}{2})\psi = 0$

4) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E + \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi = 0$

25. Частица в потенциальной яме шириной $l$ находится в возбужденном состоянии (n = 2). Плотность вероятности нахождения частицы в центре ямы равна…

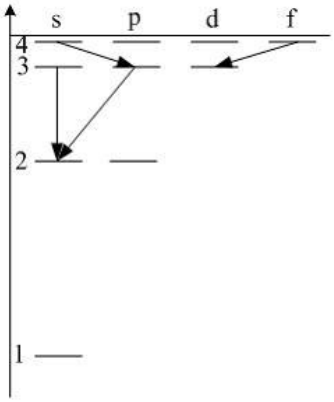
1) 0,5; 2) 0,25; 3) 0,5; 4) 0.

26. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в p-состоянии.

1) $1{,}49\cdot10^{-34}$ Дж·с; 2) 0; 3) $2{,}49\cdot10^{-34}$ Дж·с 4) $1{,}58\cdot10^{-34}$ Дж·с

27. Закон сохранения момента импульса накладывает ограничения на возможные переходы электрона в атоме с одного уровня на другой (правило отбора). В энергетическом спектре атома водорода (рис.) запрещенным переходом является...

1) $3p - 2s$; 2) $3s - 2s$; 3) $4s - 3p$; 4) $4f - 3d$.




28. Кратность вырождения для электрона, находящегося в возбужденном состоянии ( n = 3) равна…

1) 3; 2)4; 3) 6; 4) 9.

29. Сколько квантов различной энергии могут испускать атомы водорода, если их электроны находятся на третьей орбите?

1) кванты двух различных энергий;
2) кванты трех различных энергий;
3) кванты четырех различных энергий;
4) кванты пяти различных энергий;

30. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода равна 13.6 эВ. Исходя из соотношения неопределенностей наименьшая неточность, с которой можно вычислить координату электрона, равна…

1) $\Delta x \geq 10^{-10}$ м; 2) $\Delta x \geq 10^{-9}$м; 3) $\Delta x \geq 10^{-11}$м; 4) $\Delta x \geq 10^{-8}$ м.

31. В опыте Резерфорда большая часть ά-частиц свободно проходит сквозь фольгу, практически не отклоняясь от прямолинейных траекторий, потому что
1) ядро атома имеет положительный заряд
2) электроны имеют отрицательный заряд
3) ядро атома имеет малые (по сравнению с атомом) размеры
4) $\alpha$ -частицы имеют большую (по сравнению с ядрами атомов) массу

32. Энергия испущенного фотона при переходе с четвертого уровня в атоме водорода в серии Бальмера равна…

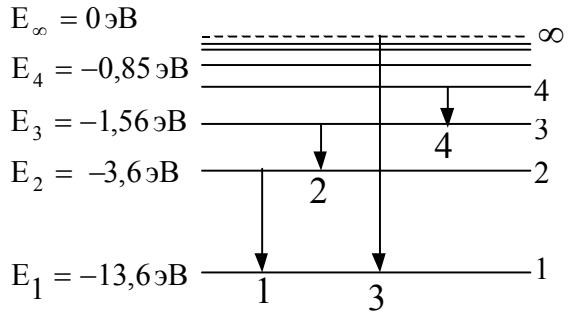
1) 10,2 эВ; 2) -10,2 эВ; 3) 3,4 эВ; 4) -3,4эВ.

33. В атоме водорода уровню энергии номера $n$ отвечает без учета спина) …
1) $n + 1$ различных квантовых состояний;
2) $n^2$ различных квантовых состояний;
3) $2 n^2$ различных квантовых состояний;
4) $(n + 1)^2$ различных квантовых состояний.

34. Частица в потенциальном ящике шириной L находится в возбужденном состоянии ( n = 2). В каких точках интервала $(0< x <L)$ плотность вероятности $|\psi(x)|^2$ нахождения частицы минимальна?

1) $x = L/2$; 2) $x = L/3$; 3) $x = L/4$; 4) $x = 3L/4$.

35. На рисунке показана схема энергетических уровней атома водорода и некоторые возможные переходы электрона из одного состояния в другое. Укажите, какому переходу соответствует спектральная линия, лежащая в видимой области спектра.




1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

36. Электрон и $\alpha$ - частица имеют одинаковые импульсы. Длина волны де Бройля какой частицы больше?

1) электрона, т.к. его электрический заряд меньше;
2) длины волн одинаковы;
3) $\alpha$ - частицы, т.к. ее масса больше;
4) $\alpha$ - частица не обладает волновыми свойствами.

37. Какое из приведенных ниже утверждений является серьезным доводом против планетарной модели атомов по Резерфорду?

1) силы электростатического притяжения ядра так велики, что электрон должен упасть на ядро;

2) из-за большой удаленности от ядра силы кулоновского притяжения так малы, что электроны должны легко их преодолевать и покидать атомное ядро;

3) электрон должен терять энергию на электромагнитное излучение и быстро упасть на ядро;

4) из-за большой массы ядра гравитационные силы притяжения должны вызывать падение электрона на ядро.

38. Определить длину дебройлевской волны электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.

1) 0,67 нм; 2) 120 нм; 3) 0.39 нм; 4) 0,12 нм.

39. Уравнение Шредингера для стационарных состояний электрона в атоме имеет вид …

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$

2) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E - \frac{m\omega_0{}^2 x^2}{2})\psi = 0$

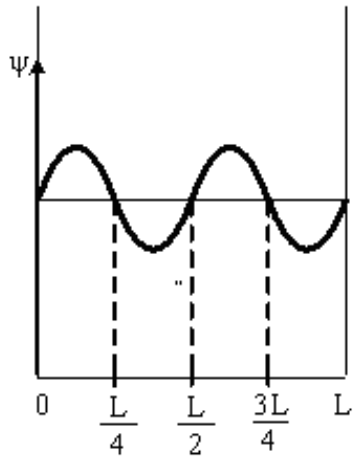
4) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E + \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi = 0$

40. Определить первый потенциал возбуждения водородоподобного атома гелия.

1) 40,8 В; 2) 54,4 В; 3) 10,2 В ; 4) 13,6 В.

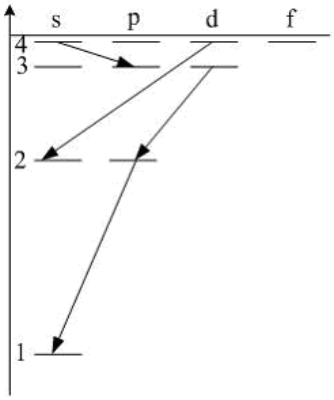
41. Вероятность обнаружить электрон на участке $\frac{L}{8} < x \frac{L}{2}$ одномерного потенциального ящика с бесконечно высокими стенками, если $\psi$ - функция имеет вид, указанный на рисунке, равна…

1) 3/8; 2) 5/8; 3) ¼; 4) ½.




1) 3/8; 2) 5/8; 3) ¼; 4) ½.

42. Закон сохранения момента импульса накладывает ограничения на возможные переходы электрона в атоме с одного уровня на другой ( правило отбора) . В энергетическом спектре атома водорода (рис.) разрешенными переходами являются…




1) 4s – 3p; 3d – 2p; 2p – 1s;
2) 4d – 2s;
3) 4s – 3p; 3d – 2p.
4) 4s – 3p; 3d – 2p; 2p – 1s; 4d – 2s;

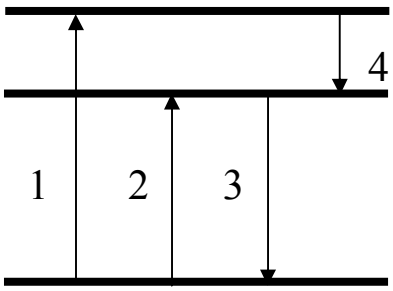
43. Установите соответствие квантовых чисел, определяющих волновую функцию электрона в атоме водорода их физическому смыслу.

| | |
|---|---|
| 1) *n* | А. Определяет ориентацию электронного облака в пространстве. |
| 2) *l* | Б. Определяет форму электронного облака |
| 3) *m* | В. Определяет размеры электронного облака |
| | Г. Собственный механический момент электрона |

1) 1 – Г, 2-Б, 3 – А; 2) 1 –А, 2 – Б, 3 – В; 3) 1- В, 2 –Б, 3 –А; 4) 1 –В, 2 – А, 3 – Г.

44.Величина момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в р-состоянии, равна…
1) $1{,}49\cdot10^{-34}$ Дж·с;
2) $2{,}58\cdot10^{-34}$ Дж·с;
3) $1{,}054\cdot10^{-34}$ Дж·с;
4) $2{,}108\cdot10^{-34}$ Дж·с.

45. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, соответствующий поглощению атомом фотона самой большой частоты?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

46. Атом водорода находился в нормальном состоянии. При первом столкновении с другим атомом, он перешел в возбужденное состояние, а при следующем столкновении был ионизирован. Энергия системы «ядро – электрон» имела

1) максимальное значение в нормальном состоянии атома;
2) максимальное значение в возбужденном состоянии атома;
3) максимальное значение в ионизированном состоянии атома;
4) одинаковое значение во всех трех состояниях;

47. Длина волны де Бройля для электрона больше, чем для $\alpha$ -частицы. Импульс какой частицы больше?

1) электрона
2) $\alpha$ -частицы
3) импульсы одинаковы
4) величина импульса не связана с длиной волны

48. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Постоянная Ридберга равна $1{,}097 \cdot 10^7$ м$^{-1}$.

1) 500 нм; 2) 364,7 нм; 3) 293,4 нм; 4) 1290 нм.

49. Воспользовавшись соотношением неопределенностей оцените размытость энергетического уровня для возбужденного состояния , время жизни в котором составляет $10^{-8}$ с.

1) 414 нэВ; 2) 21,8 эв; 3) 912 нэВ; 4) 912 мкэВ.

50. Стационарным уравнением Шредингера для линейного гармонического осциллятора является уравнение ...

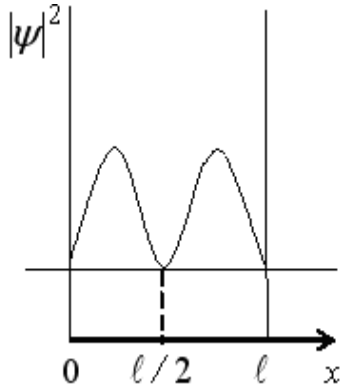
1) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$

2) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E - \frac{m\omega_0{}^2 x^2}{2}\right)\psi = 0$

4) $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E + \frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r}\right)\psi = 0$

51. На рисунке изображена плотность вероятности обнаружения микрочастицы на различных расстояниях от «стенок» ямы.




Вероятность ее обнаружения на участке $l/4 < x < 3l/4$ равна…

1) ½; 2) 0; 3) ¾; 4) ¼.

52. Квадрат модуля волновой функции $\psi$, входящей в уравнение Шредингера, равен…

1) импульсу частицы в соответствующем месте пространства;
2) энергии частицы в соответствующем месте пространства;
3) плотности вероятности обнаружения частицы в соответствующем месте пространства;
5) квадрату энергии частицы в соответствующем месте пространства.

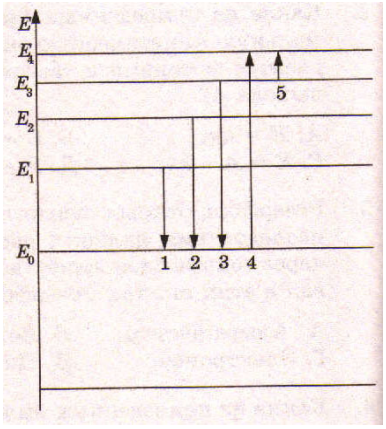
53. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?

1) 1/3; 2) 0,195; 3) 2/3; 4) 0,279.

54. Используя принцип Паули, укажите какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа: $n, l, m$

1) 2; 2) 1; 3) 4; 4) 6.

55. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой стрелкой обозначен переход с излучением фотона наименьшей частоты?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.

56. Электрон выбит из атома водорода, находящегося в основном состоянии, фотоном, энергия которого 17.7 эВ. Скорость электрона за пределами атома равна…

1) 1,2 Мм/с; 2) 0,6 Мм/с; 3) 3,4 Мм/с; 4) 0.

57. Используя теорию Бора для атома водорода, определите скорость движения электрона по первой боровской орбите.

1) 2,56 Мм/с; 2) 1,29 Мм/с; 3) 2,19 Мм/с; 4) 60 Мм/с.

58. Электрон в атоме водорода перешел из основного состояния в возбужденное с n = 3. Радиус его боровской орбиты …

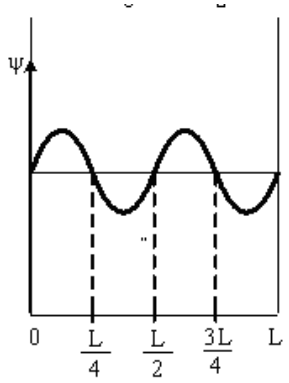
1) увеличился в 3 раза;
2) уменьшился в 3 раза;
3) увеличился в 9 раз;
4) уменьшился в 9 раз;
5) увеличился в 2 раза.

59. Электрон и протон движутся с одинаковыми скоростями. У какой из этих частиц большая длина волны де Бройля?

1) у электрона
2) у протона
3) длины волн этих частиц одинаковы
4) частицы нельзя характеризовать длиной волны

60. Орбитальное квантовое число $l$ определяет…
1) проекцию орбитального момента импульса электрона на заданное направление;
2) момент импульса электрона в атоме;
3) энергию стационарного состояния электрона в атоме;
4) собственный механический момент электрона в атоме.

61. Если $\psi$ - функция имеет вид, указанный на рисунке,




то вероятность обнаружить электрон на участке $\frac{L}{4} < x < \frac{3L}{4}$ равна…

1) 3/8; 2) 5/8; 3) ¼; 4) ½.

62. Правила отбора, ограничивающие число возможных переходов электронов, связанных с испусканием и поглощением света, имеют вид…
1) для орбитального и магнитного квантовых чисел $\Delta l = \pm 1;\ \Delta m_l = 0; \pm 1$.
2) для главного и орбитального квантовых чисел $\Delta n = \pm 1; \Delta l = \pm 1;$
3) для главного и магнитного квантовых чисел $\Delta n = \pm 1;\ \Delta m_l = \pm 1;$
4) переход электрона из основного состояния в возбужденное происходит по схеме 1s-ns

63. Электрон в атоме водорода перешел из основного состояния в возбужденное с n = 4. Радиус его боровской орбиты …
1) увеличился в 16 раз;
2) уменьшился в 16 раз;
3) увеличился в 4 раза;
4) уменьшился в 4 раза;
5) не изменился.

64. Энергия фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый, равна…
13,6 эВ; 2) 12,1 эВ; 3) 10,2 эВ; 4) 3,4.эВ.

65. Какое из перечисленных условий определяет возможность обнаружить волновые свойства микрочастицы?
1) Движение с релятивистской скоростью;

2) наличие электрического заряда;
3) наличие магнитного момента;
4) малая масса частицы.

66. Какое из утверждений ошибочно?
1) Соотношение неопределенностей является следствием невозможности изучить свойства микрочастиц в связи с волновым характером их движения.
2) Произведение неопределенностей координаты и соответствующего ей импульса не может быть меньше величины порядка h.
3) Чем точнее определена координата микрочастицы, тем менее точно определено значение импульса микрочастицы, и наоборот.
4) Для тел с координатами, определенными с одной и той же точностью $\Delta x$, точность определения скорости зависит от массы этих тел.

67. Правило отбора накладывает ограничения на возможные переходы электрона в атоме с одного уровня на другой. В энергетическом спектре атома водорода запрещенным переходом является…
1) 2p – 1s; 2) 4s – 2p; 3) 3d – 2p; 4) 4d – 2s.

68. Потенциал ионизации водородоподобного атома гелия равен…

1) 13,6 эВ; 2) 40,8 эВ; 3) 54,4 эВ; 4) 10,2эВ.

69. Частица в потенциальном ящике шириной L находится в состоянии с главным квантовым числом $n$ =3. Какова вероятность нахождения частицы в крайней трети ящика?

1) ½; 2) 1/3; 3) ¼; 4) 3/8.

70. Найти кинетическую энергию электрона, если длина волны де Бройля 0,10 нм.

1) 120эВ; 2) 73 эВ; 3) 150 эВ; 4) 13,6эВ.

71. Положение пылинки массой $m = 10^{-9}$ кг можно установить с неопределенностью $\Delta x = 0{,}1$ *мкм*. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 1{,}054 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, неопределенность скорости $\Delta V_x$ ( в м/с) будет не менее…

1) $1{,}05 \cdot 10^{-18}$ 2) $1{,}05 \cdot 10^{-24}$ 3) $1{,}05 \cdot 10^{-27}$ 4) $1{,}054 \cdot 10^{-21}$.

72. Вычислить длину волны де Бройля для атома водорода, кинетическая энергия которого равна 100 эВ.

1) 0,00286 нм; 2) 0,286 нм; 3) 0,088 нм; 4) 0,000286 нм.

73. Какое из перечисленных свойств не является обязательным для $\psi$ - функции?
1) $\psi$ - функция непрерывна;
2) $\psi$ - функция конечна;
3) $\psi$ - функция должна быть функцией комплексного переменного;
4) $\psi$ - функция должна иметь непрерывные частные производные первого порядка по координатам.

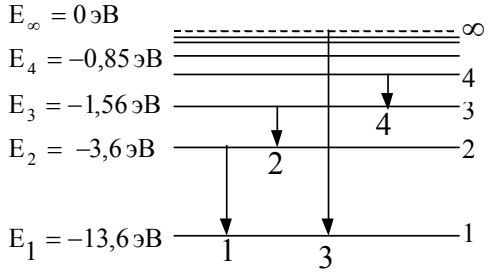
74. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса $L_l$ электрона, находящегося в f – состоянии, больше, чем для электрона в $p$ - состоянии.

1) 1,5; 2) 2,45; 3) 5; 4) 3,43.

75. В атоме К и L оболочки заполнены полностью. Общее число электронов в атоме равно…

1) 6; 2) 8; 3) 18; 4)10.

75. На рисунке представлена схема энергетических уровней атома водорода. Какой цифрой обозначен переход с излучением фотона, имеющего максимальный импульс?




1) 1; 2)2; 3)3; 4)4.

76. В теории Бора атома водорода радиус n –ой круговой орбиты выражается через радиус первой орбиты. Как изменится кинетическая энергия электрона при переходе со второй орбиты на первую?

1) Увеличится в 4 раза;
2) уменьшится в 4 раза;
3) увеличится в 2 раза;
4) уменьшится в 2 раза;
5) не изменится.

77. Какова природа сил, отклоняющих $\alpha$ - частицы от прямолинейной траектории в опытах Резерфорда?

1) Гравитационная;
2) электромагнитная;
3) ядерная;
5) упругая.

78. Если неопределенность координаты электрона ( $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$кг) при его движении в атоме $\Delta x = 10^{-10}$ м, то неопределенность скорости его движения составляет…

1) $1{,}16 \cdot 10^{6}$ м/с;
2) $7{,}27 \cdot 10^{6}$ м/с;
3) $1{,}16 \cdot 10^{-10}$ м/с;
4) $\infty$.

$\hbar = 1{,}054 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

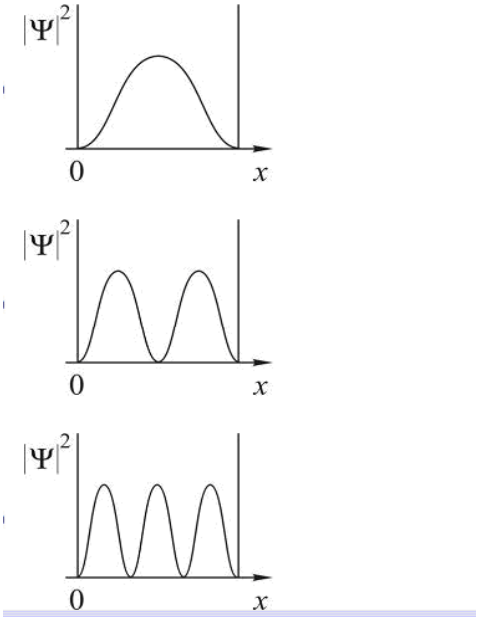
79. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его дебройлевская длина волны уменьшилась от 0,1нм до 0,05 нм?

1) 450 эВ; 2) 150 эВ; 3) 100 эВ; 4) 1050 эВ.

80. Какое из следующих утверждений ошибочно для атома водорода?
1) Главное квантовое число *n* может принимать любые целочисленные положительные значения, начиная с единицы.
2) Главное квантовое число *n* определяет возможные значения энергии электрона в атоме.
3) Зная главное квантовое число *n,* можно однозначно определить квантовые состояния электрона: его энергию, момент импульса, магнитный момент и т.п.
4) При заданном *n* орбитальное квантовое число $\ell$ может принимать всего n значений.

81. Для какого из перечисленных состояний кратность вырождения наибольшая?
1) 1s; 2) 2s; 3) 2p; 4) 3d.

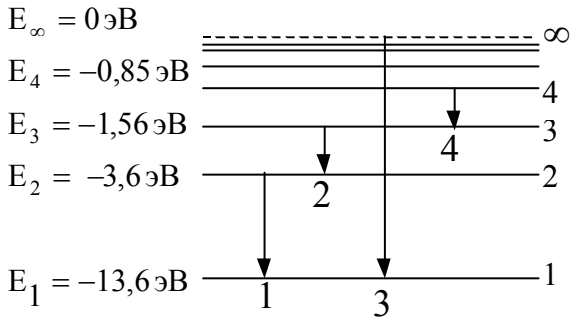
82. На рисунках приведены картины распределения плотности вероятности нахождения микрочастицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками




Состоянию с n = 3 соответствует…

1) 1; 2)2; 3) 3; 4) необходимый рисунок отсутствует.

83. На рисунке представлена схема энергетических уровней атома водорода.




Какой цифрой обозначен переход, соответствующий серии Пашена?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

84. Основываясь на том, что энергия ионизации атома водорода $E_i = 13{,}6$ эВ, определите энергию фотона, соответствующую самой длинноволновой линии серии Бальмера.

1) 1,89 эВ; 2) 2,55.эВ; 3) 10,2 эВ; 4) 1,21.эВ.

85. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределенность скорости составляет 10% от ее числового значения, определите неопределенность координаты электрона.

1) $\Delta x =$ 3,34 пм; 2) $\Delta x$ = 3,34 нм; 3) $\Delta x$ = 2,16 пм; 4) $\Delta x$ = 2,16 нм.

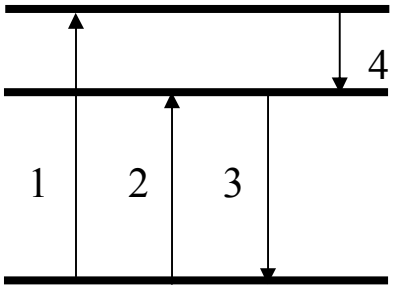
86. При движении какого из перечисленных тел волновые свойства могут быть обнаружены экспериментально?
1) Пылинка с массой m = $10^{-15}$ кг летит со скоростью 100 м/с.
2) Электрон движется со скоростью $10^5$ м/с.
3) Земля движется по орбите со скоростью $3 \cdot 10^4$ м/с.
4) Ракета летит со второй космической скоростью 11,2 км/с.

87. В каком из перечисленных случаев энергетический спектр электрона сплошной?
1) Электрон в потенциальной яме шириной $10^{-6}$ м.
2) Электрон в атоме.
3) Электрон в молекуле водорода.
4) Свободный электрон.

88. Электрон в атоме находится в d – состоянии. Максимальное значение проекции момента импульса на направление внешнего магнитного поля равно…

1) $2\hbar$; 2) $3\hbar$; 3) $32\hbar$;; 4) $1\hbar$.

89. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, соответствующий поглощению атомом фотона наименьшей длины волны?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

89. Кинетическая энергия электрона равна 1 кэВ. Определите длину волны де Бройля.

1) 38,8 пм; 2) 12.8 пм; 3) 1,29 пм; 40 3,6 нм.

90. Определите отношение неопределенностей скорости электрона, если его координата установлена с точностью до $10^{-5}$ м, и пылинки массой $10^{-12}$ кг ($\Delta v_e$ / $\Delta v_п$), если ее координата установлена с такой же точностью.

1) $2{,}8 \cdot 10^{18}$; 2) $1{,}1 \cdot 10^{18}$; 3) $1{,}1 \cdot 10^{10}$; 4) $1{,}9 \cdot 10^{8}$.

91. На какой вопрос о соотношении неопределенностей для энергии и времени Вы ответите «нет»?

1) Невозможно с бесконечной точностью знать энергию частицы и время его пребывания в этом энергетическом состоянии.

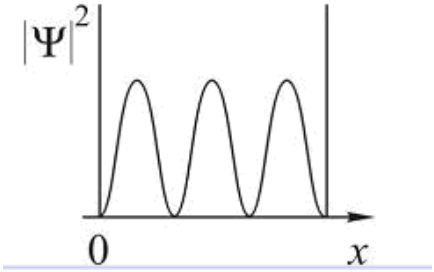
2) Если частица существует в каком либо состоянии достаточно долго, то энергия этого состояния известна точно.

3) Зная ширину спектральной линии, можно оценить порядок времени пребывания атома в возбужденном состоянии.

4) В соотношении неопределенностей $\Delta E$ – разность энергий двух соседних состояний; $\Delta t$ – неопределенность длительности перехода между этими состояниями.

92. На рисунке изображена плотность вероятности обнаружения микрочастицы на различных расстояниях от «стенок» ямы. Вероятность ее обнаружения в средней трети ямы равна…

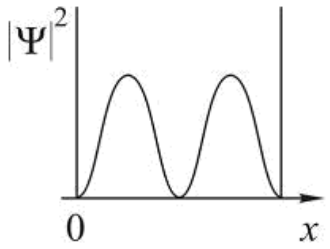
.



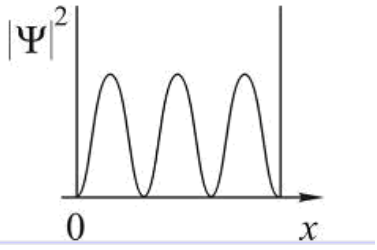

1) ½; 2) 0; 3)1/3; 4) ¼

93. На рисунках приведены картины распределения плотности вероятности нахождения микрочастицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Состоянию с квантовым числом n = 2 соответствует…

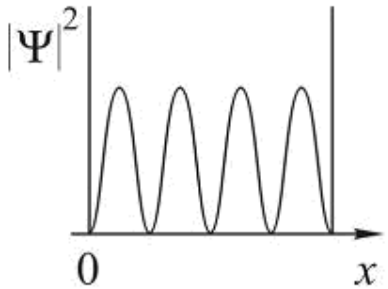
1)




2)




3)




4) необходимого рисунка нет.

94. Укажите размерность $\psi$ - функции.

1) м; 2) 1/м; 3) 1/с; 4) безразмерная величина.

95. В каком из указанных ниже состояний в атоме водорода электрон обладает меньшей энергией?

1) 1d; 2) 2p; 3) n = 3, $l$ = 1; 4) n = 4, $l$ = 2.

96. Максимальное значение проекции момента импульса $L_{lz}$ на направление внешнего магнитного поля для электрона в d – состоянии равно…

1) $3\hbar$; 2) 1) $4\hbar$; 3) $\hbar$; 4) $2\hbar$.

97. Опыты Резерфорда по рассеянию $\alpha$ - частиц подтвердили, что…
1) атом является нейтральным;
2) $\alpha$ - частицы являются ядрами атомов гелия;
3) атом имеет ядро, размеры которого значительно меньше размеров самого атома;
4) размер электрона значительно меньше размеров атома.

98. Корпускулярные и волновые свойства микрочастиц одновременно наблюдаться…
1) могут;
2) не могут;
3) могут только у фотонов;
4) могут только у электрически заряженных частиц

99. Кинетическая энергия электрона, для которого длина волны равна 0,06 нм, равна…

1) 419 эВ; 2) 0,23 эВ; 3) 221 эВ; 4) 13,6 эВ.

100. Какие из приведенных утверждений соответствуют смыслу постулатов Бора?
А) В атоме электроны движутся по круговым орбитам и излучают при этом электромагнитные волны.
Б) Атом может находиться только в одном из стационарных состояний, в которых атом не излучает энергию.
В) При переходе из одного стационарного состояния в другое атом поглощает или излучает квант электромагнитного излучения.
1) только А; 2) только Б; 3) только В; 4) Б и В.

101. Частица в потенциальной яме шириной $l$ находится в возбужденном состоянии. Вероятность нахождения частицы в первой четверти ямы на втором энергетическом уровне равна…
1) ½; 2) ¼; 3) 3/8; 4) ¾.

102. Электрон в атоме находится в f – состоянии. Максимальное значение проекции момента импульса на направление внешнего магнитного поля равно…
1) $2\hbar$; 2) $3\hbar$; 3) $12\hbar$;; 4) $1\hbar$.

103. Используя принцип Паули, укажите какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа $n$, $l$, $m_l$, $m_s$ ?
1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

104. Укажите число вопросов, на которые вы ответите «Да».

1) Можно ли точно определить одновременно кинетическую и потенциальную энергию микрочастицы?

2) Верно ли, что нельзя одновременно определить точные значения координаты и импульса микрочастицы?

3) Согласны ли Вы, что классические понятия координаты и импульса могут быть применимы к микрочастицам?

4) Можно ли одновременно определить точные значения энергии микрочастицы и времени, в течение которого она обладает этой энергией?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

105. В опыте Резерфорда по взаимодействию $\alpha$ - частиц с веществом электроны не оказывают заметного влияния на рассеяние $\alpha$ - частиц. Объясняется это тем, что …

1) заряды $\alpha$ - частиц и электронов противоположны;
2) взаимодействие $\alpha$ - частиц и электронов электромагнитное;
3) масса электронов во много раз меньше массы $\alpha$ - частиц;
4) взаимодействие $\alpha$ - частиц и электронов гравитационное

106. Энергия атома водорода в нормальном состоянии $E_1$ = -13,53 эВ. Энергия фотона, поглощенного атомом водорода, при переходе электрона с первого энергетического уровня на третий равна…

1) 12эВ; 2) 10,2 эВ; 3) 13,53 эВ; 4) 15,22.эВ.

107. Электрон в атоме водорода перешел из основного состояния в возбужденное с $n$ = 4. Скорость электрона на этой орбите возбужденного атома водорода…

1) не изменилась;
2) увеличилась в 4 раза;
3) уменьшилась в 4 раза;
4) увеличилась в 16 раз;
5) уменьшилась в 16 раз.

108. Какие опыты подтверждают наличие у микрочастиц волновых свойств?

1) дифракция света;
2) дифракция электронов;
3) фотоэффект;
4) интерференция света.

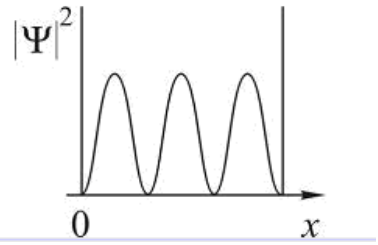
109. Выполняется ли соотношение неопределенностей Гейзенберга при движении электрона в электроннолучевой трубке?

1) нет; 2) да; 3) зависит от ускоряющего напряжения; 4) зависит от силы тока в трубке.

110. Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность W нахождения частицы в средней трети ящика?

1) 0,609; 2) 0,195; 3) 0,25; 4) 0,755.

111. На рисунке изображена плотность вероятности обнаружения микрочастицы на различных расстояниях от «стенок» ямы шириной L. Вероятность ее обнаружения на участке $L/6 < x < L$ равна…




1) 5/6; 2) 0; 3)1/3; 4) ¼.

112. В каком из состояний атом водорода обладает наименьшим орбитальным моментом импульса?

1) n = 3, $\ell$ = 1; 2) n = 3, $\ell$ = 2; 3) 2p; 4) n = 3, $\ell$ = 0.

113. Максимальное число электронов в М – оболочке равно…

1) 2; 2) 8; 3) 32; 4) 28.

114. Первый потенциал возбуждения двукратно ионизированного атома лития равен …

1) 91,8 эВ; 2) 40,8 эВ; 3) 13,6 эВ; 4) 10,2 эВ.

115. Найдите длину волны де Бройля для электрона,имеющего кинетическую энергию 10 кэВ.

1) 12,2 пм; 2) 8,7 пм; 3) 10,8 нм; 4) 1 нм.

116. Волновая функция частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками шириной L имеет вид $\psi = A \sin(\frac{n\pi x}{L})$. Величина импульса этой частицы в основном состоянии равна…

1) $\frac{\pi\hbar}{2L}$; 2) $\frac{2\pi\hbar}{3L}$; 3) $\frac{3\pi\hbar}{2L}$; 4) $\frac{\pi\hbar}{L}$.

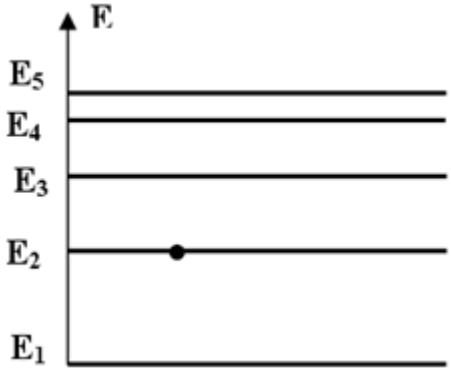
116. Время жизни электронов в атоме в метастабильном состоянии составляет $10^{-6}$ с. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 6{,}6\cdot10^{-16}$ эВ·с, ширина метастабильного уровня ( в эВ) будет не мене …

1) $6{,}6\cdot10^{-10}$;
2) $1{,}5\cdot10^{-10}$;
3) $6{,}6\cdot10^{-13}$;
4) $1{,}5\cdot10^{-13}$.

117. Длина волны де Бройля для электрона, движущегося по первой Боровской орбите в атоме водорода, равна…

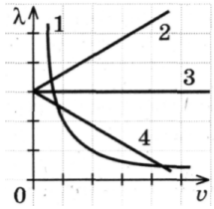
1) $3{,}4\cdot10^{-10}$ м; 2) $2{,}13\cdot10^{-10}$ м; 3) $1{,}67\cdot10^{-10}$ м; 4) $8{,}8\cdot10^{-10}$ м.

118. На рисунке приведена диаграмма энергетических уровней некоторого атома. Электрон находится на втором стационарном уровне. Сколько спектральных линий могут наблюдаться в спектре поглощения этого атома?



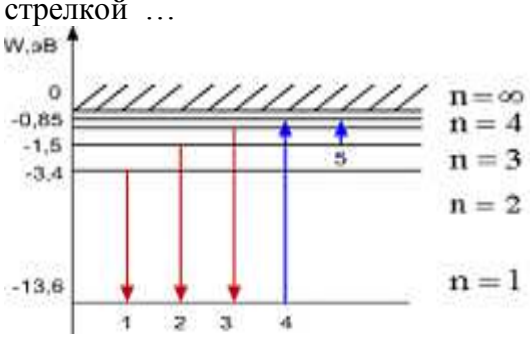

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5 .

119. На каком из графиков правильно показана зависимость длины волны де Бройля электрона от его скорости?




1)1 2)2 3)3 4)4

120. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома водорода. Поглощение фотона с наибольшей длиной волны происходит при переходе, обозначенном стрелкой …




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.

Тема 7: Элементы ядерной физики

1. Какое утверждение неверно?
1) Магнитный момент ядра может быть равен нулю;
2) Спин ядра не зависит от числа нуклонов в ядре;
3) Магнитный момент ядра значительно меньше собственного магнитного момента электрона;
4 )Спин ядра полуцелый, если число нуклонов в ядре нечетное.

2. Укажите число регистрирующих приборов, в которых используется ионизирующее действие быстрых заряженных частиц:

1) Камера Вильсона;
2) Пузырьковая камера;
3) Счетчик Гейгера;
4) Счетчик Черенкова.

3 Какое утверждение ошибочно?
1) Период полураспад – это время, в течение которого распадается половина имеющихся ядер;
2) Среднее время жизни – это время, в течении которого число нераспавшихся ядер убывает в е раз;
3) Закон $N=N_0e^{-\lambda t}$ справедлив для всех видов радиоактивных превращений;
4) Постоянная радиоактивного распада λ одинакова для всех радиоактивных изотопов одного и того же элемента.

4. Укажите число верных утверждений:
1) Энергетический спектр α - излучения дискретный;
2) Энергетический спектр β – излучения сплошной;
3) Энергетический спектр Y – излучения дискретный;
4) α – распад, как правило, сопровождается Y – излучением.

5. Какое утверждение ошибочно?
1) Масса ядра всегда меньше суммы масс нуклонов, из которых оно состоит;
2) Удельная энергия связи ядра - это энергия связи, отнесенная к одному нуклону;
3) Энергия связи ядра может быть определена по равности масс ядра и составляющих его нуклонов;
4) Энергия сильного взаимодействия нуклонов в ядре зависит от их электрического заряда.

6. Какое утверждение ошибочно?
1) Тепловой эффект ядерной реакции может быть положительным и отрицательным;
2) Тепловой эффект ядерной реакции можно определить по разности масс покоя исходных частиц и конечных продуктов реакции;
3) При ядерных реакциях всегда наблюдается выделение энергии;
4) Если масса покоя частиц, вступающих в ядерную реакцию, больше массы покоя продуктов реакции, то происходит выделение энергии.

7. Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра $_{18}Ar^{37}$?

| | Число протонов | Число нейтронов |
|---|---|---|
| 1) | 18 | 19 |
| 2) | 18 | 37 |
| 3) | 37 | 18 |
| 4) | 37 | 55 |

8. Сколько α - и $\beta^-$ – распадов должно произойти, чтобы $^{238}_{92}U$ превритился в стабильный изотоп свинца $^{206}_{82}Pb$.
1) 10 α – распадов и 4 $\beta^-$ - распадов;
2) 9 α - распадов и 5 $\beta^-$ - распадов;
3) 6 α - распадов и 8 $\beta^-$ - распадов;
4) 8 α- распадов и 6 $\beta^-$ - распадов.

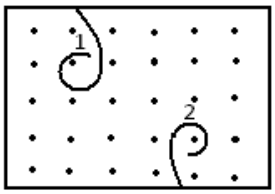
9. Сколько атомов радона распадается за сутки из $10^6$ исходных атомов? Период полураспада радона 3,82 суток.
1) $1{,}66\times10^5$ ;
2) $2{,}44\times10^4$;
3) $2{,}46\times10^3$;
4) $3{,}12\times10^5$.

10. Реакция распада электрона по схеме

$$e^- \longrightarrow \gamma^- + \gamma + \tilde{\nu}$$

невозможна вследствие невыполнения закона сохранения…
1) электрического заряда;
2) лептонного заряда;
3) энергии.
4) импульса

11. В камере Вильсона, помещенной во внешнее магнитное поле таким образом, что вектор индукции магнитного поля направлен перпендикулярно плоскости рисунка на нас, были сфотографированы треки двух частиц. Какой из треков может принадлежать α – частице?
1) только первый;
2) только второй;
3) как первый, так и второй;
4) ни один из приведенных.




12. Один из видов радиоактивного излучения представляет собой поток быстро движущихся электронов. Это…
1) γ – излучение;
2) α – излучение;
3) $\beta^-$ - излучение;
4) $\beta^+$ - излучение

13. Ядерной реакцией деления является
1) $^{174}_{77}Ir \longrightarrow {}^{170}_{73}Ta + {}^{4}_{2}He$
2) $^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$
3) $^{246}_{100}Fm \longrightarrow {}^{123}_{51}Sb + {}^{120}_{49}In + 3{}^{1}_{0}n$
4) $^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$

14. Неизвестный радиоактивный химический элемент самопроизвольно распадается по схеме: $X \rightarrow {}^{91}_{36}Kr + {}^{142}_{56}Ba + 3n$. Ядро этого элемента содержит…
1. 92 протона и 142 нейтрона;
2. 94 протона и 144 нейтрона;
3. 94 протона и 142 нейтрона;
4. 92 протона и 144 нейтрона.

15. Испусканием ядер гелия обязательно сопровождается…
1) $\beta^-$ - распад;
2) К- захват;
3) $\beta^+$ - распад;
4) α – распад.

16. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяц. За какое время число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?
1) 3 месяца; ;
2) 4 месяца
3) 5 месяцев;
4) 6 месяцев

17. Ядро $_{93}Np^{237}$, испытав серию α – распадов и β – распадов, превратилось в ядро $_{83}Bi^{213}$. Определите число α – распадов.
1) 6
2) 2
3) 24
4) 4

18. Позитрон является античастицей по отношению к…
1) нейтрону;
2) протону;
3) фотону;
4) электрону.

19. Какое утверждение неверно?
1) Изотопами называются ядра с одинаковым числом протонов.
2) Атомы, ядра которых являются изотопами, обладают совершенно одинаковыми физическими свойствами.
3) Изобарами называются ядра с одинаковыми числом нуклонов.
4) Элементы, ядра которых являются изобарами, имеют различные химические свойства.

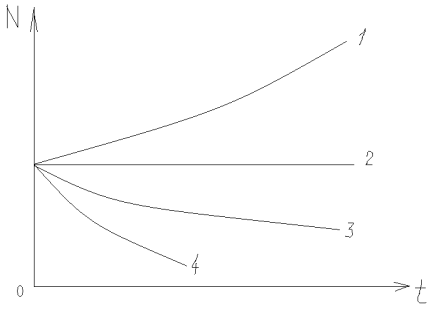
20. Укажите число верных утверждений.
А) Энергия связи атомного ядра зависит от числа нуклонов, входящих в это ядро.
Б) Самыми устойчивыми являются ядра элементов с наибольшей удельной энергией связи.
В) Удельная энергия связи ядра $_{92}U$ больше, чем ядра $_{82}Pb$.
Г) При делении ядра удельная энергия связи образовавшихся ядер всегда меньше, чем у исходного ядра.
1. 2. 3. 4.

21. Укажите число формул, по которым можно вычислить активность радиоактивного препарата.
1) $X_1 = N_0 e^{-\lambda t}$
2) $X_2 = N\frac{1}{\tau}$
3) $X_3 = N\frac{\ln 2}{T}$
4) $X_4 = \alpha_0 e^{-\lambda t}$
$\alpha_0$ – активность в момент времени t = 0,
$\tau$ – среднее время жизни
1. 2. 3. 4.

22. Следствием каких законов сохранения являются правила смещения при радиоактивном распаде?
1) Закона сохранения энергии.
2) Закона сохранения момента импульса.
3) Закона сохранения электрического заряда.
4) Закона сохранения импульса.

23. Какие частицы не вызывают появления треков в камере Вильсона?
1) Протоны.
2 )Нейтроны.
3) Альфа – частицы.
4) Электроны.

24. На рисунке приведены графики изменения со временем количества нейтронов N в ходе реакции деления урана. Какая из кривых соответствует коэффициенту размножения нейтронов, большему единицы (К>1).




1. 2. 3. 4.

25. Какая ядерная реакция может быть использована для получения цепной реакции деления?
1) ${}^{243}_{96}Cm + {}^{1}_{0}n \rightarrow 4{}^{1}_{0}n + {}^{108}_{42}Mo + {}^{132}_{54}Xe$
2) ${}^{12}_{6}C \rightarrow {}^{6}_{3}Li + {}^{6}_{3}Li$
3) ${}^{227}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{129}_{49}In + {}^{99}_{41}Nb$
4) ${}^{243}_{96}Cm \rightarrow {}^{108}_{43}Tc + {}^{141}_{53}I$

26. Нагретый газ углерод ${}_{6}C^{15}$ излучает свет. Этот изотоп испытывает β - распад с периодом полураспада 2,5 с. Как изменится спектр излучения всего газа за 5 с?
1) Спектр углерода исчезнет и заменится спектром азота ${}_{7}N^{15}$
2) Спектр станет ярче из – за выделяющейся энергии.
3) Спектр сдвинется из – за уменьшения числа атомов углерода.
4) Спектр углерода станет менее ярким, и добавляется линии азота ${}_{7}N^{15}$ .

27. Какие частицы не входят в состав атомного ядра?
1) протоны.
2) нейтроны.
3) нуклоны.
4) электроны.

28. Ядро урана 235 разделилось на два ядра – осколка. Укажите число верных утверждений.
А) процесс сопровождается выделением энергии.
Б) удельная энергия связи новых ядер больше, чем исходного.
В) Относительное число нейтронов в ядрах – осколках меньше, чем в исходном ядре.
Г) Ядра урана 235 делятся под действием медленных нейтронов.

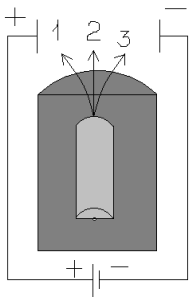
1. 2. 3. 4.

29. Укажите число верных утверждений.
А) время, в течение которого распадается половина радиоактивных ядер, называется периодом полураспада.
Б) периоды полураспада у всех радиоактивных изотопов данного химического элемента одинаковы.
В) время, за которое число нераспавшихся радиоактивных ядер убывает в е – раз, называется средним временем жизни.
Г) активность радиоактивного препарата зависит от числа имеющихся ядер и от постоянной распада.
1. 2. 3. 4.

30. В каком регистрирующем приборе не используется ионизирующее действие радиоактивного излучения?
1) В камере Вильсона
2) В счетчике Гейгера
3) В счетчике Черенкова
4) В пузырьковой камере

31. Какая доля радиоактивных атомов распадется через интервал времени равный двум периодам полураспада?
1) 25%
2) 75%
3) 50%
4) 90%
5) все атомы распадутся

32. Какими цифрами обозначены α –, β –, γ – излучение на рисунке?




1)1 – α, 2 – β, 3 – γ
2) 1 – β, 2 – α, 3 – γ
3) 1 – α, 2 – γ, 3 – β
4) 1 – β, 2 – γ, 3 – α

33. В процессе электромагнитного взаимодействия принимают участие...
1) фотоны
2) нейтрино
3) нейтроны
4) протоны

34. Ядро состоит из:
1) Нейтронов и электронов;
2)Протонов и нейтронов;
3)Протонов иэлектронов;
4)Нейтронов.

35. Какое утверждение ошибочно?
1) Заряд ядра определяется зарядом протонов, входящих в его состав;
2) В стабильных ядрах число нейтронов всегда меньше числа протонов;
3 ) В ядрах тяжелых элементов отношение числа нейтронов к числу протонов больше, чем в легких ядрах;
4) Нейтрон, как и протон, имеет механический и магнитный моменты.

36. На сколько вопросов относящихся к закону радиоактивного распада $N=N_0e^{-\lambda t}$ вы ответите «да» ?
А) Является ли этот закон статистическим?
Б) Справедлив ли этот закон для всех видов радиоактивности?
В) Обозначает ли N в этом законе число распавшихся ядер?
Г) Можно ли записать этот закон в виде $N = N_0e^{-t/\tau}$, где $\tau$ – среднее время жизни радиоактивных ядер?

1. 2. 3. 4.

37. На какой вопрос об активности радиоактивного вещества Вы ответите нет ?
1 )Зависит ли активность от числа атомов радиоактивного вещества?
2) Зависит ли активность от постоянного распада?
3) Изменяется ли со временем активность одного и того же вещества?
4) Зависит ли активность от температуры радиоактивного вещества?

38. Какое вещество образуется в ходе ядерной реакции $Al_{13}^{27}$ ($\gamma$ , x) $Mg_{12}^{26}$?
1)Обычный водород
2)Дейтерий
3)Тритий
4)Гелий

39. Какое утверждение ошибочно?
1) Реакция синтеза гелия из более легких ядер является цепной;
2) Реакция синтеза гелия из дейтерия и трития идет с выделением нейтронов;
3) Термоядерная реакция синтеза ядер легких элементов может происходить только при очень высокой температуре;
4) Термоядерная реакция идет с выделением энергии.

40. Сколько α – и β – распадов должно произойти при радиоактивном распаде ядра урана $_{92}U^{238}$ и конечном превращении его в ядро свинца $_{82}Pb^{198}$?

1) 8α - распадов и 10 β - распадов;
2) 10 – распадов и 8 β - распадов;
3) 10 – распадов и 10 β – распадов;
4) 10 α - распадов и 9 β – распадов.

41. α- излучение представляет собой поток:

1) Электронов;
2) Квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбужденного состояния в основное;
3) Протонов;
4) Ядер атомов гелия.

42. Какая из приведенных пар является изобарной?

1) $_1H^3$ , $_1H^2$ ;
2) $_1H^3$, $_2He^3$ ;
3) $_2He^3$, $_2He^4$ ;
4) $_2He^4$, $_1H^3$ .

43. Ядерные силы:

1) Центральные;
2) Короткодействующие;
3) Обладают свойством насыщения;
4) Имеют обменный характер.

Какое утверждение ошибочно?

44. Зависит ли активность $\frac{dN}{dt}$ некоторого радиоактивного препарата от:

1) Его массы;
2) Числа радиоактивных ядер;
3) Температуры;
4) Периода полураспада.

На какой вопрос Вы ответите «Нет» ?

45. В какой из приведенных ядерных реакций частица X является нейтроном?

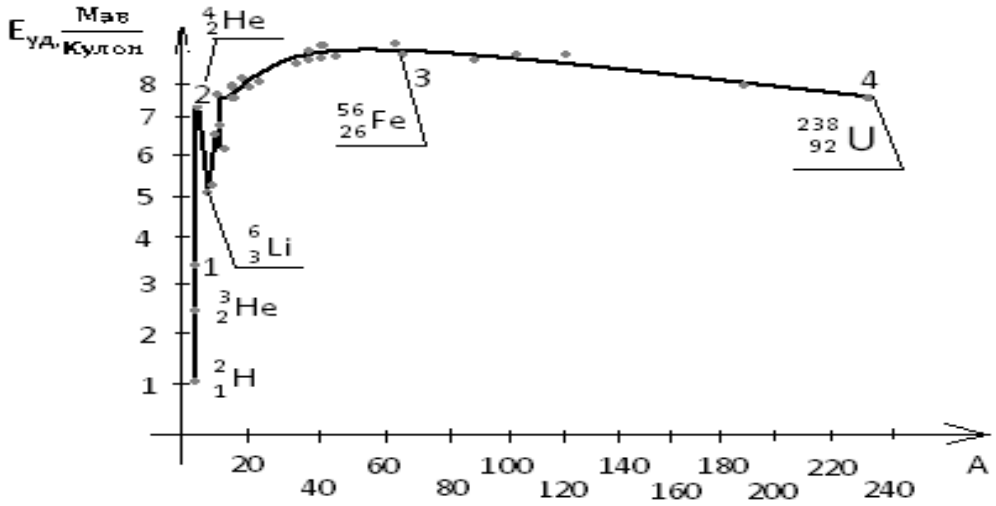
1) $_1H^2$ (X, p) $_2He^4$ ;
2) $_3Li^6$ (D,X) $_2He^4$ ;
3) $_3Li^7$ (p,X) $_2He^4$;
4) $_7N^{14}$ (X,p) $_6C^{14}$.

46. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

1) 0,71 ;

2) 0,5 ;
3) 0,29 ;
4) 0,14.

47. На графике представлена зависимость удельной энергии $E_{уд}$ связи нуклонов в ядре атома от массового числа А атома. При распаде какого из ядер, отмеченных на кривой, может выделяться энергия?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

48. Взаимодействие, в котором принимают участие все элементарные частицы, называется:
1) гравитационным;
2) сильным;
3) слабым;.
4) электромагнитным

49.Укажите ошибочное утверждение:
1) Магнитный момент ядра может быть равен нулю;
2) Ядра с полуцелым спином является наиболее прочными;
3) Магнитный момент ядра меньше собственного магнитного момента электрона;
4) Спин ядра полуцелый, если число нуклонов нечетное.

50. Даны массы нейтральных атомов в атомных единицах:
1) $H^2$- 2,014102;
2) $H^3$-3,016049;
3) $He^3$-3,016030;
4) $Li^6$-6,015126.

Кроме того известны массы:
$H^1$-1,007825;
n-1,008665.
Ядро какого атома самое прочное?

51. Начальное число атомов в различных радиоактивных препаратах одинаково и равно $N_0=10^{16}$. Периоды полураспада:

1) $6{,}9*10^5$ с ($I^{131}$);
2) $5{,}12*10^{10}$ с ( $Ra^{226}$);
3) $1{,}7*10^8$ с ($Co^{60}$);
4) $6{,}3*10^8$ с ( $Sr^{90}$).

У какого из препаратов начальная активность равна $10^{10}\ \frac{\text{расп}}{\text{с}}$ ?

52. Ядро урана $^{233}_{92}U$ претерпело шесть α и три $\beta^-$ превращений. Какое ядро образовалось?

1) $^{207}_{82}Pb$ ;
2) $^{213}_{83}Bi$ ;
3) $^{209}_{83}Bi$ ;
4) $^{211}_{82}Pb$ .

53. В какой из приведенных ядерных реакций частица X это протон?

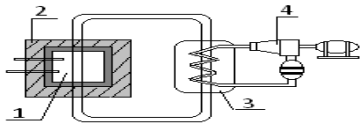
1) $^{27}_{13}Al$ (n, X) $^{24}_{11}Na$ ;
2) $^{14}_{7}N$ (n, X) $^{14}_{6}C$ ;
3) $^{27}_{13}Al$ (γ, X) $^{28}_{13}Al$ ;
4) $^{2}_{1}H$ (X, n) $^{4}_{2}He$ .

54. Ядро урана делится на два ядра-осколка. Укажите с каким из приведенных утверждений Вы не согласны?

1) Процесс сопровождается выделением энергии;
2) Удельная энергия связи новых ядер больше, чем исходного;
3) Относительное число нейтронов в ядрах-осколках больше, чем в исходном ядре;
4) Ядра- осколки радиоактивны.

55. На рисунке изображена блок-схема атомной электростанции. Какой цифрой обозначена зона, в которой тяжелые ядра радиоактивного топлива делятся с выделением энергии?

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4



56. Реакция распада электрона по схеме $e^- \rightarrow \gamma + \gamma + \tilde{\nu}$ невозможна вследствии невыполнения закона сохранения:

1) Электрического заряда;
2) Лептонного заряда;
3) Энергии;
4) Барионного заряда.

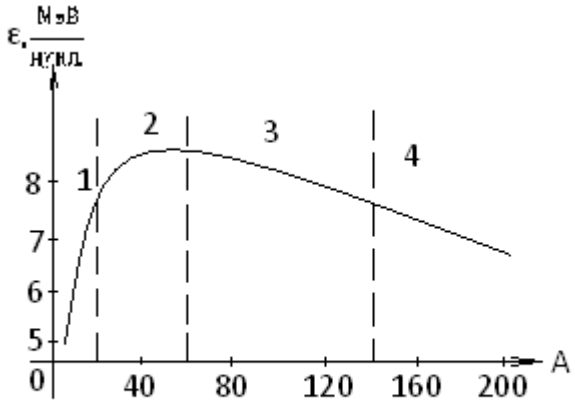
57. Как изменяется полная энергия двух ядер дейтерия $^2_1H$, при соедении их в ядро гелия $^4_2H$ ?

1) Увеличивается;
2) Уменьшается;
3) Не изменяется;
4) Увеличивается или уменьшается в зависимости от начального расстояния между ядрами дейтерия.

58. Укажите ошибочное утверждение. У любого атомного ядра:

1) Заряд положительный, кратный заряду протона;
2) Массовое число совпадает с числом нуклонов;
3) Спин полуцелый;
4) Плотность порядка $10^{17}\ \frac{кг}{м^3}$.

59. На графике представлена усредненная зависимость удельной энергии связи стабильных ядер ε от числа нуклонов в ядре А. Какой интервал значений А соответствует ядрам, обладающим наибольшей устойчивостью?




60. Активность препаратов уменьшилась вдвое за время равное:

1) 8 суток ($I^{131}$) ;
2) 75 суток ($Ir^{192}$) ;
3) 3,82 суток ($Rn^{222}$) ;
4) 14,3 суток ($P^{32}$).

У какого из препаратов постоянная распада λ равна 0,18 суток$^{-1}$ ?

61. За 8 часов начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. За какое время оно уменьшится в 27 раз?

1) За сутки;
2) За 36 часов;
3) За трое суток;
4) За 72 часа.

62. При какой из ядерных реакций энергия поглощается?

1) $Li^7 + H^2 \rightarrow Be^8 + n$;
2) $Be^9 + H^2 \rightarrow B^{10} + n$;
3) $N^{14} + He^4 \rightarrow H^1 + O^{17}$;
4) $Li^7 + H^1 \rightarrow He^4 + He^4$.

Массы в атомных единицах:

| | | |
|---|---|---|
| $H^1$ – 1,08814 | $Li^7$ – 7,01823 | $B^{10}$ – 10,01612 |
| n – 1,00899 | $Be^8$ – 8,00785 | $N^{14}$ – 14,00752 |
| $H^2$ – 2,01474 | $Be^9$ – 9,01505 | $O^{17}$ – 17,00453 |
| $He^4$ – 4,00388 | | |

63. Укажите ошибочное утверждение:

1) Спонтанная реакция деления атомного ядра наблюдается только на тяжелых ядрах;
2) Цепная реакция деления атомных ядер возможна, если при каждом акте деления образуются свободные нейтроны;
3) При реакции деления ядра удельная энергия связи осколков больше, чем исходного ядра;
4) Число нейтронов в ходе цепной реакции нельзя регулировать.

64. В результате реакции ядра ${}_{13}Al^{27}$ с ά-частицей ${}_2He^4$ появился протон ${}_1H^1$ и ядро:

1) ${}^{30}_{14}Si$;
2) ${}^{32}_{16}S$;
3) ${}^{28}_{14}Si$;
4) ${}^{35}_{17}Cl$.

65. Внутри атомного ядра произошло самопроизвольное превращение нейтрона в протон $n \rightarrow p + e^- + \tilde{\nu}$. С ядром в результат такого превращения произошел:

1) Ядерная реакция синтеза;
2) $\beta^+$ - распад;
3) α – распад;
4) $\beta^-$ - распад.

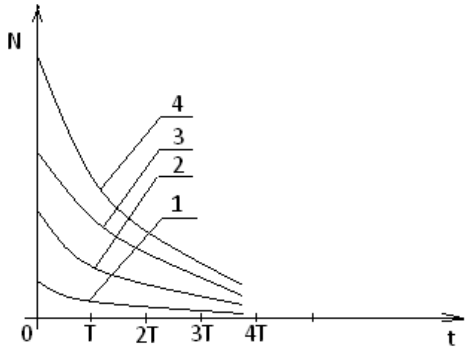
66. Верно ли, что нейтрон:

1) Имеет массу большую, чем нейтрон;
2) Вне ядра стабилен;
3) Имеет полуцелый спин;
4) Обладает магнитным моментом.

На какой вопрос вы ответили «нет»?

67. На графике изображены кривые распада радиоактивных препаратов. Какой график соответствует препарату с наибольшей активностью в момент времени t=0?

N- число нераспавшихся ядер в момент времени t




68. В каком из приведенных примеров радиоактивного распада появляется позитроны?

1) ${}_{35}Br^{78} \longrightarrow {}_{34}Se^{78}+\ldots$
2) ${}_{35}Br^{80} \longrightarrow {}_{36}Kr^{80}+\ldots$
3) ${}_{90}Th^{234} \longrightarrow {}_{91}Pa^{234}+\ldots$
4) ${}_{92}U^{238} \longrightarrow {}_{90}Th^{234}+\ldots$

69. При ядерных реакциях соблюдаются законы сохранения:

1) Электрического заряда;
2 )Массового числа;
3) Энергии;
4) Момента импульса.

70. В результате деления тяжелого атомного ядра происходит:

1) Разделение ядра на меньшее ядро и α –частицу;
2) Разделение ядра на два соразмерных по массе ядра и испускание нейтронов;
3) Разделение ядра на отдельные протоны и нейтроны;
4) Испускание ядром одного или нескольких нейтронов.

71.Источник радиоактивного излучения испускает α – частицы, которые отклоняются в сторону отрицательно заряженной пластины конденсатора, а затем попадают в металлический приемник, который заземлен. Сила тока в заземляющем проводе достигает J. Сколько частиц зафиксирует за минуту на выходе этого источника счетчик Гейгера, если входное окошко счетчика ослабляет это излучение в n раз? Элементарный заряд равен e.

1) $\frac{I}{en}$;
2) $\frac{30I}{en}$;
3) $\frac{60I}{en}$;
4) n.

72. Позитрон является античастицей по отношению к :

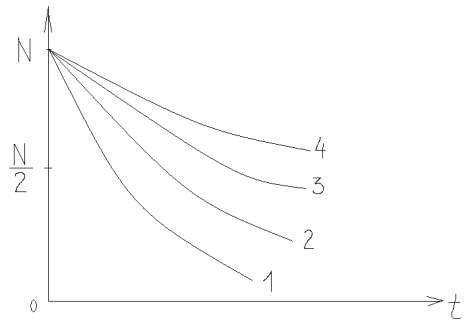
1) Нейтрону
2) Протону
3) Нейтрино

4) Электрону.

73. Верно ли что:
1) Заряд ядра определяется числом протонов.
2) В ядрах тяжелых элементов отношение числа нейтронов к числу протонов больше, чем в легких.
3) всякое ядро, содержащее больше нейтронов, чем протонов, стабильно.
4) Четность спина ядра зависит от числа нуклонов?
На какой вопрос Вы ответили «Нет, не верно» ?

74. Верно ли, что удельная энергия связи :
1) $_{92}U^{238}$ меньше, чем $_{82}Pb^{206}$
2) $_{2}He^{3}$ меньше, чем $_{2}He^{4}$
3) $_{2}He^{4}$ больше, чем $_{1}H^{3}$
4) $_{2}He^{4}$ больше, чем $_{8}O^{16}$
На какой вопрос Вы ответили «Нет»?

75. На графике изображены кривые распада различных радиоактивных препаратов. Какой график соответствует препарату с наибольшей активностью в момент времени t = 0
N – число нераспавшихся ядер к моменту времени t.




76.. Какое утверждение ошибочно?
1) Тепловой эффект ядерной реакции может быть положительным и отрицательным.
2) Тепловой эффект ядерной реакцией можно определить по разности масс покоя исходных частиц и конечных продуктов реакции.
3) При ядерных реакциях всегда наблюдается выделение энергии.
4) Если масса покоя частиц, вступающих в ядерную реакцию, больше массы продуктов реакции, то происходит выделение энергии.

77. Верно ли, что:
1) Удельная энергия связи дейтерия и трития меньше, чем гелия.
2) Реакция синтеза гелия из дейтерия и трития идет с выделением нейтронов.
3.) Реакция синтеза гелия из более легких элементов может происходить при любых значениях температуры и давления.
4) Реакция синтеза гелия это термоядерная реакция, т.к. происходит при очень высокой температуре?
На какой вопрос Вы ответили «Нет, не верно»?

78. α – частица столкнулась с ядром азота $_{7}N^{14}$.При этом образовались ядро водорода и ядро...
1) кислорода с массовым числом 17.

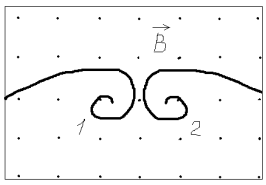
2) азота с массовым числом 14.
3) кислорода с массовым числом 16.
4) фтора с массовым числом 19.

79. При облучении нейтронами ядра урана 235 делятся на:
1) 2 сравнимых по массе осколка деления и нейтроны.
2) альфа – и бета – частицы.
3.) нейтроны и протоны.
4) нейтроны, протоны и электроны.

80. При бомбардировке ядер изотопа азота ${}^{14}_{7}N$ . нейтронами образуется изотоп бора ${}^{11}_{5}B$ . Еще в этой ядерной реакции образуется...
1) протон
2) α – частица
3) нейтрон
4) 2 нейтрона
5) 2 протона
81. Неизвестный радиоактивный химический элемент самопроизвольно распадается по схеме: X $\rightarrow$ ${}^{91}_{36}Kr$ + ${}^{142}_{56}Ba$ + 3n. Ядро этого элемента содержит...
1) 92 протона и 144 нейтрона
2) 92 протона и 142 нейтрона
3) 94 протона и 144 нейтрона
4) 94 протона и 142 нейтрона

82. Ядро атома состоит из
1) нейтронов и электронов
2) протонов и нейтронов
3) протонов и электронов
4) нейтронов

83. В камере Вильсона, помещенной во внешнее магнитное поле таким образом, что вектор индукции магнитного поля направлен перпендикулярно плоскости рисунка на нас, были сфотографированы треки двух частиц. Какие из треков могут принадлежать электрону?




1) только 1 – й
2) только 2 – й
3) 1 – й и 2 – й
4) не один из приведенных

84. Детектор радиоактивных излучений помещен в закрытую картонную коробку с толщиной стенок - 1 мм. Какие излучения он может зарегистрировать?
1) α и β
2) α и γ
3) β и γ
4) α, β, γ

85. Ядерная реакция $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sc + 2\,{}^{1}_{0}n$ идет с большим выделением энергии. Энергия выделяется в основном в виде
1) Энергия α – частиц
2) Энергия γ – частиц
3) Энергия β – частиц
40 Кинетической энергии ядер – осколков

86. Ядро изотопа урана $_{92}U^{238}$ после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа $_{92}U^{234}$. Какие это были распады?
1) Один α и два β
2) Один α и один β
3) Два α и один β
4) Такое превращение невозможно

87. Периодом полураспада называется...
1) Время, в течении которого концентрация распавшихся ядер увеличивается в е – раз.
2) Время, в точении которого распадаются все атомы радиоактивного элемента
3) Время, в течении которого распадается половина наличного количества атомов радиоактивного элемента
4) Время между моментами распада двух ядер атомов радиоактивного элемента

88. Из перечисленных ниже превращений к $\beta^-$ - распаду отпосится...
1) $^{A}X_Z + e^- \rightarrow {}^{A}X_{Z-1} + \nu$
2) $^{A}X_Z \rightarrow {}^{A-4}X_{Z-1} + {}^{4}He_2$
3) $^{A}X_Z \rightarrow {}^{A}X_{Z+1} + e^- + \nu_e$
4) $^{A}X_Z \rightarrow {}^{A}X_{Z-1} + e^+ + \nu_e$

89. Установить соответствие процессов взаимопревращения частиц:

| | |
|---|---|
| 1) $\beta^-$ - распад | А. ${}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{+1}e \rightarrow 2\gamma$ |
| 2) К – захват | Б. ${}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e + \nu_e$ |
| 3) $\beta^+$ - распад | В. ${}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{1}_{0}n + \nu_e$ |
| 4) аннигиляция | Г. ${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \nu_e$ |
| | Д. ${}^{1}_{0}n + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{1}_{1}p + \nu_e$ |

1. 1-А, 2-Б, 3-Г, 4-Д
2. 1-Г, 2-Б, 3-В, 4-А
3. 1-Б, 2-Г, 3-А, 4-Д
4. 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Д

90. Нуклидами с одинаковым атомным номером называют...
1) изомеры
2) изобары
3) изотопы
4) электроны в свободном состоянии

91.Чему равно число нейтронов в ядре урана $_{92}U^{238}$?
1) 0
2) 92
3) 146
4) 238

92. Удельные энергии связи нуклонов в ядрах плутония $_{94}Pu^{240}$ , кюрия $_{96}Cm^{245}$ и америция $_{95}Am^{246}$ равны соответственно 0,21; 0,22; 0,23 МэВ/нуклон. Из какого ядра труднее выбить нейтрон?
1) из ядра $_{94}Pu^{240}$
2) из ядра $_{96}Cm^{245}$
3) из ядра $_{95}Am^{246}$
4) все ядра одинаково устойчивы

93. α – излучение – это ...
1) поток ядер гелия
2) поток протонов
3) поток электронов
). электромагнитные волны

94.. Если ΔN – уменьшение числа нейтронов в ядре, а ΔZ – уменьшение числа протонов в ядре, то какие изменения в составе ядра произошли в результате радиоактивного альфа – распада?
1) ΔN = 4
2) ΔZ = 4
3) ΔN = 0
4) ΔN = 2

95. γ – излучение представляет собой поток...
1) электронов
2) ядер атомов гелия
3) протонов
4) квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбужденного состояния в основное.

96. В процессе электромагнитного взаимодействия принимают участие...
1) Фотоны
2.) Нейтрино
3) Нейтроны
4) Протоны

97. Какой порядковый номер в таблице Менделеева имеет элемент, который образуется в результате α – распада и последующего β – распада ядра элемента с порядковым номером Z?
1) Z + 2
2) Z + 1
3) Z – 2
4) Z – 1

98. При самопроизвольном распаде ядра энергия
1)Ввыделяется
2) Поглощается
3) Сначала поглощается, потом выделяется
4) Не выделяется и не поглощается

99. Активность некоторого изотопа за 10 суток уменьшилась на 50 %.
Период полураспада этого изотопа….
1) 10 суток

2) 7 суток
3) 30 суток
4) 20 суток
5) 5 суток

100. Изобарами называются нуклиды...
1) Обладающие одинаковым спином
2) С невозбужденной оболочкой
3) С одинаковым числом нейтронов
4) С одинаковым массовым числом

101. Радиоактивный изотоп нептуния $^{237}_{93}Np$ после одного α – распада превращается в изотоп
1) $^{233}_{91}Pa$
2) $^{238}_{92}U$
3) $^{230}_{90}Th$
4) $^{241}_{94}Pu$

102. При распаде ядра изотопа лития $_3Li^8$ образовались два одинаковых ядра и β – частица. Два одинаковых ядра – это ядра...
1) Водорода
2.) Гелия
3) Бора
4) Дейтерия

103. Устройство, в котором регистрация траектории быстрых заряженных частиц осуществляется за счет конденсации пересыщенных паров воды при ионизации воздуха пролетающими частицами, называется...
1) Счетчик Гейгера
2) Камера Вильсона
3) Пузырьковая камера
4) Толстослойная фотоэмульсия

104. Значение зарядового числа Z при β – распаде меняется...
1) На три
2) На единицу
3) Не меняется
4) На четыре

105. В первой ядерной реакции, осуществленной Резерфордом, ядра азота $^{14}_{7}N$ при бомбардировке α –частицами, превращались в ядра изотопа кислорода $^{17}_{8}O$ . Какие еще частицы были продуктом реакции?
1) Протон
2) Два протона
3) Нейтрон
4) Два нейтрона

106. Ниже записана ядерная реакция, а в скобках указаны массы ( в а.е.м.) участвующих в ней частиц. Поглощается или выделяется энергия при этой реакции?

$$^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{106}_{43}Tc + {}^{133}_{51}Sb$$
(239,05) (105,91) (132,92)

1) Выделяется
2) Поглощается
3) Не поглощается и не выделяется
4) Недостаточно данных для ответа

107. Имеется $10^8$ атомов радиоактивного изотопа йода $_{53}I^{128}$, период полураспада которого 25 мин. Какое количество ядер изотопа распадается за 50 мин?

1) $2{,}5*10^7$
2) $7{,}5*10^7$
3) $5*10^7$
4) $10^8$

108. Сколько α – и β – распадов должно произойти, чтобы $^{238}_{92}U$ превратился в стабильный изотоп свинца $^{207}_{82}Pb$:

1) 6 α – распадов и 8 β – распадов;
2) 8 α –распадов и 6 β – распадов;
3) 9 α - распадов и 5 β – распадов;
4) 10 α –распадов и 4 β – распадов.

109. Испусканием ядер гелия обязательно сопровождается...
1) $\beta^-$ – распад
2) К – захват
3) $\beta^+$ – распад
4) α – распад

*Критерии оценивания:* правильность ответа

*Правила оценивания тестового задания:*
Правильный ответ – 1 балл.
Неправильный ответ, ответ с ошибкой – 0 баллов
*Критерии оценки:*

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он набрал 9-10 баллов (90-100% правильных ответов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он набрал 7-8 баллов (70-89% правильных ответов)

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 5-6 баллов (50-69% правильных ответов)

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-4 баллов (0-49% правильных ответов)

Составители: Коршунов И.Г., профессор, д.ф.-м.н.; Житова Л.П., доцент, к.т.н., Глаголева Ю.В., доцент, к.ф.-м.н; Садырева О.В., доцент, к.ф.-м.н.; Смольников С.А., доцент, к ф.-м.н.; Калачева М.В., доцент, к.т.н. Комарова Л.И., доцент, к.ф.-м.н.; Келина Е.Н., доцент.

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

Дисциплина **«Физика»**

# КОМПЛЕКТ ЗАДАЧ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

**Задачи для контрольной работы, направленные на оценку уровня знаний, умений, владений, формирующих компетенции ОК-7, ОПК-2**

Задачи для контрольной работы размещены на сайте кафедры физики http://uggu physica.narod.ru

Примерный план решения задач по физике

1. Внимательно прочитать условие задачи. Установить, о каких физических явлениях и законах идет речь в задаче.
2. Сделать краткую запись условия задачи, что дано и что нужно найти. Все данные задачи выразить в системе СИ (м, кг, Н, Вт, А, В и т.д.).
3. Сделать чертеж, схему или рисунок, поясняющие описанный в задаче процесс. Указать на чертеже все данные и искомые величины задачи.
4. Написать уравнение или систему уравнений, описывающих происходящий физический процесс в общем виде.
5. Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать но оси координат и записать в скалярной форме.
6. Используя условия задачи и чертеж, преобразовать исходные равенства так, чтобы в конечном виде в них входили лишь упомянутые в условиях задачи величины и табличные данные.
7. Решить задачу в общем виде и получить окончательную формулу для расчета искомой величины.
8. Произвести вычисления по этой формуле.
9. Произвести проверку единиц величин, подставив их в окончательную формулу. Полученная единица должна совпадать с единицей искомой в задаче величины.

Контрольная работа выполняется по темам 1- 4 и содержит пять задач, номера которых задаются преподавателем индивидуально для каждого студента.

Число задач по теме 1: Механика-60.
Число задач по теме 2: Молекулярная физика и термодинамика-80.
Число задач по теме 3: Электричество и магнетизм-200.
Число задач по теме 4: Механические и электромагнитные колебания и волны-60.

Контрольная работа № 2выполняется по по темам 5-7 и содержит пять задач, номера которых задаются преподавателем индивидуально для каждого студента.

Число задач по теме 5: Волновая и квантовая оптика- 100
Число задач по теме 6: Квантовая физика, физика атома-40
Число задач по теме 7: Элементы ядерной физики-30

| *Критерии оценки контрольной работы* | *Количество баллов* |
|---|---|
| оформление работы в соответствии с предъявляемыми требованиями | 0-4 |
| обоснование выбора методики решения задачи; | 0-4 |
| точность в расчетах при определении искомой величин и правильность записи единиц измерения | 0-3 |
| наличие обоснования, вывода, использование профессиональной терминологии, логичность | 0-4 |
| Итого | 0-15 |

15 баллов (90-100%) - оценка «отлично»
12 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»
8 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-7 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

Составители: Садырева О.В., доцент, к.ф.-м.н.; Катанова Л.К., доцент, к.ф.-мн.; ст.препод. Лукашевич Л.Н.; ст.препод. Келарева И.А.; ст.препод. Шварте Н.А.

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

# КОМПЛЕКТ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

дисциплина **Физика**

**Комплект лабораторных работ направлен на оценку уровня знаний, умений, владений, формирующих компетенции ОК-7, ПКД-2**

Полное описание лабораторных работ работы размещено на сайте кафедры физики http://uggufphysica.narod.ru

Тема 1: механика

1. Лабораторная работа “Определение плотности твердого тела правильной геометрической формы”

Цель работы: определение плотности твердого тела
правильной геометрической формы, ознакомление и работа с измерительными инструментами.

Контрольные вопросы

1. Что называется плотностью тела?
2. Вывести расчетную формулу определения плотности цилиндра.
3. Пояснить порядок выполнения работы.
4. Какие измерения в данной работе относятся к прямым, какие к косвенным?
5. Как вычисляются абсолютная и относительная погрешности при многократных и однократных измерениях?
6. Вывести формулу для относительной погрешности при определении плотности тела в данной работе.
7. Сравните относительные погрешности прямых измерений в данной работе. Неточность измерений какой величины (m, hили d) дает наибольший вклад в погрешность определения плотности?

2. Лабораторная работа “Динамическое определение массы с помощью инерционных весов”

Цель работы: определение массы тела динамическим методом.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение массы и веса тела.
2. Есть ли разница между тяготеющей и инертной массой?
3. Сформулируйте второй закон Ньютона и закон Гука, поясните физический смысл коэффициента упругости.
4. Под действием какой силы получается колебательное движение платформы?
5. Чем характеризуется простое гармоническое колебание?
6. Указать, в каких точках пути при колебании платформы ускорение и скорость наибольшие по величине.
7. Что называют периодом колебания и как он определяется в данной работе?
8. Запишите формулы для нахождения периодов математического, физического и пружинного маятников.
9. Как определяется масса тела с помощью инерционных весов?

3. Лабораторная работа “Определение момента инерции системы тел”

Цель работы: экспериментальное определение момента инерции системы тел и сравнение полученного результата с теоретически рассчитанным значением для этой же системы тел.

Контрольные вопросы

Опишите установку, применяемую в данной работе.
2. Какие силы, приводящие систему в движение, действуют на груз?
3. Сформулируйте основной закон динамики поступательного движения.
4. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения и поясните физический смысл входящих в этот закон величин.
5. Сделайте вывод расчетной формулы для экспериментального определения момента инерции.
6. Как можно теоретически рассчитать момент инерции?
7. Ввести формулу относительной погрешности определения момента инерции диска при определении ее по формуле: 8. Изменится ли момент инерции системы при увеличении массы подвешиваемых грузов?

4. Лабораторная работа “Определение модуля Юнга твердых тел динамическим методом”

Цель работы: Определение модуля Юнга, ознакомление с способом определения модуля Юнга методом стоячих волн.

Контрольные вопросы

1. Что называется напряжением?
2. Сформулируйте закон Гука.
3. Опишите ход работы на лабораторной установке.
4. Что называется длиной волны?
5. Объяснить расчётную формулу для определения значения модуля Юнга.
6. Выразить скорость звука в твёрдых телах через модуль Юнга.
7. Объяснить формулу относительной погрешности.

5. Лабораторная работа “Определение модуля сдвига по крутильным колебаниям”

Цель работы: изучение деформации сдвига и кручения, определение модуля сдвига металлического стержня.

Контрольные вопросы

1. Что называется деформацией тела? Виды деформации.
2. Сформулируйте закон Гука?
3. Что такое модуль сдвига?
4. Какой физический смысл модуля кручения?
5. Когда справедлив закон Гука?

6. Лабораторная работа “Определение скорости полёта пули при помощи баллистического маятника”

Цель работы: определение скорости полёта пули при помощи баллистического маятника.

Контрольные вопросы

1.Какая система тел называется замкнутой?
2. Формулировка закона сохранения импульса.
3. Какой удар называется упругим? неупругим? Как выглядит запись закона сохранения импульса для каждого из них?
4. Формулировка закона сохранения и превращения энергии и где он проявляется в данной работе.
5. Через какие параметры определяется скорость пули в данной работе и вид расчётной формулы.
6. Как вычисляются погрешности измерений в данной работе?

7. Лабораторная работа “Определение ускорения свободного падения”

Цель работы: исследование движения материальной точки с постоянным ускорением и экспериментальное определение ускорения свободного падения на поверхности Земли.

Контрольные вопросы

1. Что называется материальной точкой, как определяется ее положение в пространстве?
2. Дайте определение системы отсчета.
3. Что называется механическим движением?
4. Что такое скорость материальной точки?
5. Дайте определение ускорения материальной точки.
6. Что называется траекторией движения материальной точки?
7. Запишите уравнение движения материальной точки.
8. Что характеризует тангенциальное ускорение? Как оно направлено?
9. Что характеризует нормальное ускорение? Как оно направлено?
10. Как рассчитывается полное ускорение?
11. Как движется материальная точка, если ускорение остается все время направленным вдоль скорости? Перпендикулярно скорости?

8. Лабораторная работа “Движение под действием постоянной силы”

Цель работы: исследование движения тела под действием постоянной силы и экспериментальное определение свойств сил трения покоя и движения, а также массы тела.

Контрольные вопросы

1. Что изучает динамика?
2. Дайте определение импульса материальной точки.
3. Что такое масса?
4. Дайте определение силы.
5. Сформулируйте второй закон Ньютона.
6. Как возникает сила трения?
7. Опишите свойства силы трения покоя.
8. При каких условиях возникает сила трения скольжения?
9. Перечислите свойства силы трения скольжения.
10. Запишите формулу, определяющую максимальное значение силы трения покоя.

9. Лабораторная работа “Абсолютно неупругий удар”

Цель работы: исследование физических характеристик, сохраняющихся при столкновениях, и экспериментальное определение зависимости тепловыделения при неупругом столкновении от соотношения масс при разных скоростях.

Контрольные вопросы

1. Что такое удар?
2. Какое столкновение называется абсолютно неупругим?
3. Какое столкновение называется абсолютно упругим?
4. Сформулируйте закон сохранения импульса. При каком столкновении он выполняется?
5. Сформулируйте закон сохранения полной механической энергии. При каком столкновении он выполняется?
6. Что называется полной механической энергией?
7. Какая система тел называется замкнутой (изолированной)?
8. При каком столкновении выделяется тепловая энергия?
9. Как рассчитывается относительная тепловая энергия?

Тема 2: молекулярная физика и термодинамика

1. Лабораторная работа” Определение отношения теплоемкости газа при постоянном давлении к теплоемкости газа при постоянном объеме”

Цель работы: изучение законов идеального газа и определение опытным путем величины показателя адиабаты для воздуха.

Контрольные вопросы

1.Что такое молярная теплоемкость газа, в каких единицах она измеряется ?
2.Написать соотношение между удельной и молярной теплоемкостями.
3.Какая из теплоемкостей Ср или Cv больше и почему?
4.Написать соотношение между Ср , Cv и R.
5.Чем характерны изотермический и адиабатическийпроцессы?
6.Указать, в какие моменты работы происходит адиабатический и изохорический процессы.
7. Рассказать порядок выполнения работы.
8.Вывести расчетную формулу для вычисления g.
9.На каком основании при получении расчетной формулы (17) для g логарифмы чисел заменяются самими числами?
10.Как вычисляется относительная погрешность искомой величины в данной работе ?

2. Лабораторная работа "Определение массы моля и плотности воздуха"

Цель работы: экспериментальное определение массы моля и плотности воздуха при нормальных условиях.

Контрольные вопросы

1.Что называется молем вещества?
2.Что называется плотностью?
В каких единицах она измеряется?
3.Записать уравнение состояния идеального газа в форме закона Менделеева-Клайперона.
4.Вывести расчетную формулу для определения массы моля воздуха в данной работе.
5.Как вычислить плотность воздуха при нормальных условиях, зная массу моля?
6.Что называется давлением?

3. Лабораторная работа "Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца"

Цель работы: опытным путем определить значение коэффициента поверхностного натяжения воды при комнатных условиях.

Контрольные вопросы

1. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения?
2. В каких единицах он измеряется?
3. Как возникает и как направлена сила поверхностного натяжения?
4. Объяснить метод определения коэффициента поверхностного натяжения используемый в данной работе.
4. Какие силы действуют на кольцо при его отрыве от поверхности жидкости? В какой момент кольцо отрывается от жидкости?
5. Рассказать ход выполнения работы.
6. Вывести формулу для относительной погрешности измерения $E_a$ .

4. Лабораторная работа "Определение коэффициента динамической вязкости жидкости по методу Стокса"

Цель работы: изучение явления внутреннего трения в жидкостях, определения динамической вязкости жидкости.

Контрольные вопросы

1. Что называется вязкостью?
2. Как возникает сила внутреннего в жидкости?
3. Дайте определение коэффициенту вязкости, в каких единицах он измеряется.

4. В чём сущность метода Стокса?
5. Какие силы действуют на шарик, падающий в жидкости?
6. Как изменяется с температурой коэффициент вязкости?
7. Как определяется плотность шариков и плотность жидкости?
8. Вывести расчётную формулу для вычисления вязкости.

*Лаборатория компьютерного физического практикума*

5. Лабораторная работа "Адиабатический процесс"

Цель работы: подтверждение закономерностей адиабатического процесса и экспериментальное определение показателя адиабаты, количества степеней свободы и структуры молекул газа в данной модели.

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется адиабатным и где он применяется?
2. Сформулируйте первое начало термодинамики.
3. Что такое число степеней свободы? Чему оно равно для одно-, двух-, трехатомной молекулы?
4. Запишите и сформулируйте первый закон термодинамики для адиабатного процесса.
5. Запишите уравнение Пуассона для адиабатного процесса.
6. Чему равен показатель адиабаты?
7. Что называется изопроцессом ? Перечислите известные изопроцессы.

6. Лабораторная работа "Распределение Макселла"

Цель работы: подтверждение распределения Максвелла для молекул идеального газа по скоростям и экспериментальное определение массы молекул в данной модели.

Контрольные вопросы

1. Что такое функция распределения?
2.Каковы особенности графика функции распределения Максвелла?
3. Напишите формулу вычисления средней арифметической скорости молекул идеального газа.
4. Напишите формулу вычисления средней квадратичной скорости молекул идеального газа.
5. Что называется наивероятнейшей скоростью? Напишите формулу для ее вычисления.

7. Лабораторная работа "Цикл Карно"

Цель работы: знакомство с компьютерной моделью цикла Карно в идеальном газе, Экспериментальное определение работы, совершённой газом за цикл и КПД прямого цикла Карно.

Контрольные вопросы

1. Что такое цикл Карно?
2. Какие устройства называют тепловыми двигателями?
3. Из каких основных элементов состоит тепловой двигатель?
4. Зачем в тепловом двигателе нужен холодильник?
5. Что является холодильником в двигателе внутреннего сгорания?
6.Объясните принцип действия теплового двигателя.
7. Чему равна работа, совершаемая в результате прямого цикла Карно? Как она определяется графически?
8. Как вычисляется термический КПД цикла Карно?

8. Лабораторная работа "Уравнение Ван-дер-Ваальса"

Цель работы: экспериментальное подтверждение закономерностей поведения реального газа.

Контрольные вопросы

1. Что такое физический газ?

2. Что такое идеальный газ? При каких условиях физический газ можно описывать моделью идеального газа?
3. Запишите уравнение состояния идеального газа.
4. Запишите уравнение состояния реального газа.
5. Что определяют константы Ван-дер-Ваальса?
6. Что такое изотерма?
7. В чем особенности критической изотермы?
8. Какова особенность поведения газа при температуре выше критической?
Ниже критической?
9. На каких участках изотермы Ван-дер-Ваальса примерно совпадают с изотермами реального газа?

Тема 3: Электричество и магнетизм

1. Лабораторная работа “Определение емкости конденсатора”

Цель работы: изучение законов электростатики и одного из методов измерения емкости конденсатора.

Контрольные вопросы

1.Дайте определение емкости конденсатора.
2.Объясните по схеме цепи назначение используемых приборов.
3.Подробно объясните принцип определения емкости в данной работе.
4.Выведите расчетные формулы для определения емкостей Cx, Cпар, Cпос.
5.Каковы единицы измерения емкости?
6.Изобразите схемы параллельного и последовательного соединений конденсаторов. Запишите формулы для результирующих емкостей.
7.Выведите формулы для расчета погрешностей измерений электроемкости.

2. Лабораторная работа “Определение сопротивлений проводников с помощью моста Уитстона”

Цель работы: изучение законов постоянного тока на примере классического метода измерения сопротивления проводников с помощью мостовой схемы и определение удельного сопротивления материала проводника.

Контрольные вопросы

1.Что такое электросопротивление проводника? Отчего оно зависит?
2.Что такое удельное сопротивление проводника, в каких единицах оно измеряется?
3.От чего зависит удельное сопротивление проводника?
4.Начертите схему моста Уитстона и опишите способ измерения сопротивления с его помощью.
5.Выведите расчетную формулу для определения сопротивления неизвестного проводника.
6.Как вычисляются относительная и абсолютная погрешности измерения сопротивления Rx и удельного сопротивления ρ ?

3. Лабораторная работа “Определение индуктивности катушки”

Цель работы: изучение явления электромагнитной индукции и его законов, измерение индуктивности катушки, исследование зависимости индуктивности катушки от силы тока, протекающего по ее обмотке, а также индуктивности катушки, ее полного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается явление самоиндукции?
2. Что называется индуктивностью и в каких единицах она измеряется?
3. От чего зависит индуктивность катушки?
4. Запишите формулы для индуктивного и модуля полного сопротивлений катушки.
5. Выведите расчетную формулу для определения индуктивности катушки.
6. Как зависит модуль полного сопротивления катушки от частоты изменения тока в ней?

7. Какое влияние оказывает наличие сердечника в катушке на величину силы тока в ней при переменном и постоянном токах?

4. Лабораторная работа “Изучение контрольно-измерительных приборов”

Цель работы: ознакомление с принципами действия и правилами эксплуатации электронных контрольно-измерительных приборов, используемых в лабораторных работах по разделам курса физики “Электричество и магнетизм”, “Колебания и волны”.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении универсального измерительного прибора В7-16А.
2. Укажите органы управления прибором В7-16А и расскажите о их назначении.
3. Расскажите о назначении генератора сигналов Л31.
4. Укажите органы управления генератора сигналов Л31 и расскажите о их назначении.
5. Расскажите о назначении осциллографа универсального С1-83.
6. Опишите функциональную схему осциллографа С1-83.
7. Укажите органы управления осциллографа С1-83 и расскажите об их назначении.

5. Лабораторная работа “Определение электродвижущей силы источника тока методом компенсации”

Цель работы: изучение законов постоянного электрического тока и ознакомление с компенсационным методом измерения электродвижущей силы источника тока.

Контрольные вопросы

1. Что называется электродвижущей силой источника тока?
2. Что такое сторонние силы?
3. Назовите способы измерения ЭДС.
4. Какова природа ошибки, допускаемой при измерении ЭДС источника тока с помощью вольтметра?
5. В чем заключается метод компенсации и каковы его достоинства?
6. Приведите принципиальную схему электрической цепи для измерения ЭДС методом компенсации. Поясните порядок проведения измерений.
7. Выведите расчетную формулу для определения Ex.
8. Какому условию должна удовлетворять в этой установке величина ЭДС источника тока, служащего для питания цепи?

6. Лабораторная работа “Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью осциллографа

Цель работы: изучение законов электромагнетизма, методов исследования характеристик магнитного поля в веществе, свойств ферромагнетиков и ознакомление со способом опытного изучения магнитных свойств ферромагнетика с помощью осциллографа.

Контрольные вопросы

1. Назовите характеристики магнитного поля и дайте их определения.
2. Назовите величины, характеризующие магнитные свойства вещества.
3. Что такое намагниченность? Что характеризует эта величина? От чего она зависит?
4. На какие группы подразделяются вещества по магнитным свойствам?
5. Назовите отличительные свойства ферромагнитных веществ.
6. Что представляет собой кривая намагничивания?
7. В чем заключается явление магнитного гистерезиса?
8. Что такое остаточная индукция и коэрцитивная сила?
9. Что представляют собой магнитные домены?
10. Опишите процесс изменения доменной структуры при намагничивании ферромагнетика.
11. Что такое магнитное насыщение?
12. Нарисуйте схему установки, поясните назначение всех элементов схемы, расскажите порядок выполнения работы.
13. Выведите расчетные формулы для определения B и H.
14. На что расходуется энергия при перемагничивании ферромагнетика?

7. Лабораторная работа “Определение горизонтальной составляющей вектора индукции магнитного поля Земли”

Цель работы: изучение законов магнетизма, ознакомление с одним из методов определения характеристик магнитного поля Земли и измерение с помощью прибора (тангенс–гальванометра) горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.

Контрольные вопросы

1. В каких единицах измеряется индукция магнитного поля?
2. Назовите три основных характеристики магнитного поля Земли.
3. Запашите формулу для индукции магнитного поля кругового тока.
4. Расскажите порядок выполнения работы.
5. Каков физический смысл постоянной тангенс–гальванометра?
6. Для какой цели измерение углов отклонения магнитной стрелки производится по обоим ее концам?
7. С какой целью измерения производятся при двух направлениях тока в катушке тангенс–гальванометра?
8. С какой целью измерения углов отклонения магнитной стрелки производятся при двух значениях силы тока.

8. Лабораторная работа “Определение удельного заряда электрона”

Цель работы:изучение движения элементарных частиц в электрическом и магнитном полях, экспериментальное определение удельного заряда электрона с помощью магнетрона.

Контрольные вопросы

1. Что называется удельным зарядом электрона?
2. Какая сила действует на электрон в электрическом поле?
3. Какая сила действует на электрон, движущийся в магнитм поле?
4. Выведите формулу для радиуса кривизны электрона, движущегося в однородном магнитном поле.
5. Какой вид может принимать форма траектории электрона при разных значениях индукции магнитного поля в магнетроне.
6. Что собой представляет сбросовая характеристика магнетрона?
7. Какова методика определения Вкр ?

9. Лабораторная работа “Исследование переходных процессов в цепях, содержащих индуктивность и сопротивление, при коммутации источника постоянного тока”

Цель работы: убедиться, что катушка индуктивности обладает способностью накапливать магнитную энергию и экспериментально установить закон изменения силы тока и напряжения на элементах цепи во время протекания переходного процесса, определить их длительность.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение переходного процесса, протекающего при замыкании или размыкании цепи с индуктивностью и сопротивлением.
2. Как определяется характерное время переходного процесса?
3. Нарисуйте графики зависимости силы тока от времени при размыкании и замыкании цепи.
4. Сформулируйте и поясните закон индукции Фарадея.
5. Запишите первое и второе правило Кирхгофа.
6. Расскажите порядок выполнения работы.

*Лаборатория компьютерного физического практикума*

10. Лабораторная работа “Движение заряженной частицы в электрическом поле”

Цель работы: знакомство с моделью процесса движения заряда в однородном электрическом поле и экспериментальное определение величины удельного заряда частицы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите свойства электрического заряда.
2. Что называют элементарным электрическим зарядом?
3. Сформулируйте и запишите закон Кулона.
4.Дайте определение электрического поля.
5. Что называют напряжённостью электрического поля?
6. Какое поле называется однородным?
7. Что такое конденсатор?
8. Какое поле существует между пластинами плоского конденсатора?
9. Какую форму имеет траектория движения электрона между пластинами плоского конденсатора?

11. Лабораторная работа “Электрическое поле точечных зарядов”

Цель работы: знакомство с моделированием электрического поля двух точечных зарядов и экспериментальное определение величины электрической постоянной.

Контрольные вопросы

1. Что такое электрическое поле?
2. Запишите и сформулируйте закон Кулона.
3. Что называется напряжённостью электрического поля?
4. Дайте определение линий напряжённости электрического поля.
5. Изобразите с помощью линий напряженности поле положительного заряда, отрицательного заряда и поля диполя.
6.Сформулируйте принцип суперпозиции для напряженности электрического поля.
7. Что такое электрический диполь?
8. Что называется дипольным моментом?
9. Чему равна напряжённость электрического поля на оси диполя на большом расстоянии от него.

12. Лабораторная работа “Исследование зависимости мощности и кпд источника постоянного тока от внешней нагрузки”

Цель работы: знакомство с компьютерным моделированием цепей постоянного тока и исследование зависимости мощности и КПД источника постоянного тока от сопротивления внешней цепи.

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте полную цепь. Запишите и сформулируйте закон Ома для полной цепи.
2. Что такое ток короткого замыкания?
3. Как вычисляется мощность, выделяемая во внешней цепи? При каком условии она достигает наибольшего значения?
4.Что такое полная мощность?
5. Как вычисляется КПД источника тока?
6. Верно ли утверждение, что мощность, выделяемая во внутренней части цепи, постоянна для данного источника?
7. Чему равно КПД источника тока, когда мощность, выделяемая во внешней цепи, достигает наибольшего значения?

13. Лабораторная работа “Закон Ома для неоднородного участка цепи”

Цель работы: знакомство с компьютерным моделированием цепей постоянного тока и экспериментальное подтверждение закона Ома для неоднородного участка цепи.

Контрольные вопросы

Что называется электрическим током?

1. Что такое сила тока?
2. Какой участок цепи называется однородным и неоднородным?
3. Сформулируйте и запишите закон Ома для однородного участка цепи в интегральной форме.
4. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме.
5. Что называется удельным сопротивлением проводника?

6. Что называется сторонней силой? Какова её природа?
7. Закон Ома для неоднородного участка цепи.
8. Дайте определение понятий: разность потенциалов, ЭДС источника тока, напряжение на участке цепи.

Тема 4: Механические и электромагнитные колебания и волны

1. Лабораторная работа “Сложение однонаправленных и взаимно перпендикулярных колебаний”

Цель работы: практическое ознакомление с физикой гармонических колебаний, исследование процесса сложения гармонических электрических колебаний.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение гармонических колебаний.
2. Запишите и поясните уравнение гармонических колебаний.
3. На примере сложения двух гармонических колебаний проиллюстрируйте метод векторных диаграмм.
4. Что называется биениями?
5. Как определить сдвиг фаз между двумя одночастотными взаимно перпендикулярными колебаниями по результирующей траектории?
6. Опишите устройство экспериментальной установки, охарактеризуйте назначения приборов.

2. Лабораторная работа “Определение скорости распространения электромагнитных волн с помощью двухпроводной линии”

Цель работы: изучение процесса распространения электромагнитных волн и экспериментальное измерение скорости их распространения в воздухе методом стоячих волн.

Контрольные вопросы

1.От каких характеристик среды зависит скорость распространения электромагнитных волн?
2.Как образуется стоячая электромагнитная волна в двухпроводной линии?
3.Записать и пояснить уравнение стоячей волны.
4.Что называется пучностью и узлом стоячей волны?
5. Каким образом проводится определение длины волны?
6.Расскажите о порядке выполнения работы.

3. Лабораторная работа “Исследование свободных затухающих колебаний в электрическом колебательном контуре”

Цель работы: изучение законов электричества и магнетизма; измерение параметров затухающих колебаний силы, тока и напряжения на элементах цепи колебательного контура.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение затухающих колебаний. Напишите уравнение затухающих колебаний.
2. Что называется коэффициентом затухания?
3. Что характеризует логарифмический декремент затухания?
4. Дайте определение добротности колебательной системы?
5. Нарисуйте графики зависимости силы тока и заряда от времени при затухающем процессе в последовательном колебательном контуре.
6. Расскажите о порядке выполнения работы.
7. Какие приборы используются при изучении затухающих колебаний в колебательном контуре.
8. Найти логарифмический декремент затухания математического маятника, если за время t = 1 мин амплитуда колебаний уменьшилась в два раза. Длина маятника l = 1м.
9. Колебательный контур состоит из конденсатора С= 405нФ, катушки с индуктивностью

L = 10 мГн и сопротивления R = 2 Ом. Во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за один период колебаний?

4. Лабораторная работа “ Изучение явления резонанса в колебательном контуре “

Цель работы: изучение колебательных процессов, наблюдаемых в электрической цепи на примере работы колебательного контура.

Контрольные вопросы

1. Что называется колебательным контуром?
2. Почему в реальном колебательном контуре свободные колебания всегда являются затухающими?
3. В чём заключается явление резонанса?
4. Что такое добротность колебательного контура и от чего она зависит?
5. Какая кривая называется резонансной? Как изменяется её вид при увеличении коэффициента затухания.

*Лаборатория компьютерного физического практикума*

5. Лабораторная работа “Свободные колебания в RLC-контуре”

Цель работы: экспериментальное исследование закономерностей свободных затухающих колебаний и определение величины индуктивности контура.

Контрольные вопросы

1. Что называется колебанием?
2. Какие колебания называются свободными?
3. Что называется колебательным контуром?
4. Что такое идеальный колебательный контур?
5. Какие колебания называются гармоническими?
6. Какие физические величины испытывают колебания в идеальном колебательном контуре?
7. Запишите дифференциальное уравнение для заряда конденсатора в контуре в случае свободных незатухающих гармонических колебаний.
8. Запишите формулу зависимости заряда на конденсаторе от времени при свободных незатухающих колебаниях в контуре.
9. Запишите дифференциальное уравнение для заряда конденсатора в контуре в случае свободных затухающих колебаний.
10. Запишите формулу зависимости заряда на конденсаторе от времени при свободных затухающих колебаниях в контуре.
11. Запишите формулу Томсона для периода колебаний.
12. Напишите формулу для коэффициента затухания и частоты затухающих колебаний.
13. Что называется временем затухания?
14. Чему равен логарифмический декремент затухания?
15. Как определяется добротность колебательного контура?
16. Как определяется графически время затухания?

6. Лабораторная работа “Вынужденные колебания в RLC- контуре”

Цель работы: экспериментальное подтверждение закономерностей при вынужденных колебаниях в RLC-контуре.

Контрольные вопросы

1. Что называется колебанием?
2. Дайте определение вынужденным колебаниям.
3. Что такое колебательный контур?
4. Запишите дифференциальное уравнение вынужденных колебаний для заряда конденсатора.
5. Как выглядит решение этого уравнения в установившемся режиме?
6. Как определяется сила тока в цепи при вынужденных колебаниях?

7. Запишите формулу для напряжения на конденсаторе в цепи.
8. Что называется резонансом напряжения?
9. Что называется резонансом тока?
10. На какой частоте наблюдается резонанс тока?
11. На какой частоте наблюдается резонанс напряжения?
12. Как определить добротность контура?
13. Что такое резонансная кривая?

Тема 5: Волновая и квантовая оптика

1. Лабораторная работа “Определение показателя преломления жидкостей при помощи рефрактометра”

Цель работы: изучение явления преломления света и полного внутреннего отражения, а также ознакомление со способом измерения показателя преломления с помощью рефрактометра.

Контрольные вопросы

1. Что называется относительным и абсолютным показателем преломления вещества?
2. Сформулируйте закон преломления света.
3. В чем состоит явление полного внутреннего отражения и при каких условиях оно наблюдается?
4. Объясните принцип действия рефрактометра.
5. Расскажите порядок выполнения работы.

2. Лабораторная работа “Определение радиуса кривизны линзы при помощи колец Ньютона”

Цель работы: изучение явления интерференции света и применения этого явления для измерения радиуса кривизны линзы при помощи колец Ньютона.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой монохроматический свет?
2. Что называется геометрической и оптической разностью хода лучей?
3. В чем заключается явление интерференции света?
4. Расскажите, как происходит интерференция в клинообразной пластинке.
5. Как получаются кольца Ньютона?
6. Вывести формулу для определения радиуса кривизны линз ы, используя радиусы колец Ньютона.
7. Рассказать порядок выполнения работы.

3. Лабораторная работа “Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки”

Цель работы: изучение явления дифракции света на примере дифракционной решетки и способа измерения длины световой волны с помощью дифракционной решетки.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит явление дифракции света?
2. Что называется дифракционной решеткой?
3. Объяснить дифракцию от решетки.
4. Записать и пояснить условие главных дифракционных максимумов.
5. Чем спектр, получаемый с помощью дифракционной решетки, отличается от получаемого с помощью призмы?
6. Поясните цель работы и порядок ее выполнения.

4. Лабораторная работа “Изучение спектра дифракционной решетки с помощью гониометра”

Цель работы: изучение явления дифракции и ознакомление с методом определения длины волны света с помощью гониометра.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит явление дифракции света?

2. Что представляет собой дифракционная решетка?
3. Что называется периодом дифракционной решетки?
4. Объясните, как происходит процесс дифракции на решетке.
5. Запишите условие главных дифракционных максимумов.
6. Каким образом можно определить максимальное число максимумов, которое можно получить с помощью дифракционной решетки?
7. Чем отличается спектр, получаемый с помощью дифракционной решетки от получаемого с помощью призмы?
8. Расскажите порядок выполнения работы.

5. Лабораторная работа "Изучение явления поляризации света. Закон Брюстера"

Цель работы: изучение поляризации света при отражении света от поверхности диэлектриков.

Контрольные вопросы

1. Какой свет называется плоскополяризованным?
2. Назовите способы получения поляризованного света.
3. Сформулируйте закон Брюстера
4. Что такое угол Брюстера?
5. Сформулируйте закон Малюса.

6. Лабораторная работа "Определение процентного содержания сахара при помощи полутеневого поляриметра"

Цель работы: изучение поляризации света и физических основ работы полутеневого поляриметра.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие поляризованного света от естественного?
2. Какие вещества называются оптически активными? Перечислите разновидности оптически активных веществ.
3. Что называется удельным вращением? От чего зависит эта величина? Запишите формулу для определения удельного вращения.
4. Нарисуйте оптическую схему полутеневого поляриметра. Перечислите основные его части и объясните их назначение.
5. Расскажите о назначении и устройстве призмы Николя.
6. Опишите устройство и принцип действия кварцевого компенсатора.
7. Расскажите о порядке измерения углов плоскости поляризации в данной работе.
8. Опишите порядок определения удельного вращения раствора сахара в данной работе.
9. Приведите примеры применения явления вращения плоскости поляризации.

7. Лабораторная работа " Измерение яркостной температуры вольфрама оптическим пирометром ЛОП–72 "

Цель работы: изучение законов теплового излучения, ознакомление с устройством и принципом действия оптического пирометра ЛОП–72 и измерение с его помощью яркостных температур нагретого тела по тепловому излучению в видимой области спектра.

Контрольные вопросы

1. Что называется абсолютно черным телом?
2. Как определяется яркость нагретого тела, от чего она зависит?
3. Дайте определение яркостной температуры.
4. Сформулируйте закон Стефана–Больцмана.
5. Как определяется спектральная плотность энергетической светимости?
6. Сформулируйте закон смещения Вина.
7. Назовите единицы измерения энергетической светимости и спектральной плотности энергетической светимости.

8. Лабораторная работа “Моделирование оптических систем”

Цель работы: ознакомление с построением изображения в тонкой линзе и микроскопе и проверка формулы увеличения микроскопа.

Контрольные вопросы

1. Что изучает геометрическая оптика?
2. Что называется линзой?
3. Какая линза называется тонкой?
4. Что такое главная и побочная оптические оси?
5. Что такое главные фокусы линзы? Где они расположены?
6. Какая линза называется собирающей? Рассеивающей?
7. Можно ли с помощью рассеивающей линзы получить увеличенное изображение предмета? Сделайте чертеж.
8. Можно ли с помощью собирающей линзы получить уменьшенное изображение предмета? Сделайте чертеж.
9. Запишите формулу тонкой линзы.
10. Что называется оптической силой линзы, в каких единицах она измеряется?
11. Что представляет собой микроскоп? Опишите принцип его действия.
12. Как вычисляется увеличение микроскопа?
13. Что называется расстоянием наилучшего зрения.

9. Лабораторная работа “Интерференционный опыт Юнга”

Цель работы: знакомство с моделированием процесса сложения когерентных электромагнитных волн и экспериментальное исследование закономерностей взаимодействия световых волн от двух источников (щелей).

Контрольные вопросы

1. Что называется интерференцией?
2. Дайте определение когерентных волн.
3. В чем заключается опыт Юнга?
4. Что такое геометрическая и оптическая разности хода волн?
5. Сформулируйте условие, при выполнении которого наблюдается интерференционный максимум.
6. Чему равно расстояние между соседними светлыми интерференционными полосами в опыте Юнга?

10. Лабораторная работа “ Внешний фотоэффект”

Цель работы: изучение явления внешнего фотоэффекта, экспериментальное подтверждение его закономерностей и определение красной границы фотоэффекта, работы выхода электронов из фотокатода и постоянной Планка.

Тема 6: Квантовая физика и физика атома

1. Лабораторная работа “Определение постоянных Ридберга и Планка спектроскопическим методом”

Цель работы: изучение спектра излучения атомарного водорода, определение постоянных Ридберга и Планка на основе измерения длин волн первых трёх линий в серии Бальмера.

Контрольные вопросы

1. Опишите характерные особенности спектра испускания атома водорода.
2. Сформулируйте постулаты Бора. Получите выражение для энергии электрона в атоме водорода.
3. Каков энергетический спектр атомного водорода? Объясните основные закономерности спектра испускания.
4. Каким переходам соответствуют видимые линии серии Бальмера?

5. Получите расчётную формулу для определения постоянной Планка по спектру испускания атома водорода.
6. Опишите принцип действия и устройство монохроматора УМ–2.
7. В чём заключается градуировка монохроматора?
8. Опишите порядок проведения работы.

2. Лабораторная работа “Определение постоянной Планка с помощью полупроводникового лазера”

Цель работы: является ознакомление с принципом работы полупроводниковых инжекционных лазеров, определение постоянной Планка на основе измерения напряжения включения полупроводникового лазера и длины волны излучаемого им света.

Контрольные вопросы
1. Что называется уровнем Ферми?
2. Какой энергетический уровень считается вырожденным?
3. Что такое инверсная заселенность уровней?
4. Какие методы накачки применяют в полупроводниковых лазерах?
5. Чем характеризуется модовый состав лазерного излучения?
6. Как в работе определяется длина волны излучения лазерного диода?
7. Как устроена экспериментальная установка?
Каково назначение ее отдельных узлов и блоков?
8.На каком принципе основан расчет постоянной Планка в работе?

*Лаборатория компьютерного физического практикума*

3.Лабораторная работа “Спектр излучения атомарного водорода”

Цель работы: знакомство с планетарной и квантовой моделями атома и закономерностями формирования линейчатого спектра излучения атомарного водорода и экспериментальное определение постоянной Ридберга.

Контрольные вопросы
1. Что называется спектром электромагнитного излучения?
2.Какие виды спектров вы знаете? Что является их источниками?
3. Опишите планетарную модель атома.
4. В чем отличие квантовой модели от планетарной?
5. При каких условиях электроны в атоме излучают или поглощают электромагнитное излучение?
6. Дайте характеристику стационарным состояниям атома.
7. Что определяет главное квантовое число? Какие значения оно принимает?
8. Что включает в себя понятие об энергетических уровнях?
9. Что называется спектральной серией?
10. Назовите спектральные серии излучения атомарного водорода. Объясните, как они возникают?

4. Лабораторная работа “Определение периода кристаллической решетки методом дифракции электронов

Цель работы: является изучение волновых свойств электронов, знакомство с компьютерной моделью дифракции электронов при их рассеянии на одномерной монокристаллической решётке и экспериментальное определение периода кристаллической решётки «плёнки металла».

Контрольные вопросы
1. Что такое кристаллическая решетка?
2. Что называется элементарной ячейкой?
3. Что такое период кристаллической решетки?
4. Что понимают под волнами де Бройля?
5. Чему равна длина волны де Бройля?

6. В чем суть корпускулярно -волнового дуализма?
7. Что такое дифракция микрочастиц?
8. Объясните образование дифракционной картины при рассеивании электронов веществом.
9. Что излучает электронография?
10. Как рассчитывается период кристаллической решетки в данной работе?

5. Лабораторная работа "Эффект Комптона"

Цель работы: экспериментальное подтверждение закономерностей эффекта Комптона и определение комптоновской длины волны электрона.

Контрольные вопросы

1. Что называется эффектом Комптона?
2. Опишите процесс взаимодействия падающего рентгеновского фотона и свободного электрона вещества.
3. Напишите формулу для эффекта Комптона.
4. Напишите формулу для комптоновской длины волны электрона. Чему она равна?
5. Какие законы сохранения выполняются при взаимодействии фотона с электроном в эффекте Комптона?
6. Напишите закон сохранения энергии и импульса для эффекта Комптона.
7. Чему равно максимальное изменение длины волны рассеянного фотона и когда оно наблюдается?

Тема 7: Элементы ядерной физики

1. Лабораторная работа " Исследование характеристик газоразрядного счетчика частиц"

Цель работы: ознакомление с устройством, принципом действия счетчика Гейгера-Мюллера, снятие его характеристики, по которой надо выбрать рабочее напряжение и определить наклон плато Гейгера.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой счетчик Гейгера-Мюллера?
2. Поясните несамостоятельный и самостоятельный газовые разряды.
3. Чем отличаются пропорциональные счетчики от счетчиков с самостоятельным разрядом?
4. Поясните образование лавины ионов в счетчике под действием одной частицы.
5. Объясните механизм самогашения счетчика.
6. Почему скорость счета при одном и том же напряжении на счетчике разная?
7. Какая часть счетной характеристики называется плато Гейгера, как находятся наклон плато и рабочее напряжение?
8.Почему при низких напряжениях на счетчике частицы не регистрируются?

2. Лабораторная работа "Определение максимальной энергии и коэффициента поглощения бета-излучения"

Цель работы: изучение свойств радиоактивных излучений, измерение интенсивностей
Фона и β-излучения, снятие кривой поглощения и определение коэффициента поглощения.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды и свойства радиоактивных излучений .
2. Какая из траекторий на рис. 5 принадлежит α-, β- и γ- излучениям? Укажите направление магнитного поля .
3. Что изменится на рис. 5, если между источником излучения и свинцовым коллиматором поместить: а) лист бумаги; б) стальную пластинку толщиной 5 мм?
4. Приведите примеры использования радиоактивных излучений в горной промышленности.

6. Поясните виды β- распада.

3. Лабораторная работа “Определение длины свободного пробега и энергии альфа-частиц”

Цель работы: изучение свойств α-частиц, и закона радиоактивного распада, определение периода полураспада Т и постоянной распада λ, длины свободного пробега и энергии α-частиц.

Контрольные вопросы

1.Что такое α-частица , каков её состав?
2. Запишите и поясните закон радиоактивного распада в дифференциальной и интегральной формах.
3. Что называется периодом полураспада?
4. Запишите закон Гейгера - Нэттола.
5. Что такое средний и экстраполированный пробег α-частиц?
6.Как в работе определяется энергия и период полураспада α – частиц.
7. Поясните работу блока детектирования α- частиц.
8. Расскажите порядок выполнения работы.

*Критерии оценки:* при выполнения лабораторной работы осуществляется следующим образом:

| *Критерии оценки лабораторной работы* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Оформление отчета по лабораторной работе в соответствии с предъявленными требованиями | 0-4 |
| точность в расчетах при определении искомых физических величин с учетом расчета их погрешностей и правильность записи единиц измерения | 0-4 |
| правильность записи единиц измерения | 0-3 |
| обоснованные выводы о результатах выполненной лабораторной работы | 0-4 |
| Итого | 0-15 |

15 баллов (90-100%) - оценка «отлично»
12 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»
8 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-7 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

Составители: Куриченко А.А., доцент, к.ф.-м.н., Адриановский Б.П., доцент, к.ф.-м.н., Тарасов Б.Н., доцент, к.ф.-м.н., Полев В.Ф., доцент, к.ф.-м.н., Комарова Л.И., доцент, к.ф.-м.н., Славина Т.П., доцент , к.г.-м.н., Кривошеин А.А., доцент, к.г.-м.н., Садырева О.В., доцент, к.ф.-м.н.; Катанова Л.К., доцент, к.ф.-мн.; ст.преп. Лукашевич Л.Н.; ст.преп. Келарева И.А.; ст.преп. Шварте Н.А., ст.преп. Заянова С.А., ст.преп. Шитова С.Н.

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

# ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

дисциплина **ФИЗИКА**

**Вопросы для проведения опроса направлены на оценку уровня знаний, умений, формирующих компетенции ОК-7, ОПК-2**

Раздел 1: Механика

*Тема 1: Механика*

1. Что такое механическое движение? Какими свойствами обладают абсолютное время и абсолютное пространство?
2. Что представляет собой система отсчета?
3. Чем путь отличается от перемещения тела?
4. Дайте определение мгновенной , средней и средней путевой скорости.
5. Дайте определение мгновенного, среднего и центростремительного ускорения.
6. Какое движение называется равномерным, а какое равноускоренным. Приведите Уравнения этих движений в векторном и скалярном виде.
7. Какое движение называется вращательным? Назовите основные характеристики вращательного движения тела.
8. Что понимается под угловым перемещением тела, его угловой скоростью и угловым ускорением?
9. Укажите взаимосвязь между линейными и угловыми кинематическими характеристиками вращательного движения тела (перемещение и угловое перемещение; скорость и угловая скорость; ускорение и угловое ускорение).
10. Чему равно полное ускорение при криволинейном движении?
11. В чем различие между кинематикой и динамикой материальной точки?
12. Дайте определение силы в механике и сформулируйте принцип суперпозиции для сил.
13. Какие системы называются инерциальными?
14. К каким системам применимы законы динамики? Сформулируйте первый закон динамики. Что понимается под инерцией тел?
15. Сформулируете второй закон динамики. Что понимается под инертностью тела?
16. Укажите взаимосвязь между импульсом силы и изменением импульса тела.
17. Сформулируйте тритий закон динамики.
18. Сформулируйте закон всемирного тяготения и закон Гука.
19. Какие силы называются фундаментальными силами?

20. Сформулируйте принцип относительности Галилея и закон сложения скоростей в классической механике.
21. Назовите основные характеристики динамики вращательного движения. Что понимается под моментом силы и моментом импульса?

22. Сформулируйте основной закон динамики для вращательного движения.
23. Что такое момент инерции тела относительно оси вращения и от каких параметров он зависит?
24. Сформулируйте теорему Штейнера.
25. Запишите формулы для определения моментов инерции шара, сплошного и полого цилиндров, стержней.
26. Сформулируйте законы сохранения импульса и момента импульса.
27. Какие удары называют абсолютно упругими и абсолютно неупругими?
28. Запишите законы сохранения энергии и импульса при абсолютно упругом и абсолютно неупругом ударах.
29. Что такое механическая работа и мощность? Работа.
30. Назовите виды механической энергии. Что понимается под полной механической энергией тела?
31. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии для поступательного и вращательного движений.
32. От чего зависит потенциальная энергия тела?
33. Какие силы называются консервативными и неконсервативными? Чему равна работа консервативной силы, если начальное и конечное положения тела совпадают?
34. Сформулируйте теорему об изменении потенциальной энергии. Чему равна потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h, и упруго деформированного тела?
35. Укажите связь между консервативной силой и потенциальной энергией.
36. Сформулируйте условие равновесия тел, находящихся в поле консервативных сил.
37. Сформулируйте закон сохранения полной механической энергии тела.

*Тема 2: Молекулярная физика и термодинамика*

1. В чем суть статистического и термодинамического методов описания свойств макросистем?
2. С помощью каких параметров определяется состояние системы?
3. Какой газ называется идеальным?
4. Сформулируйте основные положения МКТ.
5. Что понимается под давлением и температурой в МКТ?
6. Какая температур принимается за 0 К?
7. Запишите основное уравнения МКТ. Закон Дальтона.
8. Запишите уравнение состояния ИГ (ур-е Менделеева-Клапейрона)
9. Сформулируйте основные газовые законы.
10. Чем определятся число степеней свободы газовых молекул?
11. Сформулируйте закон равномерного распределения энергии молекул по степеням свободы.
12. Изобразите графически закон распределение молекул по модулю скорости.
13. Какими свойствами обладает функция распределения Максвелла?
14. Запишите барометрическую формулу Лапласа.
15. Запишите закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
16. Как рассчитать среднее число столкновения и среднюю длину свободного пробега молекул?
17. В чем суть явлений диффузии, теплопроводности и внутреннего трения?
18. Внутренняя энергия газа. Теплота и работа.
19. Сформулируйте первое начало термодинамики.
20. Чему равна работа при расширения ИГ?
21. Что понимается под теплоемкостью? Какие виды теплоемкости Вы знаете?
22. Примените первое начало термодинамики к изотермическому процессу.

23. Примените первое начало термодинамики к изохорическому процессу.
24. Примените первое начало термодинамики к изобарическому процессу.
25. Примените первое начало термодинамики к адиабатическому процессу.
26. Какой процесс называется адиабатическим
27. Чему равна работа при адиабатическом процессе?
28. Что представляет собой Цикл Карно?
29. Чему равен КПД цикла Карно?
30. Как определить КПД произвольного цикла?
31. Какие процессы называются обратимыми и необратимыми?
32. Что такое приведенное количество теплоты и как оно связано с энтропией S?
33. Чему равна термодинамическая вероятность W состояния и как она связана с энтропией S?
34. Сформулируйте статистическое толкование энтропии.
35. Сформулируйте принцип возрастания энтропии.
36. Как изменяется энтропия при изотермическом, изобарическом и изохорическом процессах?
37. Как изменяется энтропия при адиабатическом процессе?
38. Сформулируйте второе начало термодинамики.
39. Статистическое толкование второго начала ТД.
40. Ограниченность области применения второго начала термодинамики.

*Тема 3: Электричество и магнетизм*

1. Какой электрический заряд считается элементарным?.
2. Сформулируйте и запишите закон Кулона.
3. Сформулируйте закон сохранения электрического заряда.
4. Что называется напряженностью электрического поля?
5. В чем заключается принцип суперпозиции полей?
6. Сформулируйте теорему Гаусса для электростатического поля.
7. Запишите формулу для расчета напряженности электрического поля точечного заряда.
8. Как рассчитать электрическое поле, создаваемое бесконечной равномерно заряженной плоскостью?
9. Как рассчитать электрическое поле, создаваемое двумя бесконечными равномерно заряженными плоскостями?
10. Как рассчитать электрическое поле, создаваемое бесконечной равномерно заряженной нитью.
11. Чему равна работа поля при перемещении точечных зарядов?
12. Что называется потенциалом электростатического поля?
13. Потенциал поля системы точечных зарядов.
14. Запишите связь между напряженностью поля и потенциалом.
15. Какие поверхности называются эквипотенциальными?
16. Запишите формулу для расчета разности потенциалов между двумя точками поля.
17. Запишите формулу для расчета разности потенциалов между двумя точками, находящимися на расстоянии $r_1$ и $r_2$ от бесконечной равномерно заряженной нити (цилиндра).
18. Рассчитайте потенциал бесконечной равномерно заряженной плоскости и разность потенциалов между двумя заряженными плоскостями.
19. Рассчитайте поле равномерно заряженной сферической поверхности.
20. Что такое электрический диполь?
21. Поведение диполя в однородном и неоднородном электрических полях.

22. Какие вещества называются диэлектриками? Назовите типы диэлектриков
23. Напряженность поля в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость ε.
24. Сформулируйте теорему Гаусса для диэлектриков.
25. Что такое вектор электрической индукции?
26. Как распределяются заряды в проводнике в отсутствии поля.
27. Как распределяются избыточные заряды в проводниках?
28. Чему равна напряженность поля вблизи поверхности заряженного проводника?
29. Чему равна электроемкость проводника и от чего она зависит?
30. Чему равна электроемкость уединенного проводника?
31. Какой конденсатор называется плоским и чему равна его электроемкость?
32. Какое соединение конденсаторов называется последовательным, а какое параллельным?
33. Чему равна общая электроемкость при последовательном и параллельном соединении конденсаторов?
34. Чему равна энергия заряженного конденсатора? Заряд конденсатора?
35. Как определяется энергия электростатического поля и объемная плотность энергии этого поля?
36. Какой электрический ток называется постоянным? Назовите его характеристики.
37. Сформулируйте условия существования электрического тока.
38. Какие силы, действующие на электрические заряды, называются сторонними? Сторонние силы в электрической цепи. Источники тока. Электродвижущая сила.
39. Для чего нужны источники тока и чему равна их эдс?
40. В чем различие между разностью потенциалов, эдс и напряжением?
41. Запишите закон Ома в интегральной и дифференциальной форме для однородного участка цепи.
42. Запишите закон Ома для неоднородного участка цепи и замкнутой цепи.
43. Как определяется работа и мощность электрического ока?
44. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца.
45. Сформулируйте правила Кирхгофа.
46. Что является источником магнитных полей?
47. Что называется индукцией магнитного поля?
48. Как магнитное поле действует на движущиеся электрические заряды и чему равна Сила Лоренца?
49. Запишите закон Био-Савара-Лапласа и сформулируйте принцип суперпозиции для индукции магнитного поля.
50. Каким способом можно графически изобразить магнитное поле?
51. За счет чего взаимодействуют два параллельных тока и какая сила называется силой Ампера?
52. Сформулируйте теорему Гаусса для вектора магнитной индукции.
53. Как определяется поток вектора магнитной индукции через произвольную поверхность?
54. Сформулируйте и запишите теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля.
55. Почему магнитное поле является вихревым полем?
56. Как определить работу поля по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле?
57. Чему равен механический момент сил, действующий на рамку с током в магнитном поле?
58. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
59. Запишите закон Фарадея и сформулируйте правило Ленца.
60. Какое явление называется явлением самоиндукции?

61. Чему равна индуктивность длинного соленоида?
62. Как влияет самоиндукция на ток при замыкании и размыкании электрической цепи?
63. Чему равна энергия магнитного поля и плотность энергии магнитного поля?
64. Назовите типы магнетиков.
65. Чему равно магнитное поле в веществе?
66. Какие вещества относятся к диамагнетикам, а какие к парамагнетикам.
67. Магнитоупорядоченные вещества. Антиферромагнетики. Ферриты.
68. За счет чего ферромагнетики обладают особыми свойствами и что такое спин электрона?
69. Назовите основные положения электромагнитной теории Максвелла.
70. Сформулируйте и запишите первое уравнение Максвелла.
71. Что доказывает то, что электрическое поле, возникающее при наличие переменного магнитного поля, является вихревым
72. Сформулируйте и запишите второе уравнение Максвелла. Какова природа тока смещения?
73. Запишите полную систему уравнений Максвелла в интегральной форме.

*Тема 4: Механические и электромагнитные колебания и волны*

1. Какие колебания называются гармоническими? Гармонические колебания и их характеристики:
2. Что такое амплитуда, фаза, частота, период колебаний? Назовите единицы их измерения.
3. Чему равна скорость и ускорение материальной точки при механических гармонических колебаниях?
4. Запишите дифференциальное уравнение для гармонических механических колебаний.
5. Что такое гармонический осциллятор?
6. Чему равна энергия колебательного процесса: кинетическая, потенциальная и полная энергия?
7. Из каких элементов состоит идеальный колебательный контур?
8. Почему колебательный контур называется идеальным?
9. Запишите дифференциальное уравнение для свободных незатухающих электромагнитных колебаний.
10. Как изменяются с течением времени сила тока в цепи идеального контура и напряжение на конденсаторе?
11. Запишите дифференциальное уравнение для затухающих механических колебаний. Чему равен коэффициент затухания?
12. Запишите дифференциальное уравнение для затухающих электромагнитных колебаний. Чему равен коэффициент затухания в данном случае?
13. Чему раны логарифмический декремент затухания и добротность колебательного контура?
14. Как механическое гармоническое колебание можно изобразить графически с помощью векторной диаграммы?
14. Как будет перемещаться материальная точка в результате сложения двух сонаправленных гармонических колебаний одинаковой частоты?
15. При каких условиях возникают фигуры Лиссажу?
16. Какие колебания называются вынужденными? Запишите дифференциальное уравнение для вынужденных механических колебаний.
17. Запишите дифференциальное уравнение для вынужденных электромагнитных колебаний.
18. Запишите выражение для силы тока в колебательном контуре при установившихся вынужденных колебаниях.

19. В чем заключается явление резонанса напряжения и резонанса тока в колебательном контуре?
20. Какой процесс называется волновым процессом?
21. Какие волны называются продольными, а какие –поперечными?
22. Что такое длина волны, волновой фронт, волновая поверхность, волновое число?
23. Запишите уравнение плоской и сферической механических волн.
24. Запишите волновое уравнение для механических волн.
25. Что можно найти, решая волновое уравнение?
26. Какие волны называются электромагнитными? Чему равна скорость распространения электромагнитных волн?
27. Запишите волновое уравнение для электромагнитных волн.
28. Запишите уравнение плоской гармонической электромагнитной волны.
29. Почему электромагнитные волны являются поперечными волнами?
30. Чему равна энергия и объемная плотность энергии для электромагнитных волн.
31. Запишите выражение для вектора Пойнтинга. Что он определяет?
32. Запишите выражение для давления электромагнитных волн.
33. Какие волны называются “стоячими волнами”. Можно ли их отнести к волновым процессам?
34. Запишите уравнения для “стоячей волны”.
35. Как определить узлы и пучности “стоячих волн”?
36. Назовите практическое применение” стоячих волн”.
37. Что происходит при отражении “стоячих волн” от менее плотной и от более плотной среды?

*Тема 5: Волновая и квантовая оптика*

1. Сформулируйте закон отражения и закон преломления света.
2. Чему равна скорость распространения световых волн и какую длину волны имеют эти волны?
3. В чем заключается явление интерференции света?
4. Какие волны называются когерентными волнами?
5. Существуют ли в природе когерентные волны и почему?
6. Чему равна оптическая длина пути луча и оптическая разность хода волн?
7. Сформулируйте условия усиления и ослабления света при интерференции.
8. Какие вы знаете способы наблюдения интерференции света?
9. Запишите условия для нахождения минимумов и максимумов интенсивности при интерференции света от двух источников.
10. Проанализируйте выражение для оптической разности хода волн при интерференции света от тонкой плоскопараллельной пластинки.
11. Как возникают полосы равной толщины и равного наклоны при интерференции света от тонкой плоскопараллельной пластинки?
12. Как возникают кольца Ньтона при интерференции света?
13. Какое практическое значение имеет интерференция света?
14. В чем заключается явление дифракции света?
15. Какие виды дифракции вы знаете?
16. Сформулируйте принцип Гюйгенса и принцип Гюйгенса-Френеля.
17. Запишите аналитическое выражение для принципа Гюйгенса-Френеля.
18. В чем заключает метод зон Френеля при расчете дифракционной картины.
19. Запишите условия для максимумов и минимумов интенсивности света при дифракции Фраунгофера на плоской щели.
20. Чем поляризованный свет отличается от естественного света?
21. В чем заключается явление дихроизма?

22. Для каких целей нужны поляроиды, поляризационные призмы и призма Николя?
23. Сформулируйте и запишите закон Малюса.
24. В чем заключается явление двойного лучепреломления? Какие кристаллы называются одноосными, а какие двуосными?
25. За счет чего возникает тепловое излучение?
26. В чем отличие теплового излучения от всех других видов сечения тел?
27. Какое тело называется абсолютно черным? Есть ли в природе абсолютно черные тела?
28. Нарисуйте модель абсолютно черного тела.
29. Сформулируйте и запишите закон Кирхгофа. Сформулируйте следствия из закона Кирхгофа.
30. Изобразите графически спектр излучения абсолютно черного тела.
31. Запишите закон Стефана – Больцмана и Закон смещения Вина.
32. В чем заключалась ультрафиолетовая катастрофа?
33. Сформулируйте гипотезу Планка при объяснении им спектра теплового излучения абсолютно черного тела.
34. Фотоны, их свойства: энергия, масса, импульс.
35. В чем заключается явление фотоэффекта?
36. Какие законы установил Столетов для внешнего фотоэффекта?
37. Запишите уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
38. Что такое “красная граница фотоэффекта и как ее определить?
39. В чем заключались опыты Лебедева?
40. В чем заключается эффект Комптона?
41. В чем заключается двойственность природы электромагнитного излучения?

*Тема 6: Квантовая физика, физика атома*

1. Какую длину волны имеют рентгеновские лучи?
2. при каких условиях возникает рентгеновский спектр7
3. Сформулируйте закон Мозли. Что позволил уточнить этот закон?
4. Запишите формулу Бальмера-Ридберга для линейчатого спектра испускания атома водорода.
5. О чем заключались опыты Резерфорда?
6. Какие выводы сделал Резерфорд, анализируя полученные экспериментальные данные о рассеянии альфа-лучей?
7. Из чего состоял атом в ядерной модели атома Резерфорда?
8. Недостатки теории атома Резерфорда.
9. Сформулируйте постулаты в модели атома Бора.
10. Изобразите графически энергетический спектр атома водорода.
11. В чем состояли недостатки модели атома Бора?
12. Сформулируйте гипотезу де Бройля о корпускулярно-волновом дуализме микрочастиц. Какие опыты подтверждали эту гипотезу? Волны де Бройля.
13. Что собой представляют волны де Бройля?
14. Запишите соотношения неопределенности Гейзенберга для импульса и энергии.
15. Какими свойствами обладает волновая функция.
16. Запишите уравнение Шредингера, содержащее время и для стационарных состояний.
17. Зачем необходимо решать уравнение Шредингера?
18. Что такое собственные волновые функции микрочастицы и собственные значения ее энергии?
19. В чем заключается туннельный эффект?
20. Назовите квантовые числа электронов в атоме. Что они определяют?
21. Сформулируйте принцип Паули для электронов в атоме.

*Тема 7: Элементы ядерной физики*

1. Из каких частиц состоит атомное ядро?
2. Чем протоны отличаются от нейтронов?
3. Чему равны заряд и масса ядра.
4. Что такое зарядовое и массовое число?
5. Какой размер имеют атомные ядра?
6. Назовите свойства ядерных сил.
7. Какие ядра называются изотопами и изобарами?
8. Где используются изотопы?
9. Как связан дефект массы с энергией связи атомного ядра?
10. Что такое удельная энергия связи ядра?
11. Назовите виды радиоактивного распада атомных ядер.
12. Запишите закон радиоактивного распада ядер.
13. Чему равен период полураспада ядер и как он связан с постоянной радиоактивного распада?
14. Что такое радиоактивное равновесие?
15. Когда наступает радиоактивное равновесие?
16. Как определить активность препарата?
17. Запишите правило смещения при альфа-распаде.
18. Запишите правила смещения при бета-распадах.
19. Почему возникла гипотеза о нейтрино?
20. Какими свойствами обладает нейтрино?
21. Что такое ядерная реакция?
22. Кто впервые осуществил ядерную реакцию?
23. Во сколько этапов протекает ядерная реакция?
24. Запишите схему ядерной реакции.
25. Какие правила выполняются при ядерных реакциях?
26. Расскажите о реакции деления тяжелых ядер.
27. Где на практике применяются ядерные реакции?
28. Как определить энергию, которая выделяется при ядерных реакциях?
29. Расскажите о реакции синтеза легких ядер.
30. В чем заключается радиоуглеродный метод датировки?

Оценка за опрос определяется простым суммированием баллов:

| *Критерии оценки ответа на вопрос* | *Количество баллов* |
|---|---|
| правильность ответа | 1 |
| всесторонность и глубина ответа (полнота) | 1 |
| наличие выводов | 1 |
| соблюдение норм литературной речи | 1 |
| владение профессиональной лексикой | 1 |
| Итого | 5 |

*Правила оценивания:*

оценка «отлично» выставляется, если обучающийся получил за ответы 5 баллов;

оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся получил за ответы 4- балла;

оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 3 балла;

оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся получил за ответы 0-2 балла;

Автор: Коршунов И.Г. , профессор, д.ф.-м.н.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой физики
_____И.Г. Коршунов

# КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

# Б1.Б.11 ФИЗИКА

Направление подготовки/ специальность -
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)/ специализация –
***Машины и оборудование нефтяных и газовых комплексов***

квалификация выпускника: бакалавр

Автор: Коршунов И.Г., д.ф.-м.н., профессор

Одобрен на заседании кафедры
Физики
*(название кафедры)*
Протокол № от 2018
*(Дата)*

Екатеринбург
2018

| *Оценочное средство* | *Оцениваемые компетенции* | *Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию* | *Количество тестовых заданий* | *Другие оценочные средства* | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *вид* | *количество* |
| **зачет:** | ОК-7<br>ПКД-2 | знания, умения, владения | | | |
| тест | ОК-7<br>ПКД-2 | знания и умения | 200 | | |
| теоретический вопрос | ОК-7<br>ПКД-2 | знания, умения и владения | | вопросы | 125 |
| задачи по физике с горно-техническим уклоном | ОК-7<br>ПКД-2 | знания, умения и владение | | задачи | 101 |

| *Оценочное средство* | *Оцениваемые компетенции* | *Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию* | *Количество тестовых заданий* | *Другие оценочные средства* | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *вид* | *количество* |
| **экзамен:** | ОК-7<br>ПКД-2 | знания, умения, владения | | | |
| тест | ОК-7<br>ПКД-2 | знания и умения | 237 | | |
| теоретический вопрос | ОК-7<br>ПКД-2 | знания, умения и владения | | вопросы | 53 |
| задачи по физике с горно-техническим уклоном | ОК-7<br>ПКД-2 | знания, умения и владения | | задачи | 79 |

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

# ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ
для зачета

дисциплина **ФИЗИКА**

**Тестовые задания, направленные на оценку знаний и умений, формирующих компетенции ОК-7, ОПК-2**

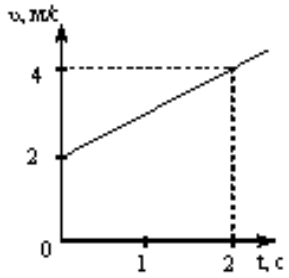
1. Скорость пули при вылете из ствола пистолета равна 250 м/с. Длина ствола 0,1 м. Определите примерно ускорение пули внутри ствола, если считать ее движение равноускоренным.

1)312 км/с$^2$ 2) 114 км/с$^2$ 3)1248 м/с$^2$ 4) 100 м/с$^2$

2. К боковой поверхности цилиндра, вращающегося вокруг своей оси, прижимают второй цилиндр с осью, параллельной оси первого, и радиусом, вдвое превосходящим радиус первого. При совместном вращении двух цилиндров без проскальзывания у них совпадают

2) периоды вращения
2) частоты вращения
3) линейные скорости точек на поверхности
4) центростремительные ускорения точек на поверхности

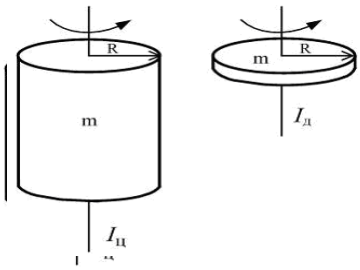
3. На графике приведен график зависимости скорости тела от времени. Масса тела 11 г. Сила, действующая на тело, равна…




1) 0 Н
2) 5 Н
3) 30 Н
4) 10 Н

4. На тело действует постоянный вращающий момент. Какая из перечисленных ниже величин при вращательном движении тела не изменяется с течением времени?
1. Угловая скорость. 2. Угловое ускорение. 3. Кинетическая энергия вращения.
4. Момент импульса тела. 5. Момент инерции.
1) 1 2) 3 3) 2, 5 4) 4 5) 1, 3, 5.

5. Диск и цилиндр имеют одинаковые массы и радиусы. Для их моментов инерции справедливо соотношение…




1) $I_ц = I_д$; 2) $I_ц > I_д$; 3) $I_ц < I_д$ ; 4) ) $I_ц >> I_д$.

6. Какое утверждение ошибочно?

1) Механическая система называется замкнутой, если на нее не действуют внешние силы или действие всех внешних сил на эту систему полностью скомпенсировано.

2) Результирующий импульс замкнутой системы тел с течением времени не изменяется.

3) Если система замкнута, то ее результирующий импульс всегда равен нулю.

4) В замкнутой консервативной системе полная механическая энергия с течением времени не изменяется.

5) Работа консервативной силы на замкнутой траектории равна нулю.

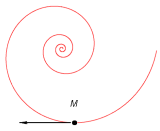
7. Сплошной цилиндр катится по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?
1) 5/7 2) 3/4 3) 2/3 4) ½

8. Укажите формулировку закона сохранения импульса.
1) В замкнутой системе тел суммарный импульс системы постоянен.
2) В замкнутой системе тел суммарный импульс системы равен нулю.
3) Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость.
4) Сумма внешних сил, приложенных к телу, равна нулю.
5) Суммарная кинетическая энергия замкнутой системы равна нулю

9. Момент инерции тонкого обруча массой m, радиусом R относительно оси, проходящей через центр обруча перпендикулярно плоскости, в которой лежит обруч, равен $I=mR^2$. Если ось вращения перенести параллельно в точку на обруче, то момент инерции обруча…
1) увеличится в 1,5 раза
2) увеличится в 2 раза
3) не изменится
4) уменьшится в 2 раза

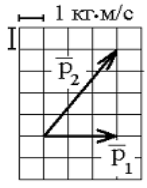
10. Зависимость пути от времени для прямолинейно движущегося тела имеет вид: $S(t) = 2t + 3t^2$, где все величины выражены в СИ. Ускорение тела равно
1) 1 м/с$^2$ 2) 2 м/с$^2$ 3) 3 м/с$^2$ 4) 6 м/с$^2$

11. Точка М движется по спирали с постоянной по величине скоростью в направлении, указанном стрелкой. При этом величина полного ускорения….




5) уменьшается;
6) не изменяется;
7) увеличивается.
8) увеличивается и уменьшается

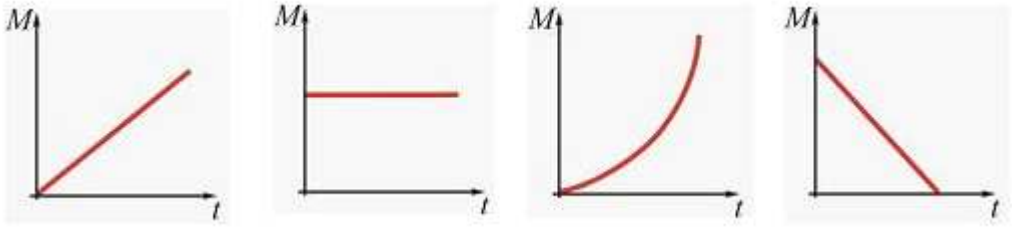
12. Теннисный мяч летел с импульсом $P_1$ (масштаб и направления указаны на рисунке). Теннисист произвел по мячу резкий удар с средней силой 80 Н. Измененившийся импульс мяча стал равным $P_2$. Сила действовала на мяч в течении…




5) 0,05 с
6) 0,5 с
7) 0,3 с
8) 0,1 с

13. Если тело движется по окружности с постоянной по величине скоростью, следовательно, равнодействующая всех сил, действующих на тело….
1) равна нулю.
2) постоянна по величине и совпадает с направлением скорости.
3) постоянна по величине и направлена по радиусу к центру окружности.
4) постоянна по величине и направлена по касательной к окружности.
5) переменна по величине и направлена к центру окружности.

14. Момент импульса вращающегося тела изменяется по закону $L = at^3$, где a – некоторая положительная константа. Зависимость от времени момента сил, действующих на тело, определяется графиком ...




1 2 3 4

15. Найти приращение энергии тела, если $E_1 = 10$ Дж, $E_2 = 7$ Дж?

1)17 Дж. 2) 3 Дж. 3)-3 Дж. 4)8,5 Дж. 5)1,5 Дж.

16. Шар катится по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

1) 5/7 2) 3/4 3) 2/3 4) ½

17. Чтобы уменьшить отдачу при выстреле из винтовки, необходимо:
1) увеличить массу винтовки; 2) уменьшить массу винтовки; 3) увеличить скорость пули; 4) уменьшить массу пули; 5) уменьшить скорость пули.

1)1, 4, 5. 2)2, 3. 3)1, 2. 4)1, 3. 5)2, 5.

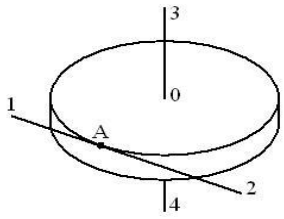
18. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 16 м/с. На высоте h кинетическая энергия равна потенциальной. Определить эту высоту.

1) 10 м 2) 7,3 м 3) 6,4 м 4) 16 м

19. Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением $X=8t-t^2$, где все величины выражены в СИ. В какой момент времени скорость тела равна нулю?

1)8 с 2) 4 с 3)3 с 4) 0 с

20. Диск радиуса R вращается вокруг вертикальной оси равноускоренно по часовой стрелке. Укажите направление вектора углового ускорения.




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

21. К потолку лифта, поднимающегося вверх тормозясь, на нити подвешено тело массой 10 кг. Модуль вектора скорости изменения импульса тела равен 50 кг•м/с. Сила натяжения нити равна

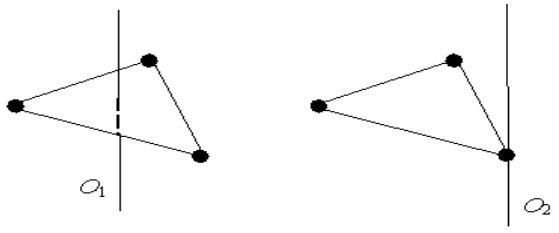
1) 150 кг•м/с; 2) 50 кг•м/с; 3) 100 кг•м/с; 4) 0 кг•м/с

22. Укажите правильные утверждения. Момент инерции тела:

1) зависит от пространственного распределения массы тела;
2) является коэффициентом пропорциональности между угловым ускорением тела и моментом сил;
3) зависит от суммы моментов сил, приложенных к телу;
4) зависит от положения оси вращения тела;
5) зависит от суммы сил, действующих на тело.

1) 1, 2, 4 2) 2 3) 5 4) 2, 3, 5. 5) Все правильные.

23. Три маленьких шарика расположены в вершинах правильного треугольника. Момент инерции этой системы относительно оси $O_1$, перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через его центр – $I_1$. Момент инерции этой же системы относительно оси $O_2$, перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через один из шаров – $I_2$. Справедливо утверждение…




1) $I_1 = I_2$ 2) $I_1 > I_2$ 3) $I_1 < I_2$ 4) 2) $I_1 >> I_2$

24. Якорь двигателя вращается с частотой 40 $с^{-1}$, развиваемая им мощность 3 кВт. Найти вращающий момент якоря.

1) 10 Н·м 2) 12 Н·м 3) 15 Н·м 4) 23 Н·м

25. Закон сохранения импульса формулируется так.

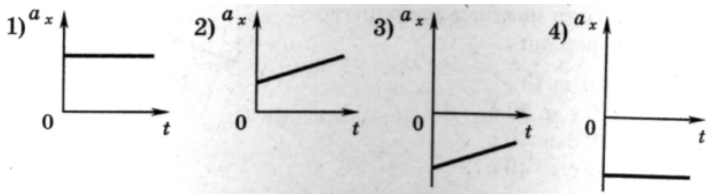
1) Результирующий момент импульса изолированной (замкнутой) системы с течением времени не изменяется.
2) Изменение импульса тела за некоторый промежуток времени равно импульсу силы, действующей на это тело за этот же промежуток времени.
3) Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость.
4) Результирующий импульс изолированной (замкнутой) системы с течением времени не изменяется.
5) Результирующая всех сил, действующих на тело, равна скорости изменения импульса.

26. Обруч массой m = 0,3 кг и R = 0,5 м привели во вращение, сообщив ему энергию вращательного движения 1200 Дж и опустили на пол так, что его ось вращения оказалась параллельной плоскости пола. Если обруч начал двигаться без проскальзывания, имея кине-

тическую энергию поступательного движения 200 Дж, то сила трения совершила работу, равную…

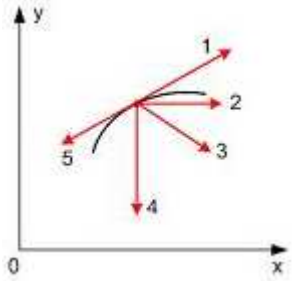
1) 1400 Дж; 2) 1000 Дж; 3) 600 Дж; 4) 800 Дж.

27.Тело, двигаясь вдоль оси OX прямолинейно и равноускоренно, за некоторое время уменьшило свою скорость в 2 раза. Какой из графиков зависимости проекции ускорения от времени соответствует такому движению?




1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

28. Тело брошено под углом к горизонту и движется в поле силы тяжести Земли. На рисунке изображен восходящий участок траектории данного тела.




Правильно изображает полное ускорение вектор ...

1) 5; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 1.

29. Самолет летит в горизонтальной плоскости по окружности с постоянной скоростью 360 км/ч. Подъемная сила всегда перпендикулярна плоскости крыльев самолета. Если эта плоскость составляет угол в 45° с горизонтом, то радиус окружности виража самолета равен

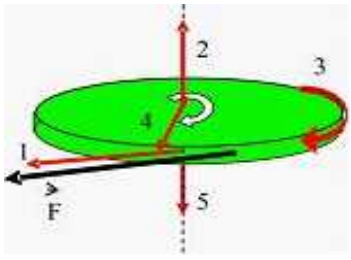
1) 400м 2) 600м 3)800м 4) 1000м

30. Укажите верный вариант ответов. Выражение для кинетической энергии вращающегося вокруг неподвижной оси тела содержит:

1) момент импульса тела; 2) момент инерции тела; 3) угловую скорость; 4) угловое ускорение; 5)массу тела.

1)1 2)2, 3. 3)4 4)5 5)4, 5.

31. Колесо вращается так, как показано на рисунке стрелкой. К ободу колеса приложена сила, направленная по касательной. Правильно изображает угловое перемещение колеса вектор …




1) 5; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 1.

32. Мальчик подбросил футбольный мяч с поверхности Земли на некоторую высоту. Какое из утверждений будет справедливо в этом случае?

1) Величина потенциальной энергии мяча будет равна нулю.

2) Величина потенциальной энергии мяча зависит от высоты и массы мяча.

3) Кинетическая энергия мяча всегда равна потенциальной.

4) Полная энергия мяча будет состоять только из кинетической энергии.
5) Величина потенциальной энергии мяча зависит от скорости и массы мяча.

33. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.

1) 15 кг·м$^2$ 2) 21 кг·м$^2$ 3) 18 кг·м$^2$ 4) 27 кг·м$^2$

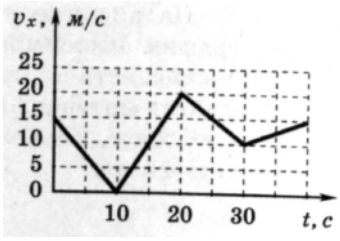
34. Неподвижная лодка вместе с находящимся в ней охотником имеет массу 250 кг. Охотник выстреливает из ружья в горизонтальном направлении. Какую скорость получит лодка после выстрела? Масса пули 5 г, а ее скорость при вылете равна 1000 м/с.

1) 22,4 м/с. 2) 0,05 м/с. 3) 0,02 м/с. 4) 700 м/с. 5) 0 м/с.

35. Человек сидит в центре вращающейся по инерции вокруг вертикальной оси карусели и держит в руках вертикально тяжелый шест за его середину. Если он сместит шест, оставляя его в вертикальном положении, в направлении от центра карусели, то частота вращения в конечном состоянии

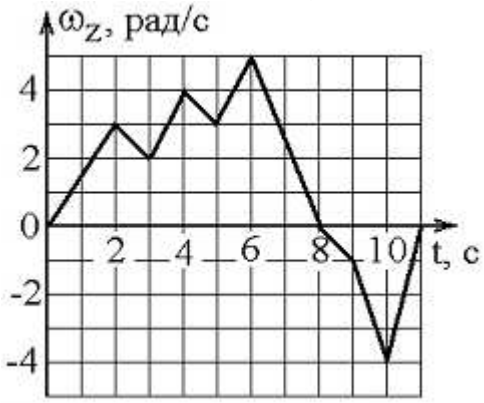
1) уменьшится; 2) не изменится; 3) увеличится; 4) будет равна нулю

36. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Модуль ускорения максимален в интервале времени



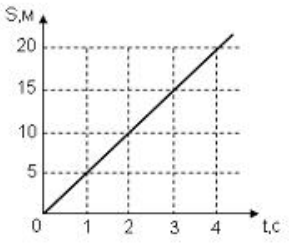

5) от 0 с до 10 с
6) от 10 с до 20 с
7) от 20 с до 30 с
8) от 30 с до 40 с

37. Твердое тело начинает вращаться вокруг оси Z с угловой скоростью, проекция которой изменяется во времени, как показано на графике. Угол поворота тела относительно начального положения будет максимальным в момент времени, равный ...




1) 11 с 2) 6 с; 3) 8 с; 4 ) 10 с.

38. Зависимость перемещения тела массой 4 кг от времени представлена на рисунке Кинетическая энергия тела в момент времени t=3 с равна…

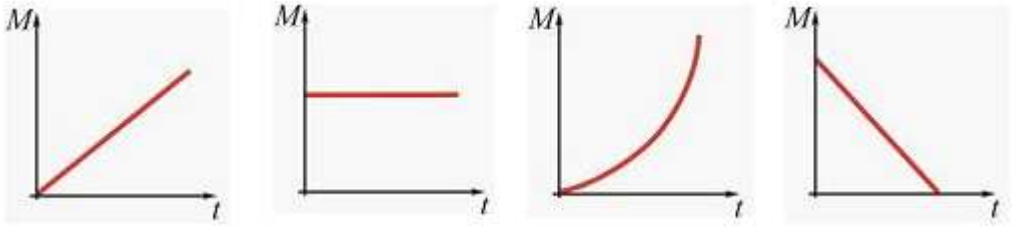



5) 40 Дж
6) 20 Дж
7) 50 Дж
8) 15 Дж

39. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$. Определить угловое ускорение маховика

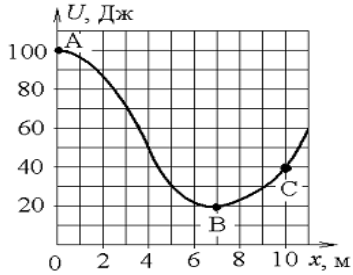
1) 5 рад/с$^2$ 2) 6 рад/с$^2$ 3) 2 рад/с$^2$ 4) 3,5 рад/с$^2$

40. Момент импульса вращающегося тела изменяется по закону $L = at^2$, где a – некоторая положительная константа. Зависимость от времени момента сил, действующих на тело, определяется графиком ...




1 2 3 4

41. Небольшая шайба начинает движение без начальной скорости по гладкой горке из точки А. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Зависимость потенциальной энергии шайбы от координаты изображено на графике U(x)




Кинетическая энергия шайбы в точке С…

5) в 2 раза меньше, чем в точке В
6) в 1,33 раза меньше, чем в точке В
7) в 2 раза больше, чем в точке В
8) в 1,33 раза больше, чем в точке В

42. Якорь двигателя делает 240 об/мин. Определить вращающий момент, если мощность двигателя 1 кВт.

1) 40 Н·м 2) 50 Н·м 3) 25 Н·м 4) 30 Н·м

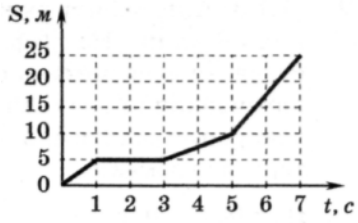
43. Тело массой 2 кг поднято над Землей. Его потенциальная энергия 400 Дж. Если на поверхности Земли потенциальная энергия равна нулю и силами сопротивления воздуха можно пренебречь, скорость, с которой тело упадет на Землю, составит…

1) 14 м/с; 2) 10 м/с; 3) 20 м/с; 4) 40 м/с.

44. Шар имеет массу 5 кг и катится со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию тела.

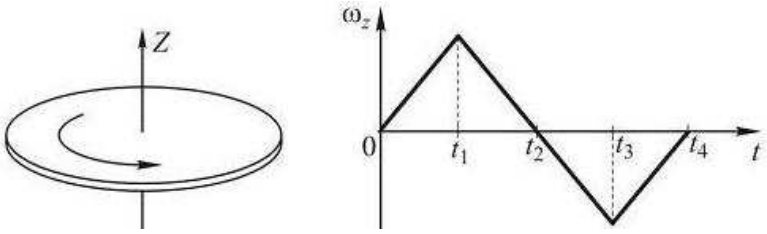
1) 350 Дж 2) 400 Дж 3) 250 Дж 4) 500 Дж

45. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость скорости автомобиля от времени. Модуль скорости максимален в интервале времени




5) от 0 с до 1 с
6) от 1 с до 3 с
7) от 3 с до 5 с
8) от 5 с до 7 с

46. Диск вращается вокруг своей оси, изменяя проекцию своей угловой скорости $\omega_z(t)$ так, как показано на рисунке.




Векторы угловой скорости ω и ускорения ε сонаправлены в интервалы времени
1) от $t_1$ до $t_2$ и от $t_2$ до $t_3$; 2) от 0 до $t_1$ и от $t_1$ до $t_2$; 3) от 0 до $t_1$ и от $t_2$ до $t_3$;
4) от $t_1$ до $t_2$ и от $t_3$ до $t_4$.

47. Выберите формулировку третьего закона Ньютона.
1)Силы взаимодействия между материальными точками пропорциональны произведению масс точек и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними.
2)Силы взаимодействия точечных зарядов пропорциональны произведению величин зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними.
3)Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по величине и противоположны по направлению.
4)Момент силы пропорционален угловому ускорению тела.
5)Сила, действующая на тело равна скорости изменения импульса тела.

48. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$. Определить угловое ускорение маховика
1) 5 рад/с$^2$ 2) 6 рад/с$^2$ 3) 2 рад/с$^2$ 4) 3,5 рад/с$^2$

49. Две материнальные точки одинаковой массы движутся с одинаковой угловой скоростью по окружностям радиусами $R_1 = 2R_2$. При этом отношение моментов импульса точек $L_1/L_2$ равно…
1) 1/2; 2) 2; 3) 4; 4) 1/4.

1.6.6. Укажите формулу для расчета кинетической энергии тела.
1) $kx^2/2$; 2) mgh; 3) $mv^2/2$; 4) $F_{трен} \cdot S$; 5) mv.

50. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180 об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1 м.
1) 1 кДж 2) 2,1 кДж 3) 3,6 кДж 4) 5 кДж

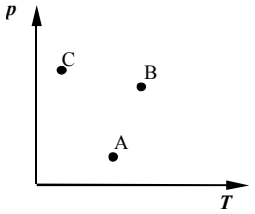
51. Идеальный газ это система, состоящая из…
1) молекул кислорода;
2) молекул различных газов;
3) многоатомных молекул;
4) взаимодействующих атомов;
5) невзаимодействующих материальных точек.

52. Выберите уравнение Менделеева-Клапейрона.

1) $p = p_0(1 + \alpha T)$.
2) $pV = const$.
3) $V = V_0 \alpha T$.
4) $M/\mu = \nu$.
5) $pV = \nu RT$.

53. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза средняя квадратичная скорость движения его молекул:
1) увеличится в 2 раза;
2) увеличится в 6 раз;
3) уменьшится в 8 раз;
4) увеличится в 4 раза.

54. Объемы трех состояний одной и той же массы идеального газа, обозначенных на графике точками A, B и C на диаграмме p – T, связаны между собой соотношением:
1) $V_A > V_B > V_C$; 2) $V_A < V_B < V_C$;
3) $V_C > V_B < V_A$; 4) $V_A < V_B$ , $V_B > V_C$;




55. В 1 кг воды содержится…
1) 55,5 моль ($3{,}3\cdot10^{25}$ молекул); 2) 100 моль ($6\cdot10^{23}$ молекул);
3) 18 моль ($18\cdot10^{23}$ молекул); 4) 1 моль ($10^{23}$ молекул).

56. Укажите утверждение, с которым Вы согласны.
Количество теплоты – это…
5) энергия, передаваемая телу в процессе совершения работы;
6) энергия, передаваемая и получаемая телом в процессе теплопередачи;
7) сумма кинетической и потенциальной энергий молекул тела;
8) энергия, передаваемая телу в процессе упорядоченного движения.

57. Укажите верную запись I начала термодинамики.

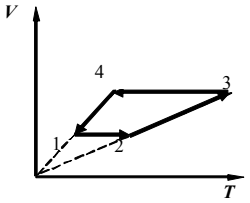
1) $Q = m \cdot C\,(T_2 - T_1)$.

2) $Q = \Delta U + A$.

3) $Q = I^2 R\,t$.

4) $\eta = \dfrac{A}{Q}$ .

58. На рисунке представлен график изменения состояния идеального газа. На каком участке работа имеет максимальное по модулю значение?




1) 1 – 2; 2) 2 – 3;
3) 3 – 4; 4) 4 – 1.

59. Чему равно число степеней свободы молекул двухатомного газа?
1) i = 2;
2) i = 3;
3) i = 4;

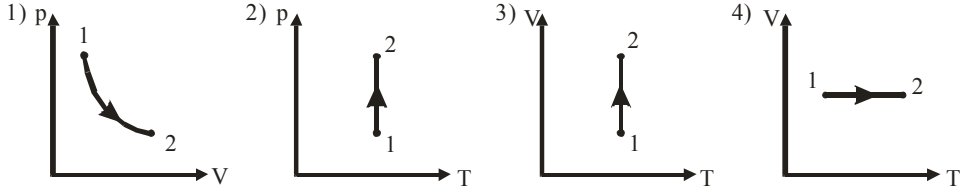
4) i = 5;
5) i = 6.

61. Какое количество теплоты нужно передать двум молям идеального одноатомного газа, чтобы увеличить его объем в 3 раза при постоянном давлении? Начальная температура газа $T_0$.
1) $2RT_0$; 2) $4\ RT_0$; 3) $10\ RT_0$; 4) $6\ RT_0$; 5) $5\ RT_0$.

11. Давление газа при его нагревании в закрытом сосуде увеличивается. Это можно объяснить увеличением…
4) концентрации молекул;
5) расстояний между молекулами;
6) средней кинетической энергии молекул;
4) средней потенциальной энергии молекул.

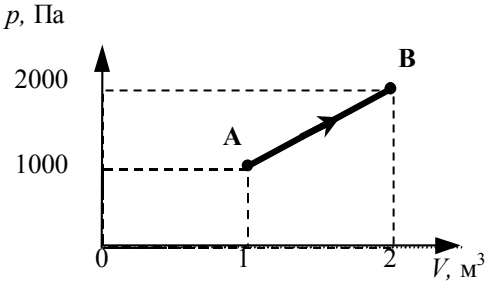
62. Объем одного моля идеального газа при нормальных условиях ($t=0^0C$; p = 101 кПа) равен…
1) 8,31 л; 2) 22,4 л; 3) $10^3$ м$^3$; 4) зависит от природы газа

63. Какой график соответствует процессу изотермического сжатия системы?




64. Абсолютная температура газа возросла в 2 раза. Во сколько раз изменилась наиболее вероятная скорость молекул?
1) Не изменилась.
2) Увеличилась в 1, 41 раза.
3) Уменьшилась в 2 раза.
4) Увеличилась в 2 раза.
5.) Увеличилась в 4 раза.

65. При переходе из состояния А в состояние В температура идеального газа
1) увеличилась в 2 раза;
2) увеличилась в 4 раза
3) уменьшилась в 2 раза;
4) уменьшилась в 4 раза.




66. Какие из перечисленных видов энергии входят в состав внутренней энергии тела?

а) кинетическая энергия хаотического (теплового) движения молекул;
б) потенциальная энергия взаимодействия молекул;
в) кинетическая энергия тела как целого относительно других тел;
г) механическая энергия;

1) в;  2) а, б;  3) г;  4) а, в.

67. Газ совершает наименьшую работу, если его расширение от объема $V_1$ до $V_2$ происходит…

6) адиабатически;
7) изохорически;
8) изотермически;
9) изобарически;
10) сначала изохорически, затем адиабатно.

68. Укажите формулу для расчета коэффициента полезного действия цикла Карно.

1) $\frac{T_2 - T_1}{T_2}$;  2) $Q_1 - Q_2$;  3) $\frac{T_1 + T_2}{T_1}$;  4) $\frac{A}{Q_1}$;  5) $\frac{Q_1}{A}$.

69. Верно ли, что…

6) при любом круговом процессе система не может совершать работу большую, чем количество тепла, подведенное к ней извне;
7) тепло, подведенное к системе, затрачивается на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы над внешними телами;
8) невозможно такое периодически движущееся устройство, единственным и конечным результатом которого было бы превращение внутренней энергии в механическую?;
9) механическая энергия может превращаться во внутреннюю полностью, а внутренняя в механическую -лишь частично переведена во внутреннюю.

1) 1;  2) 1, 2, 3, 4;  3) 2, 3;  4) 1, 3;  5) 3, 4.

70. Гелий, находящийся при нормальных условиях, изотермически расширяется от 1 л до 2 л. Найти количество теплоты, сообщенное газу.

1) 69 Дж;  2) 100 Дж  3) 690 Дж;  4) 1000 Дж.

71. Какие утверждения справедливы для идеального газа?

1) Взаимодействие молекул на расстоянии отсутствует.
2) Уравнение Менделеева-Клапейрона описывает состояние газа.
3) Молекулы газа взаимодействуют на расстоянии.
4) Внутренняя энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергии взаимодействия молекул газа.
10) Собственным объемом молекул можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится.

1) 4;  2) 1;  3) 2;  4) 5;  5) 1, 2, 5.

72. Воздух в комнате состоит из смеси газов: кислорода, азота, углекислого газа, паров воды и др. Какие из физических параметров этих газов обязательно одинаковы при тепловом равновесии?

2) парциальное давление;  2) температура;  3) концентрация;  4) объем.

73. Абсолютная температура газа уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз изменилась средняя квадратичная скорость молекул?

1) Уменьшилась в 2 раза.
2) Не изменилась.

3) Уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз.
4) Увеличилась в 2 раза.
5) Уменьшилась в 4 раза.

74. Укажите численное значение универсальной газовой постоянной.
1) $8,31 \cdot 10^{23}$ Дж/(моль К);
2) $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К;
3) $6,02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$;
4) 8, 31 Дж/(моль);
5) 8, 31 Дж/(моль К).

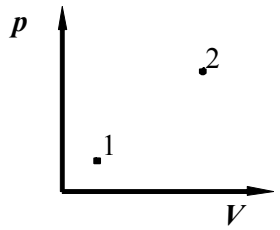
75. Молекулы какого газа обладают наименьшим числом степеней свободы?
1) водорода; 2) азота; 3) гелия; 4) кислорода; 5) углекислого газа.

76. Какие утверждения могут служить формулировкой второго начала термодинамики?

1) Энтропия – скалярная физическая величина, характеризующая состояние системы, приращение которой при обратимом процессе равно количеству приведенного тепла, полученному системой в этом процессе
2) На круговом процессе система не может совершать работу без подвода энергии извне или совершать работу, большую, чем подводимая извне энергия.
3) Невозможно периодически действующее устройство, которое превращало бы тепло в работу полностью
4) Невозможно периодически действующее устройство, которое совершало бы работу бóльшую, чем подводимое тепло
1) 1; 2) 2; 3) 2, 3, 4; 4) 3; 5) 4.

77. Что называется молярной теплоемкостью идеального газа?
1) Работа, совершенная одним молем газа при нагревании на 1 К.
2) Изменение внутренней энергии газа при нагревании моля на 1 К.
3) Количество теплоты для нагревания одного моля моля газа на 1 К.
4) Количество теплоты для нагревания 1 кг газа на 1 К.
5) Изменение внутренней энергии газа при нагревании 1 кг на 1 К.

78. Газ переходит из состояния 1 в состояние 2. В первом случае сначала по изохоре, а затем по изобаре, а в другом случае, наоборот, сначала по изобаре, а затем по изохоре. Сравните работу, совершаемую системой в двух случаях, и сообщаемое системе количество теплоты.




1) одинаковое;
2) в первом случае работа больше и количество теплоты больше;
3) во втором случае работа больше и количество теплоты больше;
4) в первом случае работа меньше, а количество теплоты больше.

79. Первый закон термодинамики в дифференциальной форме записывается так:
1) $\delta Q = \delta A + dV$;
2) $\delta Q = A + dU$;
3) $Q = A + \Delta U$;
4) $\delta Q = \delta A + dU$;
5) $dQ = dA + dU$.

80. Тепловая машина с КПД 60 % получает за цикл от нагревателя 100 Дж. Какое количество теплоты машина отдает за цикл холодильнику?

1) 40 Дж; 2) 60 Дж; 3) 100 Дж; 4) 160 Дж.

81. Укажите уравнение Менделеева-Клапейрона для 1 моля газа.

1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$; 2) $pV^{\gamma} = \text{const}$; 3) $pV_m = RT$;

4) $\frac{pV}{T} = \text{const}$; 5) $\left(p + \frac{a}{V_m{}^2}\right)(V_m - b) = RT$.

82. Изменение на 100 $^0$C температуры газа с 300 $^0$C до 400 $^0$C соответствует изменению температуры по шкале Кельвина на…

1) 573 К; 2) 673 К; 3) 273 К; 4) 100 К.

83. Действия каких сил компенсируются когда подводная лодка покоится в толще воды ?
1) силы тяжести и силы Архимеда;
2) Силы тяжести и суммы сил упругости дна и силы Архимеда, если под дном лодки есть вода;
3) силы тяжести , силы давления воды и силы упругости дна, если под дном лодки совершенно нет воды;
4) силы тяжести и силы давления воды

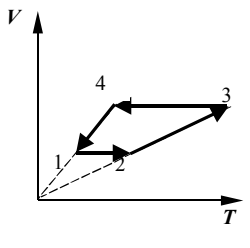
84. При некотором процессе, проведенном с идеальным газом, соотношение между давлением и объемом газа P·V= const. Как изменится температура газа, если давление увеличится в 4 раза?
1)Увеличится в 2 раза. 2) Увеличится в 4 раза.
3) Уменьшится в 4 раза. 4) Останется без изменений.

85. Какое число молекул находится в комнате объемом 80 м$^3$ при температуре 17 °С и давлении 100 кПа?
1) $4\cdot10^{27}$; 2) $2\cdot10^{26}$ 3) $2\cdot10^{27}$; 4) $2\cdot10^{28}$.

86. Какой физический смысл имеет универсальная газовая постоянная?

1) Равна работе, которую совершает 1 моль газа при нагревании на 1 К при адиабатическом процессе.
2) Равна работе, которую совершает 1 моль идеального газа при нагревании на 1 К при изобарическом процессе.
3) Равна работе, которую совершает 1 моль газа при нагревании на 1 К при изохорном процессе.
4) Равна изменению внутренней энергии 1 моля идеального газа при изобарном нагревании на 1 К.
5) Равна изменению внутренней энергии 1 моля идеального газа при адиабатном процессе.

87. На рисунке представлен график изменения состояния идеального газа. На каком участке



работа газа имеет максимальное по модулю значение?

1) 1 – 2; 2) 2 – 3;
3) 3 – 4; 4) 4 – 1.

88. Укажите формулу для расчета коэффициента полезного действия цикла Карно.

1) $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$; 2) $Q_1 - Q_2$; 3) $\frac{T_1 + T_2}{T_1}$; 4) $\frac{Q_2}{Q_1}$; 5) $\frac{Q_1}{A}$.

89. Система совершает работу только за счет убыли своей внутренней энергии. Какой процесс при этом происходит?

1) Изотермический
2) Изохорический
3) Адиабатический
4) Изобарический
5) Политропический

90. При изотермическом расширении 10 г азота, находящегося при температуре17 °С, была совершена работа 860 Дж. Во сколько раз изменилось давление при расширении?

1) Уменьшилось в 2 раза.
2) Увеличилось в 2,7 раза.
3) Уменьшилось в 2,7 раза.
4) Увеличилось в 2 раза.

91. От каких термодинамических параметров зависит энергия молекулы газа?

2) От P, V, T. 2) От P. 3) От V. 4) От T.

P- давление газа, V- объем газа, T – абсолютная температура газа

92. Абсолютная температура газа уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз изменилась наиболее вероятная скорость молекул?

1) Уменьшилась в 4 раза.
2) Увеличилась в 1, 41 раза.
3) Уменьшилась в 2 раза.
4) Уменьшилась в $\sqrt{2}$ раз.
5) Не изменилась.

93. Укажите уравнение Ван-дер-Ваальса для 1 моля газа.

1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$; 7) $pV^{\gamma} = \text{const}$; 3) $pV_m = RT$;

4) $\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$; 5) $\frac{pV}{T} = \text{const}$.

2.5.5. При температуре $T_0$ и давлении $p_0$ один моль идеального газа занимает объем $V_0$. Каков объем двух молей этого газа при давлении $2p_0$ и температуре $2T_0$?

1) $4V_0$; 2) $2V_0$; 3) $V_0$; 4) $8V_0$.

94. Укажите верную формулировку I закона термодинамики.

1) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внутренних сил и изменение полной энергии системы.

2) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внешних сил и изменение внутренней энергии системы.
3) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на изменение работы системы и повышение внутренней энергии системы.
4) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на работу системы против внешних сил.
5) Количество теплоты, подведенное к системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы.

95. Укажите утверждение, с которым Вы согласны.

Количество теплоты –это…

6) энергия, передаваемая телу в процессе совершения работы;
7) энергия, передаваемая и получаемая телом в процессе теплопередачи;
8) сумма кинетической и потенциальной энергий молекул тела;
9) энергия, передаваемая телу в процессе упорядоченного движения.

96. Что называется удельной теплоемкостью?
1) Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К.
2) Количество теплоты, необходимое для нагревания 1 моля вещества на 1 К.
3) Количество теплоты, необходимое для нагревания всей массы вещества.
4) Работа, совершаемая газом, при изменении его объема.
5) Изменение внутренней энергии.

97. Найдите уравнение Пуассона.

1) $pV^{\gamma} = const$; 2) $\frac{C_p}{C_V}$; 3) $pV = const$; 4) $A = -\Delta U$; 5) $\frac{i+2}{i}$.

98. 10 г кислорода находятся в сосуде под давлением 300 кПа и температуре 10 °С. После изобарического нагревания газ занял объем 10 л. Работа, совершенная газом при расширении равна…

1) 2,3 кДж; 2) 3,2 кДж; 3) 5 кДж; 4) 32 кДж.

99. Укажите запись закона Шарля.

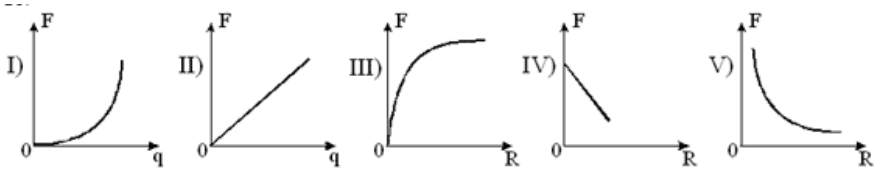
1) $pV = \frac{m}{\mu}RT$. 2) $pV = const$. 3) $\frac{p}{T} = const$.

4) $\frac{pV}{T} = const$. 5) $p = \frac{2}{3}n < E >$.

100. При изотермическом процессе в газе не изменяются…

1) давление;
2) объем;
3) температура;
4) масса и объем;
5) масса и температура.

101. Какие из нижеприведенных графиков наиболее точно отражают зависимость кулоновской силы F от величины одного из зарядов q и расстояния между ними R?

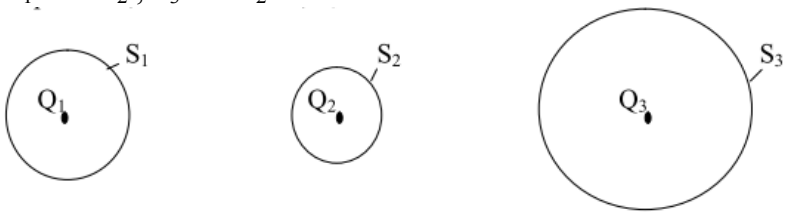



1) I, III ; 2) I, III, V ; 3) II, III, V ; 4) II, V .

102. По какой из приведенных ниже формул можно рассчитать в СИ модуль напряженности электростатического поля точечного заряда q, находящегося в однородном изотропном диэлектрике?

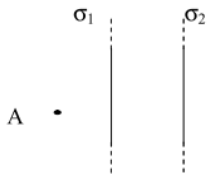
1) $E = \frac{q}{r}$; 2) $E = \frac{kq}{r}$; 3) $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$; 4) $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$.

103. Сферические поверхности охватывают точечные заряды $Q_1 = 3Q$, $Q_2 = 6Q$, $Q_3 = 2Q$. Сравните потоки вектора напряженности поля зарядов сквозь эти поверхности, если $S_1 = 2 \cdot S_2$ , $S_3 = 3 \cdot S_2$.

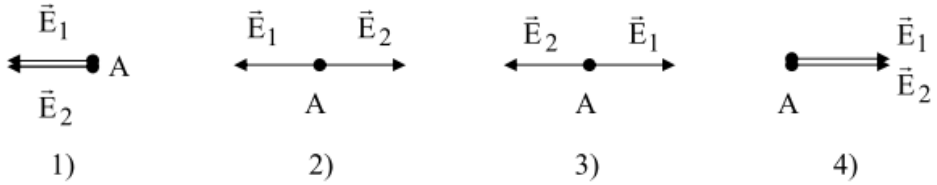



1) $\Phi_1=\Phi_2=\Phi_3$; 2) $\Phi_1>\Phi_2>\Phi_3$; 3) $\Phi_3>\Phi_1>\Phi_2$; 4) $\Phi_1<\Phi_2<\Phi_3$.

104. Поле создано двумя параллельными бесконечными равномерно заряженными плоскостями. Поверхностные плотности заряда плоскостей $\sigma_1$ и $\sigma_2$ , причем $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ (см.рис.).




Укажите рисунок векторов $\vec{E}_1$ и $\vec{E}_2$ в точке А, где $\vec{E}_1$ — напряженность поля первой плоскости, $\vec{E}_2$ — напряженность поля второй плоскости.



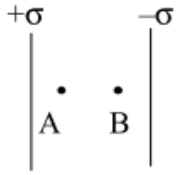

105. По какой из приведенных ниже формул можно рассчитать в СИ потенциал электростатического поля точечного заряда q, находящегося в однородном изотропном диэлектрике?

1) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$; 2) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$; 3) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$; 4) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$.

106. Электроемкость батареи, состоящей из двух конденсаторов, соединенных параллельно, определяется по формуле:

1) $C = C_1 + C_2$; 2) ) $C = C_1 - C_2$; 3) $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$; 4) $C = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$.

107. Сравните в точках А и В объемные плотности энергий электростатического поля заряженного плоского конденсатора.

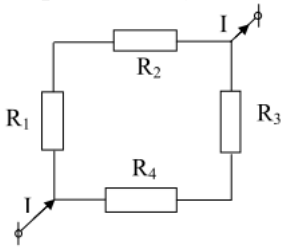



1) $w_A = w_B$; 2) $w_A > w_B$; 3) $w_A < w_B$; 4) $w_A = w_B = 0$.

108. Какая из приведенных ниже формул является математическим выражением закона Ома для однородного участка цепи?

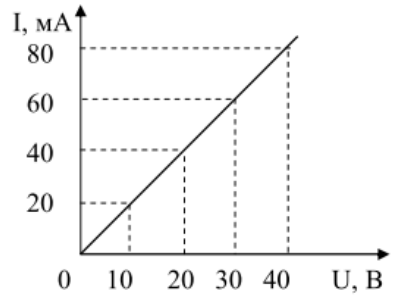
1) $I = \frac{U}{R}$; 2) $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$; 3) $I = \frac{\varepsilon}{r}$; 4) $I = \sum_{i=1}^{n} I_i$ .

109. При пропускании тока по участку цепи, состоящему из сопротивлений $R_1$ = 5 Ом, $R_2$ =1 Ом, $R_3$ = 8 Ом, $R_4$ = 4 Ом, соединенных как показано на схеме, наибольшее падение напряжения будет на сопротивлении…



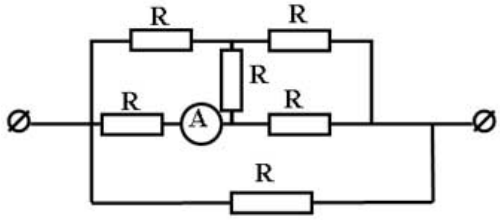

1) $R_1$; 2) $R_2$; 3) $R_3$; 4) $R_4$;

110. Зависимость тока I, протекающего через сопротивление R от напряжения U, дана на рисунке. Чему равна мощность, выделяемая на сопротивлении R при U = 40 В?




1) 1,6 Вт; 2) 2,1 Вт; 3) 2,8 Вт; 4) 3,2 Вт.

111. К концам цепи изображенной на рисунке, подведено напряжение 270 В. Какой ток показывает амперметр, приведенный на рисунке, если сопротивления резисторов 135 Ом?




1) 1А; 2) 4А ; 3) 2А ; 4) 0,5 А .

112. По какой из приведенных ниже формул можно рассчитать тепловую мощность тока P на внешнем участке цепи?

1) $P = I \cdot r$; 2) $P = I^2 \cdot R$; 3) $P = I\varepsilon - I^2 \cdot R$; 4) $P = I \cdot R$.

113. Дополните утверждение: циркуляция вектора напряженности поля сторонних сил по замкнутой электрической цепи $\oint \vec{E}_{ст} d\vec{l} =$

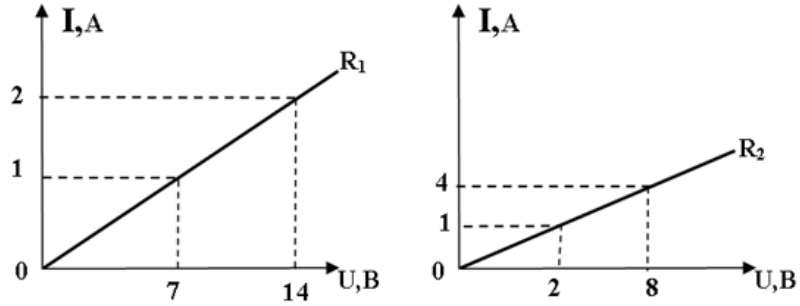
1) … = 0; 2) … = ε; 3) … = U; 4) … = I

где ε – ЭДС источника, U – напряжение; I – сила тока.

114. ЭДС источника тока 8 В, его внутреннее сопротивление 1/8 Ом. К источнику подключены параллельно два сопротивления 1,5 Ом и 0,5 Ом. Полный ток в цепи равен …

1) 16 А; 2) 8 А; 3) 4 А; 4) 2 А; 5) 1 А.

115. На рисунках представлены вольт-амперные характеристики двух резисторов. Какую мощность потребляют эти резисторы, если их соединить последовательно и подсоединить к источнику ЭДС равным 36 В ?

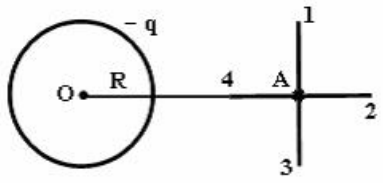



1) 18 Вт ; 2) 9 Вт ; 3) 36 Вт ; 4) 0,5 Вт.

116. Точечный заряд +q находится в центре сферической поверхности. Если заряд сместить из центра сферы, оставляя его внутри нее, то поток вектора напряженности электростатического поля через поверхность:

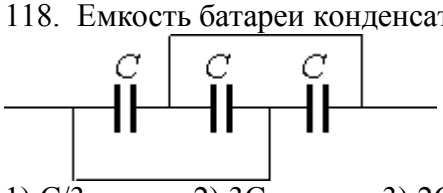
1) увеличится; 2) не изменится; 3) уменьшится 4) станет равным нулю.

117. Поле создано равномерно заряженной сферической поверхностью с зарядом –q. Укажите направление вектора градиента потенциала в точке А.




1) А – 3; 2) А – 1; 3) А – 2; 4)А – 4.

118. Емкость батареи конденсаторов, соединенных как показано на рисунке, равна:




1) C/3.; 2) 3C; 3) 2C; 4) C.

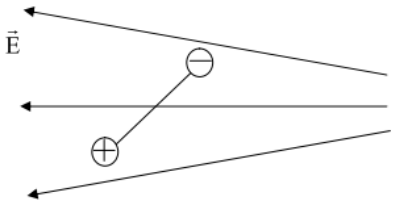
119. Что будет происходить с диполем, помещенным в неоднородное электрическое поле, как показано на рисунке

1) Диполь повернется по часовой стрелке, и будет втягиваться в область сильного поля;

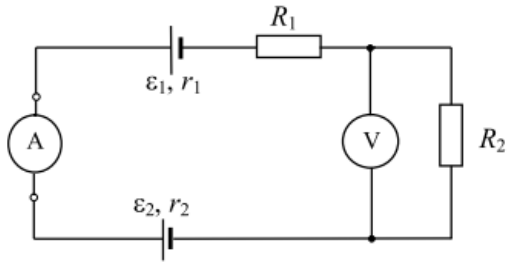
2) диполь повернется против часовой стрелки, и будет выталкиваться из области сильного поля;

3) диполь повернется по часовой стрелке, и будет выталкиваться из области сильного поля;

4) диполь повернется против часовой стрелки, и будет втягиваться в область сильного поля;

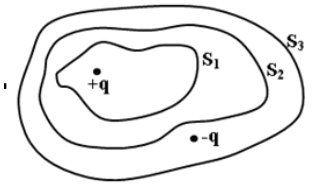



120. В цепи на рисунке с параметрами $\varepsilon_1$ =10 В, $\varepsilon_2$ =5 В, $r_1$ =2 Ом, $r_2$ =1 Ом, $R_1$ =10 Ом, $R_2$ =20 Ом, $R_A$ =1 Ом, $R_V$ =100 Ом, показание амперметра составляет…



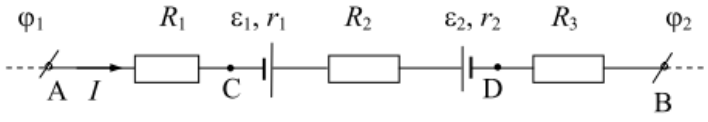

1) 3,2 А; 2) 0,425 А; 3) 1 А; 4) 0,16 А.

121. Дана система точечных зарядов в вакууме и замкнутые поверхности $S_1$, $S_2$, $S_3$. Поток вектора напряженности электростатического поля равен нулю через поверхность …….




1) $S_1$; 2) $S_2$; 3) $S_3$; 4) q.

122. На рисунке изображен участок электрической цепи. Параметры цепи: $\varepsilon_1$ =7 В, $\varepsilon_2$ =2 В, $r_1$ =$r_2$ =1 Ом, $R_1$ =3 Ом, $R_2$ =$R_3$ =5 Ом, $\varphi_1 - \varphi_2$ =10 В. Сила тока равна…




1) 1 А; 2) 2 А; 3) 3 А; 4) 6 А.

123. Плоский воздушный конденсатор емкостью 17,6 пФ образуют квадратные пластины, расположенные на расстоянии 0,4 мм друг от друга. Определить длину одной из сторон этих пластин.

1) $4\cdot10^{-2}$ см 2) $2\cdot10^{-2}$ см 3) 2,8 см 4) 4 см

124. Каким уравнением описывается первый закон Кирхгофа?

1) $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ 2) $\sum_{i=1}^{n} I_i = 0$ 3) $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ 4) $\sum_{i=1}^{n} I_i R_i = \sum_{j}^{m} \varepsilon_j$

125. Приведите в соответствие формулы и их названия:

1) Закон Кулона;

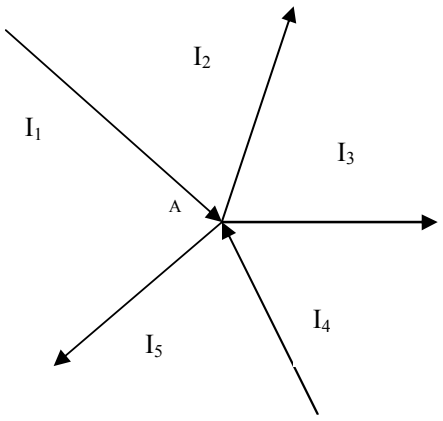
2)Вектор напряженности электрического поля;

3) Принцип суперпозиции электрических полей;

4)Теорема Гаусса для вектора напряженности электрического поля.

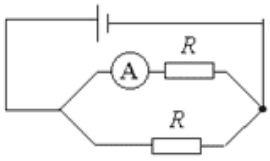
А) $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'}$; Б) $F = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$ В) $\oint_S \vec{E}d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i$ Г) $\vec{E} = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i$ .

126. Какое из соотношений выражает 1-й закон Кирхгофа для узла А?




1) $I_4 - I_2 + I_1 - I_5 - I_3 = 0$; 2) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$;
3) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$; 4) $I_4 + I_2 + I_1 + I_5 + I_3 = 0$

127. Амперметр, изображенный на рисунке показывает 2 А. Определить сопротивление внешнего участка цепи, если ЭДС источника тока 12 В, а падение напряжения внутри него 4 В.



1) 4 Ом 2) 8 Ом 3) 2 Ом 4) 6 Ом

128. Вокруг металлического проводника возникает магнитное поле в случае…
1) Движения проводника;
2) Нагревания проводника;
3) Вращения проводника;
4) Помещения проводника в электрическое поле;
5) Пропускания по проводнику электрического тока.

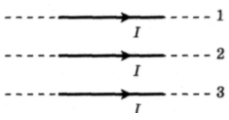
129. Магнитное поле создано двумя параллельными длинными проводниками с токами $I_1$ и $I_2$, расположенными перпендикулярно плоскости рисунка. Если $I_1 = 2I_2$, то вектор индукции результирующего поля в точке А направлен…




1) Вверх;
2) Влево;
3) Вниз;
4) Вправо.

130. В магнитном поле В на прямой проводник длиной L с током I действует сила Ампера, которая равна $F = IBL\sin\alpha$, где $\alpha$ - угол между…
1) I и B;
2) B и L;
3) B и нормалью к L;
4) I и L;
5) I и нормалью к L.

134. На проводник №2 со стороны двух других проводников действует сила Ампера (см. рисунок). Все проводники тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу, и расстояния между соседними проводниками одинаковы, I— сила тока. Сила Ампера в этом случае…



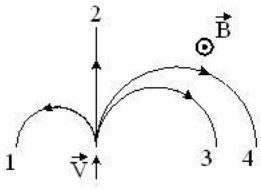

1) Направлена вверх ↑;
2) Направлена вниз ↓;
3) Направлена от нас;
4) Равна нулю.

135.В чем заключается явление самоиндукции?
1)В изменении индуктивности контура при изменении тока в нем;
2)В увеличении индукционного тока в контуре при увеличении основного тока в нем;
3)В уменьшении индукционного тока в контуре при уменьшении основного тока в нем;
4)В возникновении индукционного тока в контуре при изменении основного тока в нем;
5)В возникновении основного тока в контуре при изменении индукционного тока в нем.

136.Чему равна энергия магнитного поля катушки с индуктивностью 3 Гн при силе тока в ней 2 А?
1) 3 Дж;
2) 6 Дж;
3) 1,5 Дж;
4) 2/3 Дж;
5)1/3 Дж.

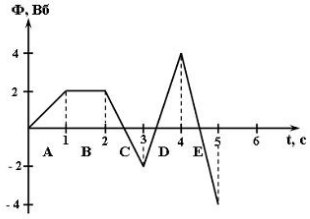
137.В каком случае прямой провод с током I, помещенный в магнитное поле с индукцией B, испытывает максимальную силу?
1) При I = const;
2) При B = const;
3) Когда проводник расположен под углом 45 градусов к полю;
4) Когда проводник расположен вдоль поля;
5) Когда проводник расположен перпендикулярно полю.

138. На рисунке указаны траектории заряженных частиц, имеющих одинаковую скорость и влетающих в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости чертежа. При этом для частицы 3…




1) $q_3 < 0$;
2) $q_3 > 0$;
3) $q_3 = 0$.
4) $q_3 = q_4$.

139. На рисунке представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый замкнутый контур, от времени. ЭДС индукции в контуре не возникает на интервале…




1) E;
2) C;
3) B;
4) D;
5) A.

140. Система уравнений Максвелла для электромагнитного поля имеет вид:

$$\oint_{(L)} \vec{E}\,d\vec{l} = -\int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \qquad \oint_{(L)} \vec{H}d\vec{l} = \int_{(S)} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right) d\vec{S}$$

$$\oint_{(S)} \vec{D}\,d\vec{S} = \int_{(V)} \rho dV \qquad \oint_{(S)} \vec{B}\,d\vec{S} = 0$$

Следующая система уравнений:

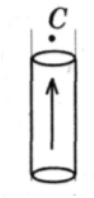
$$\oint_{(L)} \vec{E}\,d\vec{l} = 0 \qquad \oint_{(L)} \vec{E}\,d\vec{l} = \int_{(S)} \vec{j}\,d\vec{S}$$

$$\oint_{(S)} \vec{D}\,d\vec{S} = \int_{(V)} \rho dV \qquad \oint_{(S)} \vec{B}\,d\vec{S} = 0$$

Вторая система уравнений справедлива для…
5) Переменного электромагнитного поля при наличии заряженных тел и токов проводимости;
6) Стационарных электрических и магнитных полей;
7) Стационарного электромагнитного поля в отсутствие заряженных тел;

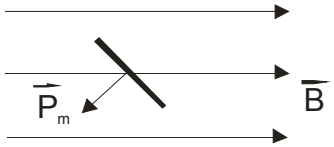
8) Стационарного электромагнитного поля в отсутствие токов проводимости.

141. На рисунке изображен проводник, через который идет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке С?



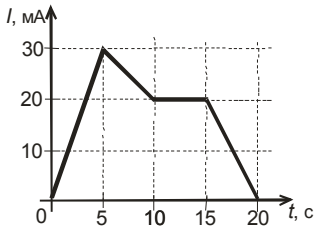

5) В плоскости чертежа ↑;
2) От нас перпендикулярно плоскости чертежа;
3) К нам перпендикулярно плоскости чертежа;
4) Вектор магнитной индукции в точке С равен нулю.

142. Рамка с током с магнитным моментом, направление которого указано на рисунке, находится в однородном магнитном поле.




Момент сил, действующих нарамку, направлен…
1) Перпендикулярно плоскости рисунка к нам;
2) Противоположно вектору магнитной индукции;
3) Перпендикулярно плоскости рисунка от нас;
4) По направлению вектора магнитной индукции.

143. На рисунке показана зависимость силы тока от времени в электрической цепи с индуктивностью 1 мГн.

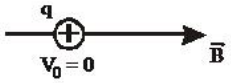



Модуль среднего значения ЭДС самоиндукции в интервале от 15 до 20 с. (в мкВ) равен…
1) 10;
2) 20;
3) 0;
4) 4.

144. Температура Кюри для железа составляет $768^0$С. При температуре $600^0$С железо яв ляется….
1) Ферромагнетиком;
2) Парамагнетиком;
3) Диамагнетиком;
4) Ферреэлектриком.

145. Какое из перечисленных ниже утверждений является ошибочным?
1) Линии вектора индукции магнитного поля всегда замкнуты;
2) Сила Лоренца действует только на движущиеся электрические заряды;
3) Магнитное поле является потенциальным полем;
4) ЭДС индукции прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока;
5) Вещества, помещенные в магнитное поле, намагничиваются.

146 .Как будет двигаться протон (+q), внесенный в однородное магнитное поле с индукцией В? Начальная скорость протона равна нулю.



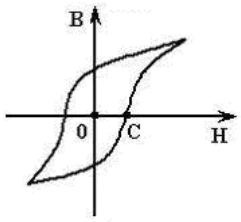

1) По направлению поля, равномерно;
2) Против направления поля, равномерно;
3) По направлению поля равноускоренно;
4) По окружности в плоскости, перпендикулярной вектору индукции, с постоянной по модулю скоростью;
5) Останется неподвижным.

147. Какой процесс объясняется явлением электромагнитной индукции?
1) Взаимодействие двух проводов с током;
2) Возникновение электрического тока в замкнутой катушке при изменении силы тока в другой катушке, находящейся рядом с ней;
3) Отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током;
4) Возникновение силы, действующей на движущуюся заряженную частицу в магнитном поле.

148. Поток вектора магнитной индукции через рамку, площадь которой равна 0,02 м$^2$, а плоскость расположена под углом 60° к вектору В, при В = 0,05 Тл равен…
1) 0,87 мВб;
2) 0,5 мВб;
3) 1,25 мВб;
4) 2,2 мВб

149. Как изменился магнитный поток через катушку индуктивности, если при увеличении силы тока в катушке, энергия магнитного поля катушки увеличилась в 4 раза?
1) Увеличился в 4 раза;
2) Уменьшился в 4 раза;
3) Увеличился в 2 раза;
4) Остался прежним.

150. На рисунке показана зависимость проекции вектора индукции магнитного поля *B* в ферромагнетике от напряженности *H* внешнего магнитного поля.
Участок *OC* соответствует ...




1) Коэрцитивной силе ферромагнетика;
2) Магнитной индукции насыщения ферромагнетика;
3) Остаточной намагниченности ферромагнетика;
4) Остаточной магнитной индукции ферромагнетика.

151. Укажите определение амплитуды колебаний.
1) Величина, пропорциональная приложенной силе.
2) Величина, равная числу колебаний за единицу времени.
3) Величина, численно равная отклонению системы от положения равновесия в данный момент времени.
4) Величина наибольшего отклонения системы от положения равновесия.

152. Укажите формулу для расчета периода колебаний математического маятника.

1) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; 2) $T = \sqrt{\frac{g}{l}}$; 3) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$;

4) $T = 2\pi\sqrt{LC}$; 5) $T = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

154. За 100 секунд система совершает 1000 полных колебаний. Чему равны частота и период колебаний системы?

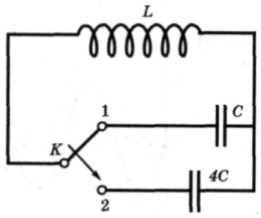
1) $\nu = 0{,}1$ Гц, $T = 10$ с; 2) $\nu = 900$ Гц, $T = 10$ с;
3) $\nu = 10$ Гц, $T = 0{,}1$ с; 4) $\nu = 1000$ Гц , $T = 1$ с.

155. Материальная точка совершает гармонические колебания по закону

$$x = 0{,}3\cos\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right).$$

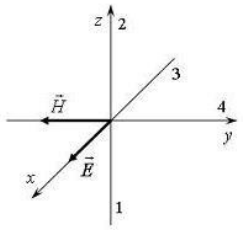
Максимальное значение скорости точки равно…
1) $2\pi$ м/с; 2) $0{,}2\pi$ м/с; 3) $0{,}1\pi$ м/с; 4) $\pi$ м/с.

156. Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ *K* перевести из положения 1 в положение 2?
1) увеличится в 4 раза
2) уменьшится в 4 раза
3) увеличится в 2 раза
4 )уменьшится в 2 раза

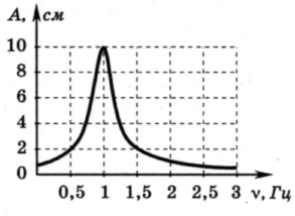



157. На рисунке показана ориентация векторов напряженности электрического (*E*) и магнитного (*H*) полей в электромагнитной волне. Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении...

1) 3; 2) 4; 3) 1; 4) 2.

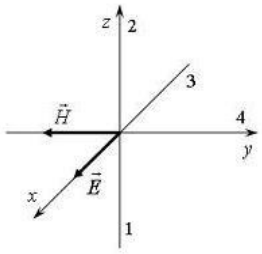



158. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Отношение амплитуды установившихся колебаний маятника на



резонансной частоте к амплитуде колебаний на частоте 0,5 Гц равно
1) 10; 2) 2; 3) 5; 4) 4.

159. На рисунке показана ориентация векторов напряженности электрического (*E*) и магнитного (*H*) полей в электромагнитной волне. Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении...




1) 3; 2) 4; 3) 1; 4) 2.

160. Уравнение движения пружинного маятника

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m}\cdot\frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = \frac{F_0}{m}\cos\omega t$$

является дифференциальным уравнением ...
1) вынужденных колебаний; 2) свободных затухающих колебаний;
3) свободных незатухающих колебаний.

161. При распространении электромагнитной волны в вакууме
1) происходит только перенос энергии
2) происходит только перенос импульса
3) происходит перенос и энергии, и импульса
4) не происходит переноса ни энергии, ни импульса

162. Если уменьшить в 2 раза объемную плотность энергии при неизменной скорости распространения упругих волн, то плотность потока энергии…
1) уменьшится в 2 раза; 2) уменьшится в 4 раза; 3) останется неизменной.

163. В радиоволне, распространяющейся в вакууме со скоростью v, происходят колебания векторов напряженности электрического поля E и индукции магнитного поля B. При этих колебаниях векторы E, B, v имеют следующую взаимную ориентацию

**1)** $\vec{E}\perp\vec{B},\ \vec{E}\|\vec{v},\ \vec{B}\|\vec{v}$
**2)** $\vec{E}\perp\vec{B},\ \vec{E}\perp\vec{v},\ \vec{B}\perp\vec{v}$
**3)** $\vec{E}\|\vec{B},\ \vec{E}\perp\vec{v},\ \vec{B}\perp\vec{v}$
**4)** $\vec{E}\|\vec{B},\ \vec{E}\|\vec{v},\ \vec{B}\|\vec{v}$

164. Радиостанция работает на частоте 60 МГц. Определите длину электромагнитных волн, излучаемых антенной радиостанции.
3) 0,5 м 3) 6 м
4) 5 м 4) 10 м

165. Какое утверждение верно?
В теории электромагнитного поля Максвелла
А — переменное электрическое поле является источником вихревого магнитного поля.
Б —переменное магнитное поле является источником вихревого электрического поля
1) только А 2) только Б 3) и А, и Б 4) ни А, ни Б

167. Сколько утверждений относительно вынужденных колебаний Вы считаете верным?
А) Для диссипативной системы $\omega_{рез}$ несколько меньше собственной циклической частоты $\omega_{рез} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$.
Б) Амплитуда вынужденных колебаний прямо пропорциональна амплитуде вынуждающей силы $F_0$ и уменьшается с увеличением коэффициента затухания $\beta$.
В) Явление возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении циклической частоты вынуждающей силы к значению $\omega_{рез}$ называется явлением резонанса.
Г) Для консервативной системы резонансная и собственная частоты совпадают $\omega_{рез} = \omega_0$.
1) А, Б; 2) А,В,Г; 3) А,Б,В,Г; 4) Б,В,Г.

168. Уравнение движения пружинного маятника

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m}\cdot\frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = 0$$

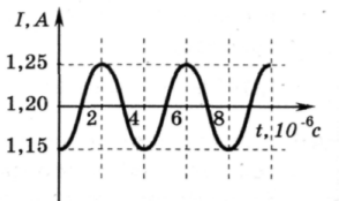
является дифференциальным уравнением ...
1) вынужденных колебаний;
2) свободных затухающих колебаний;
3) свободных незатухающих колебаний;
4) свободных гармонических колебаний.

169. Максимальное напряжение на конденсаторе при колебаниях в контуре равно 50 В, емкость конденсатора равна 0,1 мкФ, индуктивность–1 мГн. Уравнение колебаний заряда на конденсаторе имеет вид:

1) $q = 50\cos\left(10^{-5}t\right)$(мкКл) 2) $q = 5\cos 10^5 t$ (мкКл)

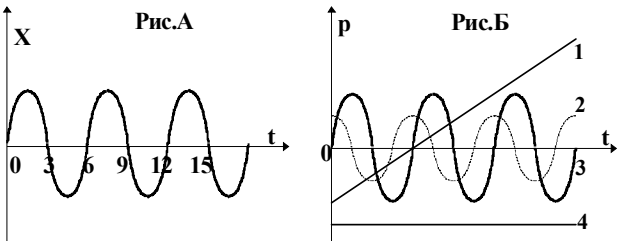
3) $q = 50\cos\left(10^5 \pi t\right)$(мкКл) 4) $q = 5\cos\left(2\cdot 10^5 \pi t\right)$(мкКл)

170. На рисунке показан график колебаний силы тока в колебательном контуре с антенной. Определите длину электромагнитной волны, излучаемой антенной.




1)$1{,}2\times10^3$м; 2) $0{,}83\times10^{-3}$ м; 3)$7{,}5\times10^2$м; 4) $6\times10^2$ м

171. На рис. А представлен график зависимости координаты тела от времени при гармонических колебаниях. Какой из графиков на рис. Б выражает зависимость импульса колеблющегося тела от времени?




1) 1; 2)2; 3) 3; 4) 4.

172. Укажите вид энергии идеального колебательного контура в начальный момент времени t = 0 и через 1/2 часть периода после начала разряда конденсатора? В начальном состоянии конденсатор полностью заряжен.

1) магнитная;
2) электрическая и магнитная в равных соотношениях;
3) электрическая ;

4) энергия равна нулю.

173. Уравнение колебаний груза на пружине имеет вид:

$$\boldsymbol{x} = 10\sin\left(2\pi\boldsymbol{t} + \frac{\pi}{4}\right)(\text{см}) \ .$$

Максимальное смещение и максимальная скорость груза равны, соответственно…
1) 10 см и 6,28 м/с;
2) 628 см и 10 м/с;
3) 10 см и 10 м/с;
4) 10 см и 0,625 м/с.

174. Из приведенных выражений уравнением бегущей волны является…

1) $\xi = \frac{A_o}{r}\cos(\omega t - kr)$

2) $\xi = A_o e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi_o)$

3) $\xi = A\cos(\omega t + \varphi_o)$

4) $\xi = 2A\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\cos\omega t$

5) $\xi = A\cos(\omega t - kx)$

175. Для сферической волны справедливо утверждение...
1) волновые поверхности имеют вид параллельных друг другу плоскостей;

2) амплитуда волны обратно пропорциональна расстоянию до источника колебаний (в не-поглощающей среде);
3) амплитуда волны не зависит от расстояния до источника колебаний (при условии, что поглощением среды можно пренебречь);
4) амплитуда волны пропорциональна расстоянию до источника колебаний.

176. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение 100 см/с. Период колебаний равен
1) 0,1 $\pi$ с;
2) 0,2 $\pi$ с;
3) 1с;
4) 10 с.

177. Конденсатор емкости $C$ включают в цепь переменного тока с напряжением, меняющимся по закону $U = U_0 \sin\omega t$. По какому закону будет меняться ток $I$ через конденсатор?

1) $I = U_0\omega C\cos\omega t;$
2) $I = U_0\omega\sin\omega t;$
3) $I = U_0\omega C\cos(\omega t + \pi/4);$
4) $I = U_0\omega C\sin(\omega t + \pi/4);$
5) $I = -U_0\omega C\cos\omega t;$
6) $I = -U_0\omega C\sin\omega t.$

178. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми частотами и равными амплитудами $A_0$. При разности фаз $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ амплитуда результирующего колебания равна…

1) 0; 2) $2A_0$; 3) $A_0\sqrt{3}$; 4) $A_0\sqrt{2}$.

179. В газовой среде распространяются…

1) только поперечные волны; 2) только продольные волны; 3) продольные и поперечные волны; 4) в газовой среде волны распространяться не могут.

180. Бегущая волна…

1) переносит вещество;
2) переносит массу;
3) не переносит импульс;
4) переносит энергию .

181. Скорость звука в воде 1450 м/с. На каком расстоянии находятся две ближайшие точки, совершающие колебания в противоположных фазах, если частота колебаний $\nu$ = 725 Гц.

1) 0,5 м; 2) 1 м; 3) 2 м; 4) 4 м.

182. На какие вопросы Вы ответите «да»:

1) Гармонические колебания являются периодическими?
2) В реальном колебательном контуре всегда присутствуют потери энергии?
3) Возможно ли сложение колебаний?
4) Изменяется ли амплитуда при гармонических колебаниях?

1) 4, 1; 2)1, 3; 3) 1, 2, 3; 4) 3, 4.

183. Два гармонических колебания, направленных по одной прямой и имеющих одинаковые периоды и амплитуды складываются в одно колебание той же амплитуды. Разность фаз складываемых колебаний равна…

1) $\pi$;
2) 1/3 $\pi$;
3) 2/3 $\pi$;
4) 2 $\pi$.

184. В уравнении гармонического колебания $x = A\cos(\acute{\omega}t + \varphi_0)$ величина, стоящая под знаком косинуса, называется

1) фазой
2) начальной фазой
3) смещением от положения равновесия
4) циклической частотой

185. Точка участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и описываемых уравнениями $x = A\sin(\omega t + \pi/2)$ и $y = A\sin\omega t$. Траектория точки представляет собой…

1) эллипс;
2) окружность радиусом R = A;
3) окружность радиусом R = 2A;

4) прямую.

186. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью v = $2{,}4\cdot10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в этой среде, если их частота в вакууме равна 1,2 МГц?

1) 100 м; 2) 200 м; 3) 300 м; 4) 50 м.

187. В твердых телах распространяются…
1) только поперечные волны;
2) только продольные волны;
3) продольные и поперечные волны.
4) в твердых телах волны распространяться не могут.

188. Для интерференции двух волн необходимы и достаточны…

1) постоянная для каждой точки разность фаз и одинаковое направление колебаний;
2) одинаковая частота и одинаковое направление колебаний;
3) одинаковая амплитуда и одинаковая частота колебаний.
4) постоянная разность фаз и одинаковая частота колебаний.

189. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A$ = 4 см и периодом $T$ = 2 с. Если смещение точки в момент времени, принятый за начальный, равно нулю, то точка колеблется в соответствии с уравнением (в СИ)…
1) $x = 0{,}04\ sin2t$; 2) $x = 0{,}04\ cos\pi t$; 3) $x = 0{,}04\ sin\pi t$; 4) $x = 0{,}04\ cos2t$.

190. Материальная точка совершает гармонические колебания по закону $x = 0{,}3\cos\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$

Уравнение скорости имеет вид:

1) $\upsilon = 0{,}3\sin\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$ 2) $\upsilon = -0{,}2\pi\sin\left(\frac{2\pi}{3}t - \frac{\pi}{4}\right)$

3) $\upsilon = 0{,}2\pi\sin\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$ 4) $\upsilon = -0{,}2\pi\sin\left(\frac{2\pi}{3}t + \frac{\pi}{4}\right)$

191. Уравнение бегущей вдоль оси x волны имеет вид…

1) $y = 2A\cdot\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\cos(\omega t)$ 2) $y = A\cdot\cos(\omega t + \varphi)$

3) $y = A\cos\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$ 4) $y = A\cdot\cos\left\{\omega\left(t - \frac{x}{\lambda}\right)\right\}$

192. В результате сложения двух колебаний , период одного из них T = 0,02 с, получают биения с периодом $T_б$ = 0,2 с. Частота второго складываемого колебания равна…

1) 2 Гц; 2) 45 Гц; 3) 100 Гц; 4) 135 Гц.

193. Как изменится период собственных колебаний контура, если его индуктивность увеличить в 20 раз, а емкость уменьшить в 5 раз?
1) Увеличится в 2 раза
2) Уменьшится в 2 раза
3) Увеличится в 4 раза
4) Уменьшится в 4 раза

194. В цепь колебательного контура, содержащего катушку индуктивностью L = 0,2 Гн и активным сопротивлением R = 9,7 Ом, и конденсатор емкостью C = 40 мкФ, подключено внешнее переменное напряжение. Разность фаз между током и внешним напряжением $\varphi$ равна…
1) $60^0$; 2) $-60^0$; 3) $45^0$; 4) $-45^0$.

195. Вынужденные колебания заряда конденсатора в колебательном контуре описываются уравнением...
1) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$ 2) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = \frac{U_0}{L}\cos\omega t$
3) $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\cdot\frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC}q = 0$

196. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси OX со скоростью 500 м/с, имеет вид $\xi = 0{,}01 \sin(10^3 t - 2x)$. Циклическая частота $\omega$ равна…
1) 0,001 $с^{-1}$; 2) 159 $с^{-1}$; 3) 1000 $с^{-1}$; 4) 100 $с^{-1}$.

197. Укажите единицу измерения плотности потока электромагнитной энергии.
1) В·А/$м^2$; 2) В·А·с ·$м^2$; 3) В· А · $м^2$; 4) В· А · м.

198. Из приведенных выражений уравнением стоячей волны является…
1) $\xi = \frac{A_o}{r}\cos(\omega t - kr)$ 4) $\xi = 2A\cos\frac{2\pi x}{\lambda}\cos\omega t$
2) $\xi = A_o e^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi_o)$ 5) $\xi = A\cos(\omega t - kx)$
3) $\xi = A\cos(\omega t + \varphi_o)$

199. Различные виды электромагнитных излучений:
1) видимый свет; 2) радиоволны; 3) инфракрасное излучение;
4) ультрафиолетовое излучение; 5) рентгеновские лучи; 6) $\gamma$ - лучи –
расположите в порядке уменьшения длины волны:
1) 2,3,1,4,5,6; 2) 2,1,3,4,6,5; 3) 6,5,4,3,2,1; 4) 5,1,4,3,2,6.

200. Если вектор E ориентирован вдоль положительного направления оси OX, а вектор H вдоль отрицательного направления оси OУ, то вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован:

1) вдоль отрицательного направления оси OZ;
2) вдоль положительного направления оси OZ;
3) вдоль отрицательного направления оси OX;
4) вдоль положительного направления оси OX.

*Критерии оценивания:* правильность ответов
*Правила оценивания:*
Правильный ответ – 1 балл
Неправильный ответ, ответ с ошибкой – 0 баллов

Составил: Коршунов И.Г., д.ф.-м.н., профессор

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТА ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
для зачета

дисциплина **ФИЗИКА**

**Теоретические вопросы, направленные на оценку знаний, умений и владений, формирующих компетенции ОК-7, ПКД-2**

*Примерные вопросы для подготовки к зачету*

1. Механическое движение. Пространство. Время. Материальная точка. Тело отсчета. Система отсчета.
2. Траектория. Путь. Перемещение. Мгновенная скорость. Средняя скорость перемещения. Средняя путевая скорость.
3. Ускорение: мгновенное, среднее, центростремительное.
4. Равномерное и равнопеременное движения. Свободное падение тел. Уравнения этих движений в векторном и скалярном виде.
5. Кинематика вращательного движения. Основные понятия: угловое перемещение, угловая скорость, угловое ускорение.
6. Связь линейных и угловых кинематических характеристик: перемещение и угловое перемещение; скорость и угловая скорость; ускорение и угловое ускорение. Полное ускорение при криволинейном движении.
7. Динамика (определение). Сила. Принцип суперпозиции.
8. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Инерция. Инертность.
9. Второй закон Ньютона. Масса. Импульс тела. Импульс силы.
10. Третий закон Ньютона. Силы в механике: гравитационные и силы электромагнитной природы (упругие и силы сопротивления).
11. Принцип относительности Галилея. Закон сложения скоростей в классической механике.
12. Основные характеристики динамики вращательного движения: момент силы; момент импульса. Основной закон динамики для вращательного движения (вывод).
13. Момент инерции материальной точки. Расчет момента инерции тела произвольной формы на примере сплошного цилиндра.
14. Теорема Штейнера. Моменты инерции шара, сплошного и полого цилиндров, стержней.
15. Закон сохранения импульса ( вывод) и момента импульса. Механическая система. Внутренние силы, внешние силы. Замкнутая механическая система.
16. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Закон сохранения импульса для этих случаев.
17. Работа. Мощность. Механическая энергия. Кинетическая, потенциальная, полная механическая энергия.
18. Вывод теоремы об изменении кинетической энергии для поступательного и вращательного движений.

19. Потенциальная энергия. Консервативные и неконсервативные силы. Работа консервативной силы по замкнутой траектории.
20. Теорема об изменении потенциальной энергии. Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h, и упруго деформированного тела.
21. Фундаментальная связь между консервативной силой и потенциальной энергией. Условие равновесия тел, находящихся в поле консервативных сил.
22. Закон изменения механической энергии. Закон сохранения механической энергии.

23. Статистический и термодинамический методы описания свойств макросистем.
24. Термодинамические параметры.
25. Основные положения МКТ . Идеальный газ.
26. Давление газа. Вывод основного уравнения МКТ. Закон Дальтона.
27.Температура. Термодинамическая температура.
28. Уравнение состояния ИГ (ур-е Менделеева-Клапейрона)
29. МК толкования термодинамической температуры.
30. Опытные газовые законы.
31.Число степеней свободы молекул. Закон равномерного распределения молекул по степеням свободы.
32. Распределение Максвелла.
33. Барометрическая формула ( зависимость давления в атмосфере от высоты).
34. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле.
35. Среднее число столкновения и средняя длина свободного пробега молекул.
36. Явление переноса в термодинамически неравновесных условиях. Опытные законы теплопроводности, диффузии, внутреннего трения.
37. Внутренняя энергия газа. Теплота и работа.
38. Первое начало термодинамики. Работа расширения ИГ.
39. Теплоемкость газов. Молярная теплоемкость при постоянных давлении и объеме ($C_p$ и $C_v$).
40. Применение 1 начала термодинамики к изопроцессам.
41. Адиабатный ( политропный процесс)
42. Работа в адиабатном процессе.
43. Цикл Карно. Термический КПД цикла.
44. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия S. Приведенное количество теплоты. Неравенство Клаузиуса.
45. Термодинамическая вероятность W состояния. Принцип возрастания энтропии. Связь S и W (формула Больцмана). Статистическое толкование энтропии.
46. Изменение энтропии при некоторых обратимых процессах.
47. Второе начало термодинамики. Статистическое толкование второго начала ТД

48.Электрический заряд. Элементарный заряд. Закон Кулона.
49.Электрическое поле в вакууме. Принцип суперпозиции полей. Закон сохранения электрического заряда.
50.Напряженность электрического поля в вакууме. Принцип суперпозиции полей. Напряженность поля точечного заряда.
51.Теорема Гаусса для электростатического поля (вывод).
52.Применение теоремы Гаусса к расчету поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной плоскостью. Поле, создаваемое двумя бесконечными разноименно заряженными плоскостями.
53.Применение теоремы Гаусса к расчету поля, создаваемого бесконечной равномерно заряженной нитью.
54.Применение теоремы Гаусса к расчету напряженности поля равномерно заряженной сферы.

55.Работа электростатического поля при перемещении точечных зарядов.
2. Потенциал. Потенциал поля системы точечных зарядов.
3. Связь между напряженностью поля и потенциалом.
4. Эквипотенциальные поверхности.
5. Расчет потенциала бесконечно одноименно заряженной плоскости и разности потенциалов между заряженными плоскостями.
6. Формула для расчета разности потенциалов между двумя точками поля. Разность потенциалов между двумя точками, находящимися на расстоянии $r_1$ и $r_2$ от оси равномерно заряженной нити.
7. Расчет поля равномерно заряженной сферической поверхности.
8. Электрический диполь. Диполь в однородном и неоднородном электрическом полях.
9. Диэлектрики. Свободные и связанные заряды. Поляризация диэлектриков. Типы диэлектриков.
10. Поляризованность. Напряженность поля в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость ε.
11. Теорема Гаусса для диэлектриков. Вектор электрической индукции
12. Проводники в электрическом поле. Распределение зарядов на проводнике в отсутствии поля. Напряженность поля вблизи поверхности проводника.
13. Электроемкость уединенного проводника. Электроемкость уединенного шара.
14. Плоский конденсатор и его электроемкость. Соединение конденсаторов.
15. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии.
16. Постоянный электрический ток, его характеристики и условия существования. Основные определения.
17. Сторонние силы в электрической цепи. Источники тока. Электродвижущая сила. Разность потенциалов, напряжение.
18. Закон Ома в интегральной и дифференциальной форме для однородного участка цепи.
19. Закон Ома для неоднородного участка и замкнутой цепи.
20. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
21. Правила Кирхгофа.
22. Магнитное поле и его характеристики.
23. Сила Лоренца. Действие магнитного поля на движущийся заряд.
24. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции.
25. Применение закона Б-С-Л- и принципа суперпозиции для расчета магнитных полей. Индукция магнитного поля, создаваемого прямым проводником с током.
26. Графическое изображение магнитных полей.
27. Сила Ампера. Взаимодействие двух параллельных токов.
28. Теорема Гаусса для вектора магнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции.
29. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля.
30. Применение теоремы о циркуляции к расчету магнитного поля соленоида.
31. Вихревой характер магнитного поля.
32. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле. Механический момент сил, действующий на рамку с током в магнитном поле.
33. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея.
34. Закон Фарадея. Правило Ленца.
35. Явление самоиндукции.
36. Индуктивность длинного соленоида.
37. Влияние самоиндукции на ток при замыкании и размыкании.
38. Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля.
39. Типы магнетиков. Магнитное поле в веществе.
40. Диамагнетики. Спин.
41. Орбитальный диамагнетизм.
42. Парамагнетики.

43. Магнитоупорядоченные вещества. Антиферромагнетики. Ферриты.
44. Ферромагнетики.
45. Основные положения электромагнитной теории Максвелла. Первое уравнение Максвелла. Вихревой характер электрического поля, возникающего при электромагнитной индукции.
46. Второе уравнение Максвелла. Ток смещения.
47. Полная система уравнений Максвелла в интегральной форме. Материальные уравнения.

102. Гармонические колебания и их характеристики: амплитуда, фаза, частота, период колебаний. Единицы измерения.
103.Кинематика колебательных процессов: скорость, ускорение. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Гармонический осциллятор.
104.Энергия колебательного процесса: кинетическая, потенциальная, полная энергия.
105.Колебательный контур. Дифференциальное уравнение свободных незатухающих электромагнитных колебаний.
106.Сила тока в идеальном колебательном контуре. Напряжение на конденсаторе. Колебания заряда и энергии на различных стадиях колебательного процесса.
107.Дифференциальное уравнение затухающих механических колебаний и его решение. Коэффициент затухания.
108. Дифференциальное уравнение затухающих электромагнитных колебаний и его решение. Коэффициент затухания. Время релаксации. Логарифмический декремент затухания.
109.Добротность колебательного контура.
110.Векторная диаграмма. Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты.
111.Биения.
112.Сложение взаимно перпендикулярных колебаний одинаковой частоты.
113.Сложение взаимно перпендикулярных колебаний разных частот. Фигуры Лиссажу.
114.Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных механических колебаний.
115.Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение вынужденных электромагнитных колебаний.
116.Сила тока в контуре при установившихся вынужденных колебаниях.
117.Резонанс напряжений.
118.Резонанс токов.
119.Механизм образования и распространения механических волн в упругой среде. Продольные и поперечные волны. Длина волны, волновой фронт, волновая поверхность.
120.Уравнение плоской и сферической механической волны. Волновое число.
121.Волновое уравнение. Вывод.
122.Электромагнитные волны.
123.Уравнение электромагнитной волны. Фазовая скорость электромагнитной волны. Поперечность ЭМВ.
124.Энергия электромагнитной волны. Давление ЭМВ.
125.Стоячая волна. Уравнение стоячей волны. Узлы и пучности. Отражение волны от менее плотной и от более плотной среды.

| *Критерии оценивания:* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Полнота ответа на вопрос | 0-3 |
| Последовательность ответа на вопрос | 0-2 |
| Степень использования и понимания теоретических (научных) источников | 0-2 |
| Демонстрация умения анализировать материал | 0-1 |

| | |
|---|---|
| Соблюдение норм литературной речи | 0-1 |
| Использование профессиональной лексики | 0-1 |

*Критерии оценки:*

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он набрал 9-10 баллов

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он набрал 7-8 баллов

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 5-6 баллов

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-4 балла.

Автор: Коршунов И.Г., д.ф-м.н., профессор.

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

# ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ С ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИМ УКЛОНОМ

для зачета

дисциплина **ФИЗИКА**

**Задачи по физике с горно-техническим уклоном, направленные на оценку знаний, умений и владений, формирующих компетенции ОК-7, ОПК-2**

1.Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.

2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением 1,2 м/с2 , останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?

3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.

4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.

5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?

6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой $S= 800 + 8t – 0,5\ t^2$, м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости?

8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.

9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.

10. На горизонтальной платформе шахтной клети находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением 3 м/$^2$ , при спуске с ускорением 9,8 м/с$^2$.

11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона 30° . Коэффициент трения 0,3.
13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. =736 Вт). Определить коэффициент трения.
14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением 0,5 м/$^2$, если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна 30°.
15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона 5°.
16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$.Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.
17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?
18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки 1,2 кН·м. Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом 0,6 м, жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен 0,5.
19. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.
20. Была произведена работа в 1 кДж, чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой 8с$^{-1}$.Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?
21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу 5кг и катятся со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.
22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1м.
23. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?
25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом 0,4м и имеющий массу 100 кг, был раскручен до 480 оборотов в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 80 с. Определить момент сил трения.
26. Какой объем занимает 1 кг водорода при давлении 106 Па и температуре 20°С? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью 100 л. Найти массу кислорода, если его давление 12 МПа и темпера-тура 16°С. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.
28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет $7 \cdot 10^5$ Па, а давление у воздухоприемников $6 \cdot 10^5$ Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна 27°С и 7°С. Молярная масса воздуха равна 0,029 кг/моль.
29. Стальной баллон емкостью 25 л наполнен ацетиленом $C_2 H_2$ при температуре 27° С до давления 20 МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена из-асходована, если давление в баллоне при температуре 23°С стало равным 14 МПа ? Молярная масса ацетилена 0,026 кг/моль.
30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°С. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450° С. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа.
31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем 2600° С, если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно $10^5$ Па, а начальная температура 17° С?
32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы 100 л воздуха в секунду при давлении 1 атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо 100 $см^3$ воздуха в секунду при давлении 50 атм ?
33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти 800° С. До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление 1 атм, начальная температура 80°С, $\gamma$=1,4?
34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до $10^{-15}$ мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме 1 $см^3$ при указанном давлении и температуре 27° С ?
35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана $CH_4$ до взрыва и после него, если температура до взрыва равна 20° С, а после него 2600° С. Молярная масса 0,016 кг/моль.
36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 4 г кислорода.
37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода СО, принимая этот газ за идеальный.
38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.
39. Какое количество теплоты для нагревания от 50°С до 100° С надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?

40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его 47° С, а объем увеличился в 10 раз.
41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600° С до 2000° С. Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны 1,25 кДж/(кг·К) и 0,96 кДж/(кг·К).
42. Определить мощность на валу компрессора производительностью 25 $м^3$ в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.
43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя 227° С. Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.
44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится ежечасно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при 9° С. Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?
45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?
46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.
47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит 0,02Кл заряда. Ширина ремня 0,3м, скорость его движения 20 м/с. Какой заряд проходит ежесекундно через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?
48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом $6 \cdot 10^3$ км и зная, что напряженность поля около поверхности равна 100 В/м.
49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ, заряд каждой пластины 10 нКл. Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 2 см.
50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами 15 кВ, расстояние 1 мм, диэлектрик слюда ($\varepsilon$= 6), площадь каждой пластины 300 $см^2$ ?
51. Какую работу надо совершить , чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от 0,03 м до 0,1 м? Площадь пластин 100 $см^2$. Конденсатор подключен к источнику напряжения 220 В.
52. Камнедробилка должна работать под напряжением 100 В, потребляя ток в 40 А. Напряжение на электростанции 120 В, а расстояние до нее 1 км. Определить сечение медных соединительных проводов ( $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом м).

53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром 1,5 мм для изготовления спирали вулканизатора , применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали 5,5 Ом, а удельное сопротивление нихрома $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом м?
54. Цена деления прибора $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ А /дел. Шкала прибора имеет 200 делений, его внутреннее сопротивление 100 Ом. Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до 200 В или ток до 4 А?
55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре $30^0$ С. Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции 400 м. Площадь сечения проводов 0,8 $мм^2$, $\rho$ = 0,017(Ом· $мм^2$ /м ), $\alpha$ = 0,0044 град-1.

56. ЭДС батареи 12 В, ток короткого замыкания 5 А. Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?

57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе 5 А она дает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе 8 А мощность 14,4 Вт.

58. Ток в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от 0 до 10 А в течение 30 с. Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 50 А. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние 5 см от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром 10 см, если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на 38° при токе 0,2 А. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля 12,8 А /м . Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли, если обмотка тангенс–буссоли имеет 10 витков радиусом 25 см. При токе 0,64 А стрелка отклоняется на угол 45°.

63. Плоский контур площадью 20 см ² находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл. Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол 60° с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром 51 см и вакуумным зазором 2 мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида 800.

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита , если проводник массой 10 г и длиной 1м при токе в нем 19,6 А висит в поле , не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл движется проводник длиной 10 см со скоростью 15 м /с, направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит 800 витков. Площадь сечения сердечника 15 $см^2$, Индукция магнитного поля в сердечнике 1,4 Тл. Вычислить величину средней ЭДС , возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение 0,001с.

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения 10 $см^2$, длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника
0,56м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с амплитудой 5 мм и частотой 1500 мин$^{-1}$. Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой 45 мин$^{-1}$. Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов 1200 мин$^{-1.}$ Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота 7 с$^{-1}$.

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x = 0{,}5\sin t$, $y = 2\cos t$. Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону
$x = 5\sin 3140t$ (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний $y = 0{,}1\sin 0{,}5\pi t$ (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет $2{,}3 \cdot 10^3$ кг/м$^3$.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону $y = 10^{-6}\sin 10^4 \pi t$ (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25см, в момент времени $10^{-4}$ с. Скорость волны $5 \cdot 10^3$ м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см$^2$ и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см$^2$.

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен $2{,}5 \cdot^{10\text{-}6}$ Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см$^2$ имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 см$^2$ каждая, рас-стояние между пластинами 5 мм, диэлектрик -воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 25 нФ. На обкладках конденсатора сосредоточен заряд 2,5 мкКл. Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за 1 мс уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2{,}5 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний 1 МГц?

93. Катушка с индуктивностью 30 мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 0,01 м$^2$ и расстоянием между ними 0,1 мм. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м.

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 80 пФ и катушки индуктивностью 0,5 мГн. Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 300 В. На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением $U = 50\cos 10^4 \pi t$(В). Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от 12 пФ до 80пФ и катушки с индуктивностью 1,2 мГн. Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура 0,5 мГн. Какова должна быть электроемкость контура, чтобы он резонировал на длину волны 300 м?

98. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 $см^2$ имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 $см^2$ каждая, расстояние между пластинами 5 мм, диэлектрик -воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить частоту 1000 Гц?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 $см^2$ каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

| *Критерии оценивания решения задач по физике с горно-техническим уклоном* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Правильность полученного ответа задачи | 0-1 |
| Полнота ответа на заданные преподавателем вопросы по решению по задачи | 0-3 |
| Использование профессиональной терминологии пи обсуждении с преподавателем решения задачи | 0-1 |
| Итого | 0-5 |

*Критерии оценки:*

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он набрал 5 баллов

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он набрал 4 балла

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 3 баллов

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-2 балла.

Составил: Коршунов И.Г., д.ф-м.н., профессор.

ГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

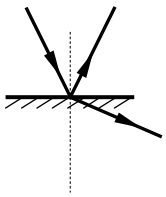
# ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ
для экзамена

дисциплина **ФИЗИКА**

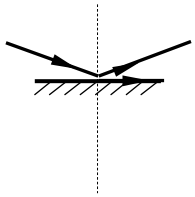
**Тестовые задания для экзамена направленные на оценку знаний и умений, формирующих компетенции ОК-7 и ПКД-2**

1. Укажите, на каком рисунка показан ход лучей при полном внутреннем отражении при падении света под углом, меньшим предельного.

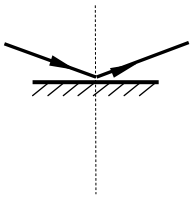
*а*)



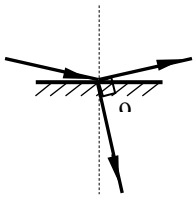
*б*)



*в*)



*г*)



1)*а*; 2) *б*; 3) *в*; 4) *г*.

2. Почему окраска одного и того же места поверхности мыльного пузыря непрерывно меняется? Поясните ответ.

1) Изменяется концентрация мыльного раствора.
2) Изменяется угол падения лучей на пленку.
3) Изменяется толщина пленки пузыря.
4) Изменяется коэффициент отражения пленки пузыря.

3. Как зависит число дифракционных максимумов, создаваемых дифракционной решеткой, от числа щелей, приходящихся на единицу длины?

1) Не зависит от числа щелей;
2) увеличивается с увеличением числа щелей;
3) уменьшается с увеличением числа щелей;
4) может как увеличиваться, так и уменьшаться.

4. Укажите формулу закона Малюса для прохождения линейнополяризованного света через поляризатор.

1) $I = \frac{1}{2} I_0$;

2) $I = \frac{1}{2}(1 - \eta) I_0$;

3) $I = I_0 \cos^2 \varphi$;

4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$;

5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1 - \eta)^2 \cos^2 \varphi$.

Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.

5. При попадании солнечного света на капли дождя образуется радуга. Это объясняется тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, которые каплями воды по-разному

1) преломляются;
2) поляризуются;
3) отражаются;
4) поглощаются.

6. В каком случае излучение наиболее близка к тепловому равновесному?

1) Свечение фосфора при медленном излучении в воздухе;
2) свечение разреженного газа при пропускании через него электрического тока;
3) свечение нагретого металла, вынутого из печи;
4) свечение нагретого металла, находящегося в печи.

7. Укажите формулу, представляющую собой закон Кирхгофа.

1) $\lambda_m = \frac{b}{T}$;

2) $\frac{r(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T) = r_0(\lambda, T)$;

3) $R_э = \sigma T^4$;

4) $R_э = \varepsilon(T) \sigma T^4$.

Здесь $r_0(\lambda, T)$ – спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

8. На рисунке представлены две вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента. Если $E$ – освещенность фотокатода, а $\nu$ – частота падающего света, то для кривых 1 и 2 справедливы следующие утверждения…

5) 1) $\nu_1 > \nu_2$; $E_1 = E_2$;
6) 2) $\nu_1 = \nu_2$; $E_1 > E_2$;
7) 3) $\nu_1 < \nu_2$; $E_1 = E_2$;
8) 4) $\nu_1 = \nu_2$; $E_1 < E_2$.

9. Эффект Комптона наблюдается

1) во всех спектральных областях;
2) в рентгеновской области;
3) в видимой области;
4) в инфракрасной области.

10. На одной щели можно наблюдать

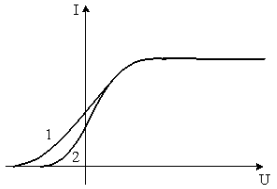
1) только дифракцию Френеля ;
2) только дифракцию Фраунгофера;
3) и дифракцию Френеля, и дифракцию Фраунгофера при разных условиях наблюдения;
4) дифракцию наблюдать невозможно.

11. Укажите формулу закона Малюса для прохождения естественного света через поляризатор без учета поглощения света поляризатором.

1) $I = \frac{1}{2} I_0$; 2) $I = \frac{1}{2}(1-\eta) I_0$;

3) $I = I_0 \cos^2 \varphi$; 4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$;

5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1-\eta)^2 \cos^2 \varphi$. Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.




12. Узкий пучок белого света в результате прохождения через стеклянную призму расширяется, и на экране наблюдается разноцветный спектр. Это явление объясняется тем, что призма

1) по-разному поглощает свет с различными длинами волн;
2) окрашивает белый свет в различные цвета;
3) преломляет свет с разной длиной волн по-разному, разлагая его на монохроматические составляющие;
9) изменяет частоту волн.

13. Какое утверждение противоречит закону Кирхгофа для теплового излучения?

1) При тепловом равновесии спектральный состав излучения не зависит от свойств тел.

2) При тепловом равновесии абсолютно черное тело излучает с единицы поверхности больше энергии, чем любое нечерное.
3) Чем больше поглощательная способность тела, тем больше его излучательная способность.
4) Для всех тел отношение излучательной способности к поглощательной способности для одних и тех же длин волн зависит только от температуры.

14. Укажите формулу, представляющую собой закон Вина для абсолютно черного тела..

1) $\lambda_m = \frac{b}{T}$;
2) $\frac{r(\lambda,T)}{a(\lambda,T)} = f(\lambda,T) = r_0(\lambda,T)$;
3) $R_э = \sigma T^4$;
4) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$.

Здесь $r_0(\lambda,T)$ – спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

15. Внешний фотоэффект в металле вызывается монохроматическим излучением. При увеличении интенсивности этого излучения в 2 раза максимальная скорость фотоэлектронов, покидающих металл...

1) увеличится в 4 раза;
2) увеличится в 8 раз;
3) увеличится в $\sqrt{2}$ раз;
4) увеличится в 2 раза;
5) не изменится.

16. При прохождении через границу раздела двух сред измерены два угла падения $\alpha_1$, и $\alpha_2$ и два соответствующих им угла преломления $\gamma_1$ и $\gamma_2$. О соотношении этих углов можно утверждать, что

1) $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$;
2) $\frac{\alpha_1}{\gamma_1} = \frac{\alpha_2}{\gamma_2}$;
3) $\frac{\sin\alpha_2}{\sin\alpha_1} = \frac{\sin\gamma_1}{\sin\gamma_2}$;
4) $\frac{\sin\alpha_1}{\sin\gamma_1} = \frac{\sin\alpha_2}{\sin\gamma_2}$.

17. Радужные пятна на поверхности воды, покрытой тонкой пленкой бензина, объясняются...

1) дифракцией света;
2) дисперсией света;
3) интерференцией света;
4) поляризацией света.

18. Что такое дифракция света?

1) Разложение света на монохроматические составляющие при преломлении в призме;

2) изменение направления распространения света при переходе из одной среды в другую;
3) огибание светом препятствий;
4) перераспределение интенсивности света с образованием чередующихся максимумов и минимумов.

19. Укажите формулу закона Малюса для прохождения естественного света через поляризатор с учетом поглощения света поляризатором.

1) $I = \frac{1}{2} I_0$;
2) $I = \frac{1}{2}(1-\eta) I_0$;
3) $I = I_0 \cos^2 \varphi$;
4) $I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \varphi$;
5) $I = \frac{1}{2} I_0 (1-\eta)^2 \cos^2 \varphi$.

Здесь везде $\eta$ – коэффициент поглощения света поляризатором.

20. Температура абсолютно черного тела 727 K. Какой цвет будет преобладать при наблюдении этого тела?

1) Фиолетовый;
2) белый;
3) красный;
4) излучение в видимой области отсутствует.

21. Укажите формулу, представляющую собой формулу Планка для спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела.

1) $r(\lambda, T) = \frac{dR_э}{d\lambda}$;
2) $r(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp(hc/\lambda kT) - 1}$;
3) $\frac{r(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = f(\lambda, T) = r_0(\lambda, T)$;
4) $R_э = \int_0^\infty r(\lambda, T) d\lambda$.

Здесь $r_0(\lambda, T)$ – спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

22. Красная граница фотоэффекта приходится на зеленый свет. Фотоэффект будет наблюдаться при освещении катода светом...

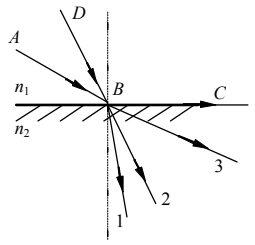
1) любым;
2) желтым;
3) красным;
4) фиолетовым.

23. На черную поверхность перпендикулярно к ней падает свет. Импульс, переданный поверхности при отражении одного фотона, равен

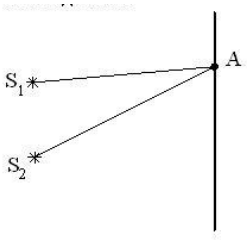
1) $\frac{h\nu}{c}$; 2) $\frac{hc}{\lambda}$; 3) $mc^2$; 4) $\frac{2h\nu}{c}$.

24. Луч *AB* преломляется в точке *B* на границе раздела двух сред с показателями преломления $n_1 > n_2$ и идет по пути BC (см. рисунок). Если изменить угол падения луча и направить падающий луч по пути *DB*, то преломленный луч

1) пойдет по пути 1;
2) пойдет по пути 2;
3) пойдет по пути 3;
4) исчезнет.




25. Для точки *A* оптическая разность хода лучей от двух когерентных источников $S_1$ и $S_2$ равна 1,2 *мкм.* Если длина волны в вакууме 600 *нм,* то в точке *A* будет наблюдаться...




1) минимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн;
2) максимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн;
3) минимум интерференции, так как разность хода равна четному числу полуволн;
4) максимум интерференции, так как разность хода равна нечетному числу полуволн.

26. Луч лазера направляется перпендикулярно плоскости дифракционной решетки. Расстояние между нулевым и первым дифракционными максимумами на удаленно) экране равно 10 см. Расстояние между нулевым и вторым дифракционными максимумами примерно равно

1) 5 см; 2) 10 см; 3) 20 см; 4) 40 см.

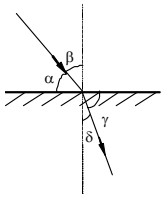
27. Суммарная мощность теплового излучения абсолютно черного тела возросла в 16 раз. Как изменится длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности?

1) Уменьшится в 16 раз;
2) уменьшится в 2 раза;
3) не изменится;
4) увеличится в 2 раза.

28. Масса фотона может быть рассчитана так:

1) $\frac{h\nu}{c^2}$; 2) $\frac{c}{\nu}$; 3) $\frac{hc}{\lambda}$; 4) $h\nu$.

29. На рисунке показаны направления падающего и преломленного лучей света на границе раздела "воздух-стекло". Показатель преломления стекла равен отношению



1) $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$; 2) $\frac{\sin\alpha}{\sin\delta}$;

3) $\frac{\sin\beta}{\sin\gamma}$; 4) $\frac{\sin\beta}{\sin\delta}$.

30. Укажите формулу, представляющую собой условие максимума при интерференции света.

1) $\Delta = d\sin\varphi$; 2) $\Delta = k\lambda$;

3) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$; 4) $\Delta = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$.

31. Что такое дисперсия света?

1) Разложение света на монохроматические составляющие при преломлении в призме;
2) изменение направления распространения света при переходе из одной среды в другую;
3) огибание светом препятствий;
4) перераспределение интенсивности света с образованием чередующихся максимумов и минимумов.

32. Согласно гипотезе Планка…

1) свет испускается и поглощается дискретными порциями (квантами);
2) свет испускается и поглощается непрерывно;
3) свет испускается непрерывно, а поглощается квантами;
4) свет испускается квантами, а поглощается непрерывно.

33. Суммарная мощность теплового излучения возросла в два раза, Как изменилась температура тела?

1) Уменьшилась в 2 раза;
2) возросла в $2^4$ раз;
3) возросла в 2 раза;
4) возросла в $\sqrt[4]{2}$ раз.

34. Укажите формулу, представляющую собой условие минимума при интерференции света.

1) $\Delta = k\lambda$; 2) $\Delta = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$;

3) $\Delta = 2dn \pm \frac{\lambda}{2}$; 4) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$.

35. Укажите формулу, представляющую собой условие максимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели.

1) $a\sin\varphi = k\lambda$; 2) $a\sin\varphi = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$; 3) $2d = k\lambda$; 4) $2dn = k\lambda$.

36. В чем причина дисперсии света? Укажите неверное утверждение

1) В том, что показатель преломления зависит от длины волны;
2) в том, что скорость распространения света разных частот различна;
3) в том, что свет с разной длиной волны по-разному поглощается веществом;
4) в том, что свет с разной длиной волны распространяется в веществе с разной скоростью.

37. Абсолютно черное тело - это тело…

1) рассеивающее все излучение, падающее на него;
2) не излучающее электромагнитные волны;
3) абсолютно черного цвета;
4) поглощающее все излучение, падающее на него.

38. Укажите формулу, представляющую собой закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела.

1) $R_э = \sigma T^4$;
2) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$;
3) $R_э = \int_0^\infty r(\lambda, T)d\lambda$;
4) $R_э = \frac{dW}{S\,dt}$

39. Укажите формулу, представляющую собой уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. .

1) $eU_з = \frac{mv_{\max}^2}{2}$; 2) $\frac{hc}{\lambda_0} = eU$; 3) $\frac{hc}{\lambda} = A_в + \frac{mv_{\max}^2}{2}$; 4) $\frac{hc}{\lambda_0} = A_в$

40. Укажите формулу, представляющую собой разность хода лучей при интерференции от двух источников.

1) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$;
2) $\Delta = d\sin\varphi$;
3) $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}$;
4) $\Delta = \frac{dx}{L}$.

41. Укажите формулу, представляющую собой условие минимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели.

1) $a\sin\varphi = k\lambda$;
2) $a\sin\varphi = (2k-1)\frac{\lambda}{2}$;
3) $2d = k\lambda$;
4) $2dn = k\lambda$.

42. Какой из законов теплового излучения относится к излучению любого тела?

1) закон Стефана–Больцмана;
2) закон Вина;
3) закон Кирхгофа;
4) формула Планка.

43. Укажите формулу, представляющую собой закон Стефана-Больцмана для нечерного тела.

1) $R_э = \sigma T^4$;  2) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$;

3) $R_э = \int_0^\infty r(\lambda, T)d\lambda$;  4) $R_э = \frac{dW}{S\,dt}$.

44. Укажите формулу, представляющую собой условие красной границы фотоэффекта. .

1) $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$;  2) $\frac{hc}{\lambda_0} = eU$;  3) $\frac{hc}{\lambda} = A_в + \frac{mv_{\max}^2}{2}$;  4) $\frac{hc}{\lambda_0} = A_в$.

45. Укажите формулу, представляющую закон связи между энергетической светимостью и спектральной плотностью энергетической светимости.

1) $R_э = \sigma T^4 \%$;  2) $R_э = \varepsilon(T)\sigma T^4$;

3) $R_э = \int_0^\infty r(\lambda, T)d\lambda$;  4) $R_э = \frac{dW}{S\,dt}$.

46. Укажите формулу, представляющую собой условие прекращения фототока при фотоэффекте..

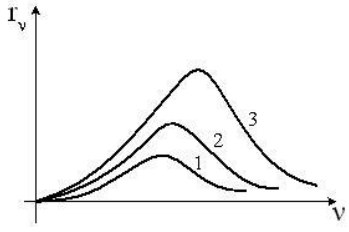
1) $h\nu = A_в + eU_з$;  2) $\frac{hc}{\lambda_0} = eU$;

3) $eU_з = \frac{mv_{\max}^2}{2}$;  4) $\frac{hc}{\lambda_0} = A_в$.

3) $L_2 - L_1 = 2k\frac{\lambda}{2}$;

4) $L_2 - L_1 = k\frac{\lambda}{2}$.

47. На рисунке представлены графики зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от частоты при различных температурах. Наибольшей температуре соответствует график.




1) 1;
2) 2;
3)3;
4) все графики соответствуют одинаковой температуре

48. Что такое фотоэффект?

1) Испускание электронов веществом при нагревании;
2) электризация вещества при трении;
3) ионизация газа под действием ионизирующего излучения;

4) испускание электронов веществом под действием света.

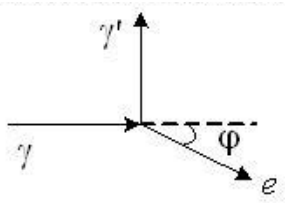
49. Дифракция Фраунгофера – это

1) дифракция в параллельных световых пучках;
2) дифракция на двух щелях;
3) дифракция в расходящихся световых пучках;
4) дифракция на решетке.

50. Явление испускания электронов веществом под действием электромагнитного излучения называется ...

1) ударной ионизацией;
2) фотосинтезом;
3)фотоэффектом;
4) электризацией.

51. На рисунке показаны направления падающего фотона (*γ)*, рассеянного фотона (γ') и электрона отдачи *(e)*. Угол рассеяния 90°, направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол $\varphi = 30^0$. Если импульс падающего фотона $p_\gamma$, то импульс рассеянного фотона равен...



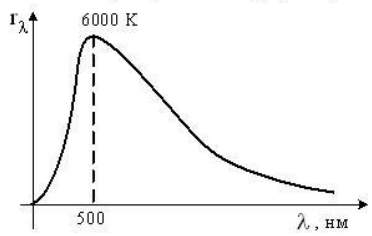

1) $1{,}5\sqrt{3}p_\gamma$;
2) $p_\gamma / \sqrt{3}$;
3) $0{,}5p_\gamma$;
4) $\sqrt{3}p_\gamma$.

52. На пути естественного света помещены две пластинки турмалина. После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован. Угол между направлениями *OO* и *O'O'* равен $45^0$, тогда отношение интенсивностей света $J_1/J_2$ равно…

1) 1;
2) 2;
3) 4;
4) 0.

53. На рисунке показана кривая зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при $T = 6000K$. Если температуру тела уменьшить в 4 раза, то длина волны, соответствующая максимуму излучения абсолютно черного тела, ...

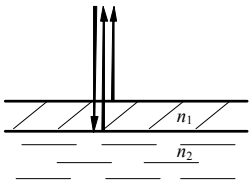
1) увеличится в 4 раза;
2) уменьшится в 2 раза;
3) увеличится в 2 раза;
4) уменьшится в 4 раза.




54. При освещении тонкой пленки параллельными лучами белого света наблюдается радужная окраска пленки. Чем это можно объяснить? Поясните ответ.

1) Пленка неоднородна по составу.
2) Пленка в разных местах имеет разную толщину.
3) Пленка в разных местах неодинаково отражает свет.
4) В пленку в разных местах добавлены различные красители.

55. На поверхность стекла нанесен тонкий слой диэлектрика. Укажите формулу для разности хода отраженных лучей, если $n_1 < n_2$.




1) $\Delta = 2dn_2$; 2) $\Delta = 2d \pm \frac{\lambda}{2}$; 3) $\Delta = 2dn_2 \pm \frac{\lambda}{2}$;

4) $\Delta = 2dn_1$; 5) $\Delta = 2dn_1 \pm \frac{\lambda}{2}$; 6) $\Delta = 2d$.

56. При каких условиях происходит фотоэффект?

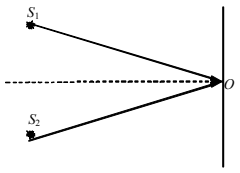
1) При любых интенсивностях и частотах света;
2) при любых интенсивностях и при частотах, превышающих некоторое минимальное значение;
3) При любых частотах и при интенсивностях, превышающих некоторое минимальное значение;
4) при условии, что частота и интенсивность превышают некоторое минимальное значение.

57. Укажите формулу для изменения длины волны рентгеновского излучения при комптоновском рассеянии.

1) $\lambda = \frac{h}{p_\gamma}$; 2) $\lambda = \frac{hc}{\nu}$;

3) $\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$; 4) $\lambda = \frac{\nu}{c}$.

58. Если $S_1$ и $S_2$ – источники когерентных волн, то разность фаз колебаний, возбуждаемых этими волнами в т. О (центральный максимум), равна...




1) π/2;
2) 2π;
3) 0;
4) π

59. Что принимается за направление колебаний в световой волне?

1) Направление колебаний вектора напряженности электрического поля $\vec{E}$.
2) Направление колебаний вектора напряженности магнитного поля $\vec{H}$.
3) Направление распространения световой волны.
4) Направление, составляющее угол 45° к направлениям колебаний векторов $\vec{E}$ и $\vec{H}$.

60. Какая из формулировок не соответствует определению теплового излучения?

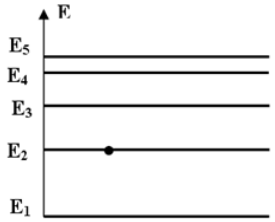
1) Электромагнитное излучение, находящееся в равновесии со стенками замкнутой полости, в которой оно заключено.
2) Свечение тела, потери энергии которого на излучение, полностью компенсируется подводом энергии за счет нагревания.
3) Электромагнитное излучение тела, температура которого поддерживается постоянной.
4) Электромагнитное излучение тела, появляющееся в результате хаотического движения частиц, из которых оно состоит.
спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела.

61. При фотоэффекте задерживающая разность потенциалов НЕ зависит от

А) Частоты падающего света.
Б) Интенсивности падающего света.
В) Угла падения света.
Какие утверждения правильны?
1) А и Б; 2) Б и В; 3) А и В; 4) А, Б и В.

62. Несостоятельность планетарной модели атомов по Резерфорду заключается в следующем:
А) Силы притяжения между электроном и ядром настолько велики, что электроны должны упасть на ядро.
Б) Спектр излучения атомов должен быть сплошным, а не линейчатым.
1) только А; 2) только Б; 3) А и Б; 4) ни А, ни Б.

63. На рисунке приведена диаграмма энергетических уровней некоторого атома. Электрон находится на втором стационарном уровне. Сколько спектральных линий могут наблюдаться в спектре поглощения этого атома?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5 .

64. В таблице приведены значения энергии для первых четырех энергетических уровней атома водорода. Излучение с наибольшей длиной волны, наблюдаемое как отдельная линия в спектре испускания водорода, может быть получено при переходе между энергетическими уровнями

| n | Энергия, $10^{-19}$ Дж |
|---|---|
| 1 | -21,8 |
| 2 | -5,3 |

| | |
|---|---|
| 3 | -2,4 |
| 4 | -1,3 |

1) с n = 4 на n = 1
2) с n=1 на n = 4
3 ) с n = 4 н а n = 3
4) с n = 3 н а n=4

65. Согласно постулатам Бора, частота электромагнитного излучения, возникающего при переходе атома из возбужденного состояния с энергией $E_1$ в основное состояние с энергией $E_o$, вычисляется по формуле (с — скорость света, $h$ — постоянная Планка)

1) $\frac{E_1+E_0}{h}$ 2) $\frac{E_1-E_0}{h}$ 3) $\frac{ch}{E_1-E_0}$ 4) $\frac{ch}{E_0+E_1}$

66. Какие утверждения справедливы в случае соотношения неопределенностей для энергии и времени?

A.) Частота излученного фотона имеет неопределенность $\Delta\nu = \Delta E/h$, т.е. линии спектра характеризуются частотой $\nu \pm \Delta E/h$ и должны быть размыты;

B) Невозможно с бесконечной точностью знать энергию частицы и время ее пребывания в этом энергетическом состоянии4

C) Если частица существует в каком то состоянии бесконечно долго, то энергия этого состояния известна точно;

Д) Зная ширину спектральной линии, можно оценить порядок времени пребывания атома в возбужденном состоянии.

1) A,B, C. 2) B, C, Д. 3) B,Д. 4) A,B,C,Д.

67. Стационарным уравнением Шредингера для линейного гармонического осциллятора является уравнение …

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$ 2) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-\frac{m\omega_0{}^2x^2}{2})\psi=0$ 4) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E+\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi=0$

68. Какие утверждения справедливы при описании состояния электрона?

A) Если орбитальное квантовое число ($l = 0$), то состояние электрона называется s - состоянием; ($l = 1$) - $p$ – состоянием; ($l = 2$) - d – состоянием.

B) Значение главного квантового числа $n$ указывается перед условным обозначением орбитального квантового числа и определяет энергетические уровни электрона в атоме:
3s ( n = 3, $l = 0$ ).

C) Орбитальное квантовое число ($l$ ) определяет момент импульса электрона в атоме:
($l = 0, 1, 2, \ldots$).

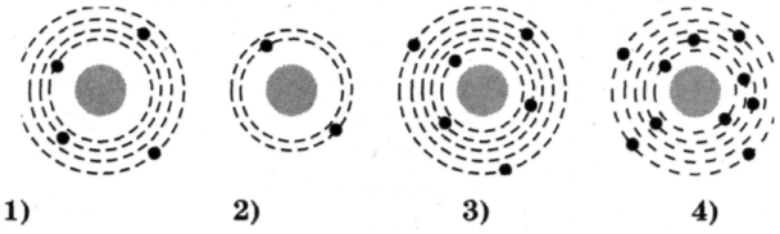
Д) Квантовые числа $n$ и $l$ характеризуют ориентацию электронного облака в пространстве.

1) A,B,Д; 2) A,B,C,Д; 3) B,C; 4) A,B,C.

69. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

1) 0,091; 1) 0,027; 3) 0,5; 4) 0,91.

9. На рисунке изображены схемы четырех атомов. Черными точками обозначены электроны. Атому $_6C^{12}$ соответствует схема




70. Атом находится в состоянии с энергией $E_1 = -3$ эВ. Минимальная энергия, необходимая для отрыва электрона от атома, равна

1)0 2) $E_1$ 3) $- E_1$ 4)- $0,5E_1$

71. Длина волны де Бройля частицы уменьшилась вдвое. Скорость этой частицы ...

1) увеличилась в 4 раза;
2) уменьшилась вдвое;
3) уменьшилась в 4 раза;
4) увеличилась вдвое;
5)не изменилась.

72. Длина волны де Бройля для электрона с кинетической энергией I кэВ равна…

1) 0,019 нм; 2) 0,039 нм; 2) 1 нм; 3) 39 нм.

73.Кинетическая энергия электрона в атоме водорода составляет величину порядка 10эВ. Используя соотношение неопределенностей оцените минимальные размеры атома.

1) $1,24\cdot10^{-10}$ м; 2) $4,24\cdot10^{-10}$ м; 3) $0,2\cdot10^{-10}$ м; 4) $3,22\cdot10^{-10}$ м

74. При движении свободной частицы справедливы следующие утверждения…

а) энергия может принимать любые значения, т.е. энергетический спектр свободной частицы непрерывный;

б) энергия может принимать только дискретные значения и квантуется главным квантовым числом $n$ ;

в) плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства $|\Psi|^2$ не зависит от времени, т.е. все положения свободной частицы в пространстве равновероятны;

г) плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства определяется выражением $|\Psi_n(x)|^2 = \Psi_n(x)\ \Psi^*_n(x)$ и зависит от $x$ и $n$.

1) а,б,в,г; 2) а,б,в; 3) а,в; 4) б,г.

75. Величина момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии, равна

1) $1,49\cdot10^{-34}$ Дж·с; 2) 0; 3) $2,08\cdot10^{-34}$ Дж·с; 4) $2,58\cdot10^{-34}$ Дж·с.

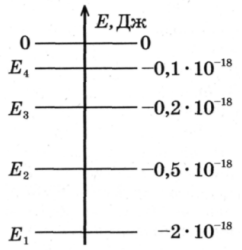
76. Для какого из перечисленных состояний в изолированном атоме водорода кратность вырождения наибольшая?

1) 1s; 2) 3s; 3)3p; 4) 4d.

77. Длина волны де Бройля для электрона, движущегося по первой Боровской орбите в атоме водорода, равна…

1) $3{,}4\cdot10^{-10}$ м; 2) $2{,}13\cdot10^{-10}$ м; 3) $1{,}67\cdot10^{-10}$ м; 4) $8{,}8\cdot10^{-10}$ м.

78. На рисунке изображена схема возможных значений энергии атомов газа. Какие фотоны могут поглощать те атомы, которые находятся в состоянии с энергией $E_3$?




1) Фотоны с любой энергией, большей $0{,}2\times10^{-18}$ Дж
2) Фотоны с любой энергией в пределах от 0 до $0{,}2\times10^{-18}$ Дж
5) Фотоны с энергией $01\times10^{-18}$ Дж и $0{,}2\times10^{-18}$ Дж
6) Фотоны с энергией $0{,}1\times10^{-18}$ Дж, $0{,}2\times10^{-18}$ Дж и любой, большей $0{,}2\times10^{-18}$ Дж

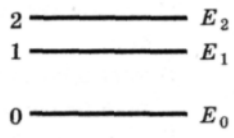
79. Энергия испущенного фотона при переходе с четвертого уровня атома водорода в серии Бальмера равна…

1) -13, эВ; 2) 10,2 эВ; 3) -10,2 эВ; 4) 3,4 эВ.

80. Атом водорода поглотил квант с энергией 15 эв. Энергия электрона вне атома равна…

1) 1,4 эВ; 2) -1,4 эВ; 3) 2,4 эВ; 4) 13,6 эВ.

81. Сколько фотонов различной частоты могут испускать атомы водорода, находившиеся во втором возбужденном состоянии $E_2$, согласно постулатам Бора?




1)1 2)2 3)3 4)4

82. Стационарным уравнением Шредингера для частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками является уравнение ...

1) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$ 2) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}E\psi=0$

3) $\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{2m}{\hbar^2}(E-\frac{m\omega_0{}^2x^2}{2})\psi=0$ 4) $\Delta\psi+\frac{2m}{\hbar^2}(E+\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r})\psi=0$

83. Частица в потенциальной яме шириной $l$ находится в возбужденном состоянии (n = 2). Плотность вероятности нахождения частицы в центре ямы равна…

1) 0,5; 2) 0,25; 3) 0,5; 4) 0.

84. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в p-состоянии.

1) $1{,}49\cdot10^{-34}$ Дж·с; 2) 0; 3) $2{,}49\cdot10^{-34}$ Дж·с 4) $1{,}58\cdot10^{-34}$ Дж·с

85. Сколько квантов различной энергии могут испускать атомы водорода, если их электроны находятся на третьей орбите?

1) кванты двух различных энергий;
2) кванты трех различных энергий;
3) кванты четырех различных энергий;
4) кванты пяти различных энергий;

86. Средняя кинетическая энергия электрона в невозбужденном атоме водорода равна 13.6 эВ. Исходя из соотношения неопределенностей наименьшая неточность, с которой можно вычислить координату электрона, равна…

1) $\Delta x \geq 10^{-10}$ м; 2) $\Delta x \geq 10^{-9}$м; 3) $\Delta x \geq 10^{-11}$м; 4) $\Delta x \geq 10^{-8}$ м.

87. В опыте Резерфорда большая часть ά-частиц свободно проходит сквозь фольгу, практически не отклоняясь от прямолинейных траекторий, потому что

5) ядро атома имеет положительный заряд
6) электроны имеют отрицательный заряд
7) ядро атома имеет малые (по сравнению с атомом) размеры
8) $\alpha$ -частицы имеют большую (по сравнению с ядрами атомов) массу

88. Энергия испущенного фотона при переходе с четвертого уровня в атоме водорода в серии Бальмера равна…

1) 10,2 эВ; 2) -10,2 эВ; 3) 3,4 эВ; 4) -3,4эВ.

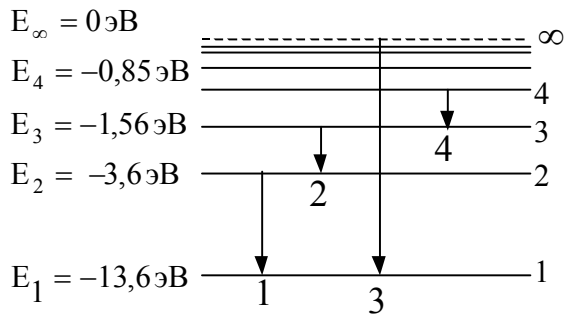
89. В атоме водорода уровню энергии номера *n* отвечает без учета спина) …

1) n + 1 различных квантовых состояний;
2) $n^2$ различных квантовых состояний;
3) 2 $n^2$ различных квантовых состояний;
4) $(n + 1)^2$ различных квантовых состояний.

90. Частица в потенциальном ящике шириной L находится в возбужденном состоянии ( n = 2). В каких точках интервала $(0< x <L)$ плотность вероятности $|\psi(x)|^2$ нахождения частицы минимальна?

1) $x = L/2$; 2) $x = L/3$; 3) $x = L/4$; 4) $x = 3L/4$.

91. На рисунке показана схема энергетических уровней атома водорода и некоторые возможные переходы электрона из одного состояния в другое. Укажите, какому переходу соответствует спектральная линия, лежащая в видимой области спектра.



1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

92. Электрон и $\alpha$ - частица имеют одинаковые импульсы. Длина волны де Бройля какой частицы больше?

1) электрона, т.к. его электрический заряд меньше;
2) длины волн одинаковы;
3) $\alpha$ - частицы, т.к. ее масса больше;
4) $\alpha$ - частица не обладает волновыми свойствами.

93. Какое из приведенных ниже утверждений является серьезным доводом против планетарной модели атомов по Резерфорду?

1) силы электростатического притяжения ядра так велики, что электрон должен упасть на ядро;

2) из-за большой удаленности от ядра силы кулоновского притяжения так малы, что электроны должны легко их преодолевать и покидать атомное ядро;

3) электрон должен терять энергию на электромагнитное излучение и быстро упасть на ядро;

4) из-за большой массы ядра гравитационные силы притяжения должны вызывать падение электрона на ядро.

94. Определить длину дебройлевской волны электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.

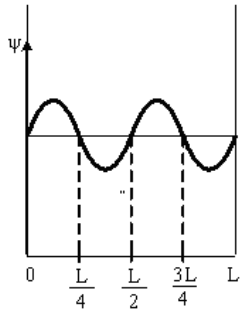
1) 0,67 нм; 2) 120 нм; 3) 0.39 нм; 4) 0,12 нм.

95. Определить первый потенциал возбуждения водородоподобного атома гелия.

1) 40,8 В; 2) 54,4 В; 3) 10,2 В ; 4) 13,6 В.

96. Вероятность обнаружить электрон на участке $\frac{L}{8} < x \frac{L}{2}$ одномерного потенциального ящика с бесконечно высокими стенками, если $\psi$ - функция имеет вид, указанный на рисунке, равна…

1) 3/8; 2) 5/8; 3) ¼; 4) ½.




97. Установите соответствие квантовых чисел, определяющих волновую функцию электрона в атоме водорода их физическому смыслу.

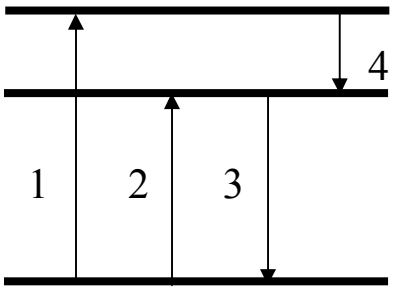
1) $n$ А. Определяет ориентацию электронного облака в пространстве.
2) $l$ Б. Определяет форму электронного облака

3) $m$ В. Определяет размеры электронного облака
Г. Собственный механический момент электрона

1) 1 – Г, 2-Б, 3 – А; 2) 1 –А, 2 – Б, 3 – В; 3) 1- В, 2 –Б, 3 –А; 4) 1 –В, 2 – А, 3 – Г.

98.Величина момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в р-состоянии, равна…
1) $1{,}49\cdot10^{-34}$ Дж·с;
2) $2{,}58\cdot10^{-34}$ Дж·с;
3) $1{,}054\cdot10^{-34}$ Дж·с;
4) $2{,}108\cdot10^{-34}$ Дж·с.

99. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, соответствующий поглощению атомом фотона самой большой частоты?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

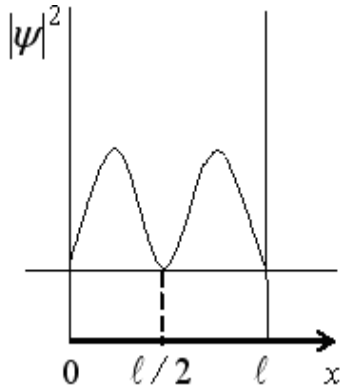
100. Атом водорода находился в нормальном состоянии. При первом столкновении с другим атомом, он перешел в возбужденное состояние, а при следующем столкновении был ионизирован. Энергия системы «ядро – электрон» имела
1) максимальное значение в нормальном состоянии атома;
2) максимальное значение в возбужденном состоянии атома;
3) максимальное значение в ионизированном состоянии атома;
4) одинаковое значение во всех трех состояниях;

101. Длина волны де Бройля для электрона больше, чем для $\alpha$-частицы. Импульс какой частицы больше?
6) электрона
7) $\alpha$-частицы
8) импульсы одинаковы
9) величина импульса не связана с длиной волны

102. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Постоянная Ридберга равна $1{,}097\cdot10^{7}$ м$^{-1}$.
1) 500 нм; 2) 364,7 нм; 3) 293,4 нм; 4) 1290 нм.

103. Воспользовавшись соотношением неопределенностей оцените размытость энергетического уровня для возбужденного состояния , время жизни в котором составляет $10^{-8}$ с.
1) 414 нэВ; 2) 21,8 эв; 3) 912 нэВ; 4) 912 мкэВ.

104. На рисунке изображена плотность вероятности обнаружения микрочастицы на различных расстояниях от «стенок» ямы.




Вероятность ее обнаружения на участке $l/4 < x < 3l/4$ равна…

1) ½; 2) 0; 3) ¾; 4) ¼.

105. Квадрат модуля волновой функции $\psi$, входящей в уравнение Шредингера, равен…

1) импульсу частицы в соответствующем месте пространства;
2) энергии частицы в соответствующем месте пространства;
3) плотности вероятности обнаружения частицы в соответствующем месте пространства;
10)квадрату энергии частицы в соответствующем месте пространства.

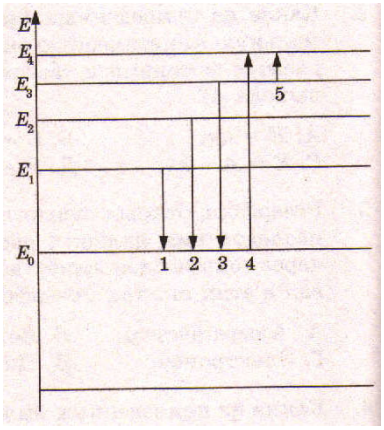
106. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?

1) 1/3; 2) 0,195; 3) 2/3; 4) 0,279.

107. Используя принцип Паули, укажите какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа: $n, l, m$

1) 2; 2) 1; 3) 4; 4) 6.

108. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой стрелкой обозначен переход с излучением фотона наименьшей частоты?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.

109. Используя теорию Бора для атома водорода, определите скорость движения электрона по первой боровской орбите.

1) 2,56 Мм/с; 2) 1,29 Мм/с; 3) 2,19 Мм/с; 4) 60 Мм/с.

110. Электрон в атоме водорода перешел из основного состояния в возбужденное с n = 3. Радиус его боровской орбиты …
1) увеличился в 3 раза;
2) уменьшился в 3 раза;
3) увеличился в 9 раз;
4) уменьшился в 9 раз;
5) увеличился в 2 раза.

111. Электрон и протон движутся с одинаковыми скоростями. У какой из этих частиц большая длина волны де Бройля?
6) у электрона
7) у протона
8) длины волн этих частиц одинаковы
9) частицы нельзя характеризовать длиной волны

112. Орбитальное квантовое число $l$ определяет…
1) проекцию орбитального момента импульса электрона на заданное направление;
2) момент импульса электрона в атоме;
3) энергию стационарного состояния электрона в атоме;
4) собственный механический момент электрона в атоме.

113. Энергия фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый, равна…
13,6 эВ; 2) 12,1 эВ; 3) 10,2 эВ; 4) 3,4.эВ.

114. Какое из перечисленных условий определяет возможность обнаружить волновые свойства микрочастицы?
1) Движение с релятивистской скоростью;
2) наличие электрического заряда;
3) наличие магнитного момента;
4) малая масса частицы.

115. Какое из утверждений ошибочно?
1) Соотношение неопределенностей является следствием невозможности изучить свойства микрочастиц в связи с волновым характером их движения.
2) Произведение неопределенностей координаты и соответствующего ей импульса не может быть меньше величины порядка h.
3) Чем точнее определена координата микрочастицы, тем менее точно определено значение импульса микрочастицы, и наоборот.
4) Для тел с координатами, определенными с одной и той же точностью $\Delta x$, точность определения скорости зависит от массы этих тел.

116. Потенциал ионизации водородоподобного атома гелия равен…

1) 13,6 эВ; 2) 40,8 эВ; 3) 54,4 эВ; 4) 10,2эВ.

117. Частица в потенциальном ящике шириной L находится в состоянии с главным квантовым числом $n$ =3. Какова вероятность нахождения частицы в крайней трети ящика?

1) ½; 2) 1/3; 3) ¼; 4) 3/8.

57. Найти кинетическую энергию электрона, если длина волны де Бройля 0,10 нм.

1) 120эВ; 2) 73 эВ; 3) 150 эВ; 4) 13,6эВ.

118. Положение пылинки массой $m = 10^{-9}$ кг можно установить с неопределенностью $\Delta x$ = 0,1 мкм. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 1{,}054 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, неопределенность скорости $\Delta V_x$ ( в м/с) будет не менее…

1) $1{,}05 \cdot 10^{-18}$ 2) $1{,}05 \cdot 10^{-24}$ 3) $1{,}05 \cdot 10^{-27}$ 4) $1{,}054 \cdot 10^{-21}$.

3) .

119. Какое из перечисленных свойств не является обязательным для $\psi$ - функции?

1) $\psi$ - функция непрерывна;
2) $\psi$ - функция конечна;
3) $\psi$ - функция должна быть функцией комплексного переменного;
4) $\psi$ - функция должна иметь непрерывные частные производные первого порядка по координатам.

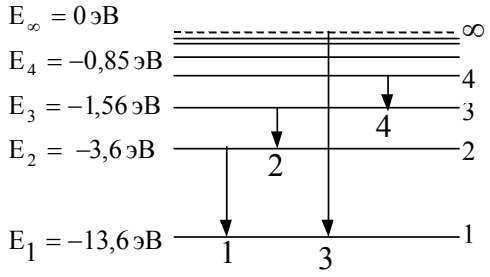
120. Определите, во сколько раз орбитальный момент импульса $L_l$ электрона, находящегося в f – состоянии, больше, чем для электрона в $p$ - состоянии.

1) 1,5; 2) 2,45; 3) 5; 4) 3,43.

121. В атоме К и L оболочки заполнены полностью. Общее число электронов в атоме равно…

1) 6; 2) 8; 3) 18; 4)10.

122. На рисунке представлена схема энергетических уровней атома водорода. Какой цифрой обозначен переход с излучением фотона, имеющего максимальный импульс?




1) 1; 2)2; 3)3; 4)4.

.

123. Какова природа сил, отклоняющих $\alpha$ - частицы от прямолинейной траектории в опытах Резерфорда?
1) Гравитационная;
2) электромагнитная;
3) ядерная;
10)упругая.

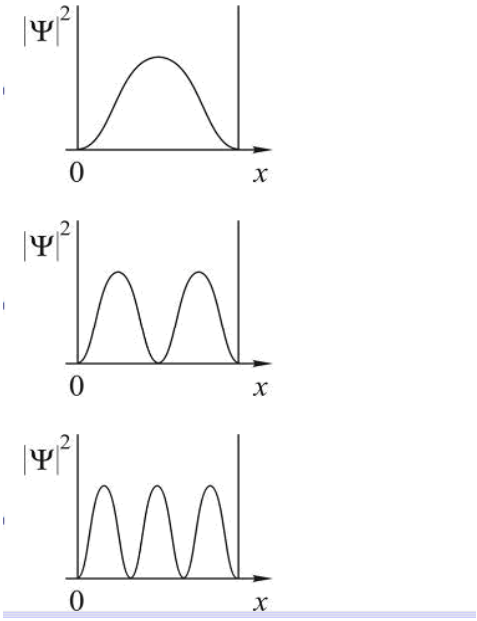
124. Если неопределенность координаты электрона ( $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$кг) при его движении в атоме $\Delta x = 10^{-10}$ м, то неопределенность скорости его движения составляет…
1) $1{,}16 \cdot 10^{6}$ м/с;
2) $7{,}27 \cdot 10^{6}$ м/с;
3) $1{,}16 \cdot 10^{-10}$ м/с;
4) $\infty$.
$\hbar = 1{,}054 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

125. Какую энергию необходимо дополнительно сообщить электрону, чтобы его де-бройлевская длина волны уменьшилась от 0,1нм до 0,05 нм?
1) 450 эВ; 2) 150 эВ; 3) 100 эВ; 4) 1050 эВ.

126. Какое из следующих утверждений ошибочно для атома водорода?
1) Главное квантовое число *n* может принимать любые целочисленные положительные значения, начиная с единицы.
2) Главное квантовое число *n* определяет возможные значения энергии электрона в атоме.
3) Зная главное квантовое число *n,* можно однозначно определить квантовые состояния электрона: его энергию, момент импульса, магнитный момент и т.п.
4) При заданном *n* орбитальное квантовое число $\ell$ может принимать всего n значений.

127. Для какого из перечисленных состояний кратность вырождения наибольшая?
1) 1s; 2) 2s; 3) 2p; 4) 3d.

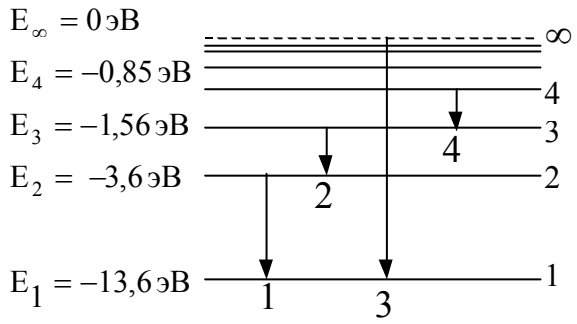
128. На рисунках приведены картины распределения плотности вероятности нахождения микрочастицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками




Состоянию с n = 3 соответствует…

1) 1; 2)2; 3) 3; 4) необходимый рисунок отсутствует.

129. На рисунке представлена схема энергетических уровней атома водорода.




Какой цифрой обозначен переход, соответствующий серии Пашена?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

130. Электрон движется в атоме водорода по первой боровской орбите. Принимая, что допускаемая неопределенность скорости составляет 10% от ее числового значения, определите неопределенность координаты электрона.

1) $\Delta x =$ 3,34 пм; 2) $\Delta x$ = 3,34 нм; 3) $\Delta x$ = 2,16 пм; 4) $\Delta x$ = 2,16 нм.

131.При движении какого из перечисленных тел волновые свойства могут быть обнаружены экспериментально?

5) Пылинка с массой $m = 10^{-15}$ кг летит со скоростью 100 м/с.
6) Электрон движется со скоростью $10^5$ м/с.
7) Земля движется по орбите со скоростью $3 \cdot 10^4$ м/с.
8) Ракета летит со второй космической скоростью 11,2 км/с.

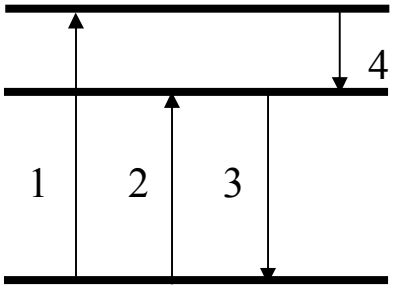
132. В каком из перечисленных случаев энергетический спектр электрона сплошной?

5) Электрон в потенциальной яме шириной $10^{-6}$ м.
6) Электрон в атоме.
7) Электрон в молекуле водорода.
8) Свободный электрон.

133.Электрон в атоме находится в d – состоянии. Максимальное значение проекции момента импульса на направление внешнего магнитного поля равно…

1) $2\hbar$; 2) $3\hbar$; 3) $32\hbar$; 4) $1\hbar$.

134. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, соответствующий поглощению атомом фотона наименьшей длины волны?



1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

135.Определите отношение неопределенностей скорости электрона, если его координата установлена с точностью до $10^{-5}$ м, и пылинки массой $10^{-12}$ кг ($\Delta v_e / \Delta v_п$), если ее координата установлена с такой же точностью.

1) $2{,}8\cdot10^{18}$; 2) $1{,}1\cdot10^{18}$; 3) $1{,}1\cdot10^{10}$; 4) $1{,}9\cdot10^{8}$.

136. На какой вопрос о соотношении неопределенностей для энергии и времени Вы ответите «нет»?

1) Невозможно с бесконечной точностью знать энергию частицы и время его пребывания в этом энергетическом состоянии.

2) Если частица существует в каком либо состоянии достаточно долго, то энергия этого состояния известна точно.

3) Зная ширину спектральной линии, можно оценить порядок времени пребывания атома в возбужденном состоянии.

4) В соотношении неопределенностей $\Delta E$ – разность энергий двух соседних состояний; $\Delta t$ – неопределенность длительности перехода между этими состояниями.

137. Укажите размерность $\psi$ - функции.

1) м; 2) 1/м; 3) 1/с; 4) безразмерная величина.

138.В каком из указанных ниже состояний в атоме водорода электрон обладает меньшей энергией?

1) 1d; 2) 2p; 3) n = 3, $l$ = 1; 4) n = 4, $l$ = 2.

139. Какие из приведенных утверждений соответствуют смыслу постулатов Бора?

А) В атоме электроны движутся по круговым орбитам и излучают при этом электромагнитные волны.

Б) Атом может находиться только в одном из стационарных состояний, в которых атом не излучает энергию.

В) При переходе из одного стационарного состояния в другое атом поглощает или излучает квант электромагнитного излучения.

1) только А; 2) только Б; 3) только В; 4) Б и В.

140. Электрон в атоме находится в f – состоянии. Максимальное значение проекции момента импульса на направление внешнего магнитного поля равно…

1) $2\hbar$; 2) $3\hbar$; 3) $12\hbar$;; 4) $1\hbar$.

141. Используя принцип Паули, укажите какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковые следующие квантовые числа $n$, $l$, $m_l$, $m_s$ ?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

142. Укажите число вопросов, на которые вы ответите «Да».

1) Можно ли точно определить одновременно кинетическую и потенциальную энергию микрочастицы?

2) Верно ли, что нельзя одновременно определить точные значения координаты и импульса микрочастицы?

3) Согласны ли Вы, что классические понятия координаты и импульса могут быть применимы к микрочастицам?

4) Можно ли одновременно определить точные значения энергии микрочастицы и времени, в течение которого она обладает этой энергией?

1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

143. Какие опыты подтверждают наличие у микрочастиц волновых свойств?
1) дифракция света;
2) дифракция электронов;
3) фотоэффект;
4) интерференция света.

144. Выполняется ли соотношение неопределенностей Гейзенберга при движении электрона в электроннолучевой трубке?

1) нет; 2) да; 3) зависит от ускоряющего напряжения; 4) зависит от силы тока в трубке.

145. Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность W нахождения частицы в средней трети ящика?

1) 0,609; 2) 0,195; 3) 0,25; 4) 0,755.

146. В каком из состояний атом водорода обладает наименьшим орбитальным моментом импульса?

1) n = 3, $\ell$ = 1; 2) n = 3, $\ell$ = 2; 3) 2p; 4) n = 3, $\ell$ = 0.

147. Максимальное число электронов в М – оболочке равно…

1) 2; 2) 8; 3) 32; 4) 28.

148. Волновая функция частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками шириной L имеет вид $\psi = A \sin(\frac{n\pi x}{L})$. Величина импульса этой частицы в основном состоянии равна…

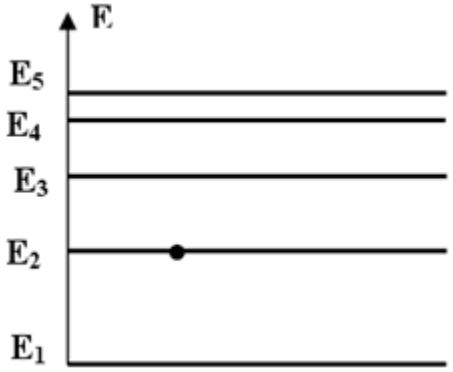
1) $\frac{\pi\hbar}{2L}$; 2) $\frac{2\pi\hbar}{3L}$; 3) $\frac{3\pi\hbar}{2L}$; 4) $\frac{\pi\hbar}{L}$.

149.Время жизни электронов в атоме в метастабильном состоянии составляет $10^{-6}$ с. Учитывая, что постоянная Планка $\hbar = 6{,}6\cdot10^{-16}$ эВ·с, ширина метастабильного уровня ( в эВ) будет не мене …

1) $6{,}6\cdot10^{-10}$;
2) $1{,}5\cdot10^{-10}$;
3) $6{,}6\cdot10^{-13}$;

4) $1{,}5\cdot10^{-13}$ .

150. На рисунке приведена диаграмма энергетических уровней некоторого атома. Электрон находится на втором стационарном уровне. Сколько спектральных линий могут наблюдаться в спектре поглощения этого атома?




1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5 .

151. Какое утверждение неверно?

1) Магнитный момент ядра может быть равен нулю;
2) Спин ядра не зависит от числа нуклонов в ядре;
3) Магнитный момент ядра значительно меньше собственного магнитного момента электрона;
4 )Спин ядра полуцелый, если число нуклонов в ядре нечетное.

152. Укажите число регистрирующих приборов, в которых используется ионизирующее действие быстрых заряженных частиц:

1) Камера Вильсона;
2) Пузырьковая камера;
3) Счетчик Гейгера;
4) Счетчик Черенкова.

153. Какое утверждение ошибочно?

1) Период полураспад – это время, в течение которого распадается половина имеющихся ядер;
2) Среднее время жизни – это время, в течении которого число нераспавшихся ядер убывает в e раз;
3) Закон $N=N_0e^{-\lambda t}$ справедлив для всех видов радиоактивных превращений;
4) Постоянная радиоактивного распада $\lambda$ одинакова для всех радиоактивных изотопов одного и того же элемента.

154. Какое утверждение ошибочно?

1) Масса ядра всегда меньше суммы масс нуклонов, из которых оно состоит;
2) Удельная энергия связи ядра - это энергия связи, отнесенная к одному нуклону;

3) Энергия связи ядра может быть определена по равности масс ядра и составляющих его нуклонов;
4) Энергия сильного взаимодействия нуклонов в ядре зависит от их электрического заряда.

155. Какое утверждение ошибочно?

1) Тепловой эффект ядерной реакции может быть положительным и отрицательным;
2) Тепловой эффект ядерной реакции можно определить по разности масс покоя исходных частиц и конечных продуктов реакции;
3) При ядерных реакциях всегда наблюдается выделение энергии;
4) Если масса покоя частиц, вступающих в ядерную реакцию, больше массы покоя продуктов реакции, то происходит выделение энергии.

156. Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра ${}_{18}Ar^{37}$?

| | Число протонов | Число нейтронов |
|---|---|---|
| 1) | 18 | 19 |
| 2) | 18 | 37 |
| 3) | 37 | 18 |
| 4) | 37 | 55 |

157. Сколько α - и $\beta^-$ – распадов должно произойти, чтобы $^{238}_{92}U$ превритился в стабильный изотоп свинца $^{206}_{82}Pb$.

1) 10 α – распадов и 4 $\beta^-$ - распадов;
2) 9 α - распадов и 5 $\beta^-$ - распадов;
3) 6 α - распадов и 8 $\beta^-$ - распадов;
4) 8 α- распадов и 6 $\beta^-$ - распадов.

158. Сколько атомов радона распадается за сутки из $10^6$ исходных атомов? Период полураспада радона 3,82 суток.

1) $1{,}66\times10^5$ ;
2) $2{,}44\times10^4$;
3) $2{,}46\times10^3$;
4) $3{,}12\times10^5$.

159. Реакция распада электрона по схеме $e^- \rightarrow \gamma^- + \gamma + \tilde{\nu}$ невозможна вследствие невыполнения закона сохранения…

1) электрического заряда;
2) лептонного заряда;
3) энергии.
4) импульса

160. Один из видов радиоактивного излучения представляет собой поток быстро движущихся электронов. Это…

1) γ – излучение;
2) α – излучение;
3) $\beta^-$ - излучение;
4) $\beta^+$ - излучение.

161. Ядерной реакцией деления является

1) $^{174}_{77}Ir \longrightarrow {}^{170}_{73}Ta + {}^{4}_{2}He$
2) $^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$
3) $^{246}_{100}Fm \longrightarrow {}^{123}_{51}Sb + {}^{120}_{49}In + 3{}^{1}_{0}n$
4) $^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$

162. Неизвестный радиоактивный химический элемент самопроизвольно распадается по схеме: $X \rightarrow {}^{91}_{36}Kr + {}^{142}_{56}Ba + 3n$. Ядро этого элемента содержит…

1. 92 протона и 142 нейтрона;
2. 94 протона и 144 нейтрона;
3. 94 протона и 142 нейтрона;
4. 92 протона и 144 нейтрона.

163. Испусканием ядер гелия обязательно сопровождается…

1) $\beta^-$ - распад;
2) К- захват;
3) $\beta^+$ - распад;
4) α – распад

3) $\beta^+$ - распад;
4) α – распад.

164. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяц. За какое время число ядер этого изотопа уменьшится в 32 раза?

1) 3 месяца;
2) 4 месяца;
3) 5 месяцев;
4) 6 месяцев.

165. Ядро $_{93}Np^{237}$, испытав серию α – распадов и β – распадов, превратилось в ядро $_{83}Bi^{213}$. Определите число α – распадов.

1) 6
2) 2
3) 24
4) 4

166. Позитрон является античастицей по отношению к…

1) нейтрону;
2 протону;
3) фотону;
4) электрону.

167. Какое утверждение неверно?

1) Изотопами называются ядра с одинаковым числом протонов.
2) Атомы, ядра которых являются изотопами, обладают совершенно одинаковыми физическими свойствами.
3) Изобарами называются ядра с одинаковыми числом нуклонов.
4) Элементы, ядра которых являются изобарами, имеют различные химические свойства.

168. Следствием каких законов сохранения являются правила смещения при радиоактивном распаде?
1) Закона сохранения энергии.
2) Закона сохранения момента импульса.
3) Закона сохранения электрического заряда.
4) Закона сохранения импульса.

169. Какая ядерная реакция может быть использована для получения цепной реакции деления?
1) ${}^{243}_{96}Cm + {}^{1}_{0}n \rightarrow 4{}^{1}_{0}n + {}^{108}_{42}Mo + {}^{132}_{54}Xe$
2) ${}^{12}_{6}C \rightarrow {}^{6}_{3}Li + {}^{6}_{3}Li$
3) ${}^{227}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{129}_{49}In + {}^{99}_{41}Nb$
4) ${}^{243}_{96}Cm \rightarrow {}^{108}_{43}Tc + {}^{141}_{53}I$

170. Нагретый газ углерод ${}_{6}C^{15}$ излучает свет. Этот изотоп испытывает β - распад с периодом полураспада 2,5 с. Как изменится спектр излучения всего газа за 5 с?
1) Спектр углерода исчезнет и заменится спектром азота ${}_{7}N^{15}$
2) Спектр станет ярче из – за выделяющейся энергии.
3) Спектр сдвинется из – за уменьшения числа атомов углерода.
4) Спектр углерода станет менее ярким, и добавляется линии азота ${}_{7}N^{15}$ .

171. Какие частицы не входят в состав атомного ядра?
1) протоны.
2) нейтроны.
3) нуклоны.
4) электроны.

172. Ядро урана 235 разделилось на два ядра – осколка. Укажите число верных утверждений.

А) процесс сопровождается выделением энергии.
Б) удельная энергия связи новых ядер больше, чем исходного.
В) Относительное число нейтронов в ядрах – осколках меньше, чем в исходном ядре.
Г) Ядра урана 235 делятся под действием медленных нейтронов.

1. 2. 3. 4.

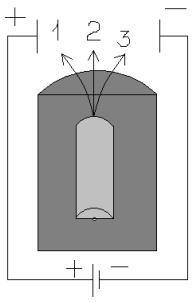
173. Укажите число верных утверждений.

А) время, в течение которого распадается половина радиоактивных ядер, называется периодом полураспада.
Б) периоды полураспада у всех радиоактивных изотопов данного химического элемента одинаковы.
В) время, за которое число нераспавшихся радиоактивных ядер убывает в е – раз, называется средним временем жизни.
Г) активность радиоактивного препарата зависит от числа имеющихся ядер и от постоянной распада.
1. 2. 3. 4.

174. Какая доля радиоактивных атомов распадется через интервал времени равный двум периодам полураспада?

1) 25%
2) 75%
3) 50%
4) 90%
5) все атомы распадутся

175. Какими цифрами обозначены α –, β –, γ – излучение на рисунке?




1)1 – α, 2 – β, 3 – γ
2) 1 – β, 2 – α, 3 – γ
3) 1 – α, 2 – γ, 3 – β
4) 1 – β, 2 – γ, 3 – α

176. В процессе электромагнитного взаимодействия принимают участие...

1) фотоны
2) нейтрино
3) нейтроны
4) протоны

177. Какое утверждение ошибочно?

1) Заряд ядра определяется зарядом протонов, входящих в его состав;
2) В стабильных ядрах число нейтронов всегда меньше числа протонов;
3 ) В ядрах тяжелых элементов отношение числа нейтронов к числу протонов больше, чем в легких ядрах;
4) Нейтрон, как и протон, имеет механический и магнитный моменты.

178. На сколько вопросов относящихся к закону радиоактивного распада $N=N_0e^{-\lambda t}$ вы ответите «да» ?

А) Является ли этот закон статистическим?
Б) Справедлив ли этот закон для всех видов радиоактивности?
В) Обозначает ли N в этом законе число распавшихся ядер?
Г) Можно ли записать этот закон в виде $N = N_0 e^{-t/\tau}$, где $\tau$ – среднее время жизни радиоактивных ядер?

1. 2. 3. 4.

179. На какой вопрос об активности радиоактивного вещества Вы ответите нет ?
1 )Зависит ли активность от числа атомов радиоактивного вещества?
2) Зависит ли активность от постоянного распада?
3) Изменяется ли со временем активность одного и того же вещества?
4) Зависит ли активность от температуры радиоактивного вещества?

180. Какое вещество образуется в ходе ядерной реакции $Al_{13}^{27}$ (γ , x) $Mg_{12}^{26}$?

1)Обычный водород
2)Дейтерий
3)Тритий
4)Гелий

181. Какое утверждение ошибочно?
1) Реакция синтеза гелия из более легких ядер является цепной;
2) Реакция синтеза гелия из дейтерия и трития идет с выделением нейтронов;
3) Термоядерная реакция синтеза ядер легких элементов может происходить только при очень высокой температуре;
4) Термоядерная реакция идет с выделением энергии.

182. Сколько α – и β – распадов должно произойти при радиоактивном распаде ядра урана $_{92}U^{238}$ и конечном превращении его в ядро свинца $_{82}Pb^{198}$?

1) 8α - распадов и 10 β - распадов;
2) 10 – распадов и 8 β - распадов;
4) 10 – распадов и 10 β – распадов;
4) 10 α - распадов и 9 β – распадов.

183. α- излучение представляет собой поток:

1) Электронов;
2) Квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбужденного состояния в основное;
3) Протонов;
4) Ядер атомов гелия.

184. Какая из приведенных пар является изобарной?
1) $_1H^3$ , $_1H^2$ ;
2) $_1H^3$, $_2He^3$ ;
3) $_2He^3$, $_2He^4$ ;
4) $_2He^4$, $_1H^3$ .

185. Ядерные силы:

1) Центральные;
2) Короткодействующие;
3) Обладают свойством насыщения;
4) Имеют обменный характер.

Какое утверждение ошибочно?

186. Зависит ли активность $\frac{dN}{dt}$ некоторого радиоактивного препарата от:
1) Его массы;
2) Числа радиоактивных ядер;
3) Температуры;
4) Периода полураспада.

На какой вопрос Вы ответите «Нет» ?

187. В какой из приведенных ядерных реакций частица X является нейтроном?

1) ${}_1H^2$ (X, p) ${}_2He^4$ ;
2) ${}_3Li^6$ (D,X) ${}_2He^4$ ;
3) ${}_3Li^7$ (p,X) ${}_2He^4$;
4) ${}_7N^{14}$ (X,p) ${}_6C^{14}$.

188. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?
1) 0,71 ;
2) 0,5 ;
3) 0,29 ;
4) 0,14.

189. Даны массы нейтральных атомов в атомных единицах:
1) $H^2$- 2,014102;
2) $H^3$-3,016049;
3) $He^3$-3,016030;
4) $Li^6$-6,015126.

Кроме того известны массы:
$H^1$-1,007825;
n-1,008665.
Ядро какого атома самое прочное?

190. Начальное число атомов в различных радиоактивных препаратах одинаково и равно $N_0=10^{16}$. Периоды полураспада:

1) $6,9*10^5$ с ($I^{131}$);
2) $5,12*10^{10}$ с ( $Ra^{226}$);

3) $1{,}7*10^8$ с ($Co^{60}$);
4 )$6{,}3*10^8$ с ( $Sr^{90}$).

У какого из препаратов начальная активность равна $10^{10}\ \frac{\text{расп}}{\text{с}}$ ?

191. Ядро урана $^{233}_{92}U$ претерпело шесть α и три $\beta^-$ превращений. Какое ядро образовалось?

1) $^{207}_{82}Pb$ ;
2) $^{213}_{83}Bi$ ;
3) $^{209}_{83}Bi$ ;
4) $^{211}_{82}Pb$ .

192. В какой из приведенных ядерных реакций частица X это протон?

1) $^{27}_{13}Al$ (n, X) $^{24}_{11}Na$ ;
2) $^{14}_{7}N$ (n, X) $^{14}_{6}C$ ;
3) $^{27}_{13}Al$ (γ, X) $^{28}_{13}Al$ ;
4) $^{2}_{1}H$ (X,n) $^{4}_{2}He$ .

193. Ядро урана делится на два ядра-осколка. Укажите с каким из приведенных утверждений Вы не согласны?

1) Процесс сопровождается выделением энергии;
2 )Удельная энергия связи новых ядер больше, чем исходного;
3) Относительное число нейтронов в ядрах-осколках больше, чем в исходном ядре;
4) Ядра- осколки радиоактивны.

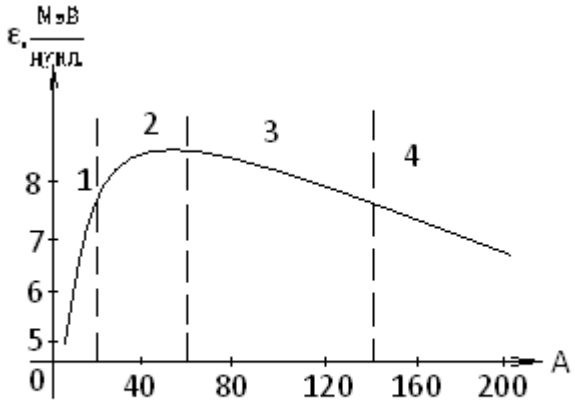
194. Как изменяется полная энергия двух ядер дейтерия $^{2}_{1}H$, при соедении их в ядро гелия $^{4}_{2}H$ ?

1) Увеличивается;
2) Уменьшается;
3) Не изменяется;
4) Увеличивается или уменьшается в зависимости от начального расстояния между ядрами дейтерия.

195. Укажите ошибочное утверждение. У любого атомного ядра:

1) Заряд положительный, кратный заряду протона;
2) Массовое число совпадает с числом нуклонов;
3) Спин полуцелый;
4) Плотность порядка $10^{17}\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

196. На графике представлена усредненная зависимость удельной энергии связи стабильных ядер ε от числа нуклонов в ядре А. Какой интервал значений А соответствует ядрам, обладающим наибольшей устойчивостью?




197. Активность препаратов уменьшилась вдвое за время равное:

5) 8 суток ($I^{131}$) ;
6) 75 суток ($Ir^{192}$) ;
7) 3,82 суток ($Rn^{222}$) ;
8) 14,3 суток ($P^{32}$).

У какого из препаратов постоянная распада $\lambda$ равна 0,18 суток$^{-1}$ ?

198. За 8 часов начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. За какое время оно уменьшится в 27 раз?

1) За сутки;
2) За 36 часов;
3) За трое суток;
4) За 72 часа.

199. При какой из ядерных реакций энергия поглощается?

1) $Li^7 + H^2 \rightarrow Be^8 + n$;
2) $Be^9 + H^2 \rightarrow B^{10} + n$;
3) $N^{14} + He^4 \rightarrow H^1 + O^{17}$;
4) $Li^7 + H^1 \rightarrow He^4 + He^4$.

Массы в атомных единицах:

| | | |
|---|---|---|
| $H^1$ – 1,08814 | $Li^7$ – 7,01823 | $B^{10}$ – 10,01612 |
| n – 1,00899 | $Be^8$ – 8,00785 | $N^{14}$ – 14,00752 |
| $H^2$ – 2,01474 | $Be^9$ – 9,01505 | $O^{17}$ – 17,00453 |
| $He^4$ – 4,00388 | | |

200. Укажите ошибочное утверждение:

1) Спонтанная реакция деления атомного ядра наблюдается только на тяжелых ядрах;
2) Цепная реакция деления атомных ядер возможна, если при каждом акте деления образуются свободные нейтроны;

3 )При реакции деления ядра удельная энергия связи осколков больше, чем исходного ядра;
4) Число нейтронов в ходе цепной реакции нельзя регулировать.

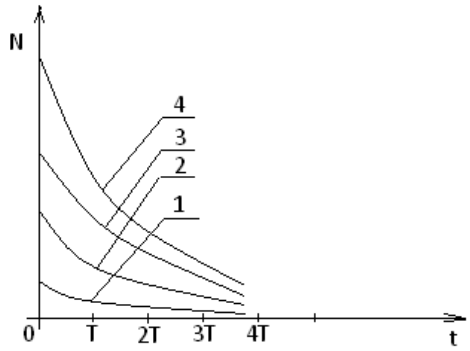
201. В результате реакции ядра ${}_{13}Al^{27}$ с ά-частицей ${}_{2}He^{4}$ появился протон ${}_{1}H^{1}$ и ядро:

1) ${}^{30}_{14}Si$ ;
2) ${}^{32}_{16}S$ ;
3 ) ${}^{28}_{14}Si$ ;
4) ${}^{35}_{17}Cl$ .

202. Верно ли, что нейтрон:

1) Имеет массу большую, чем нейтрон;
2) Вне ядра стабилен;
3) Имеет полуцелый спин;
4) Обладает магнитным моментом.
На какой вопрос вы ответили «нет»?

203. На графике изображены кривые распада радиоактивных препаратов. Какой график соответствует препарату с наибольшей активностью в момент времени t=0?
N- число нераспавшихся ядер в момент времени t




204. В каком из приведенных примеров радиоактивного распада появляется позитроны?
1) ${}_{35}Br^{78} \longrightarrow {}_{34}Se^{78}+\ldots$
2) ${}_{35}Br^{80} \longrightarrow {}_{36}Kr^{80}+\ldots$
3) ${}_{90}Th^{234} \longrightarrow {}_{91}Pa^{234}+\ldots$
4) ${}_{92}U^{238} \longrightarrow {}_{90}Th^{234}+\ldots$

205. При ядерных реакциях соблюдаются законы сохранения:

1) Электрического заряда;
2 )Массового числа;
3) Энергии;
4) Момента импульса.

206. В результате деления тяжелого атомного ядра происходит:

1) Разделение ядра на меньшее ядро и α –частицу;

2) Разделение ядра на два соразмерных по массе ядра и испускание нейтронов;
3) Разделение ядра на отдельные протоны и нейтроны;
4) Испускание ядром одного или нескольких нейтронов.

207. Верно ли, что удельная энергия связи :

1) $_{92}U^{238}$ меньше, чем $_{82}Pb^{206}$
2) $_{2}He^{3}$ меньше, чем $_{2}He^{4}$
3) $_{2}He^{4}$ больше, чем $_{1}H^{3}$
4) $_{2}He^{4}$ больше, чем $_{8}O^{16}$
На какой вопрос Вы ответили «Нет»?

208. α – частица столкнулась с ядром азота $_{7}N^{14}$.При этом образовались ядро водорода и ядро...

1) кислорода с массовым числом 17.
2) азота с массовым числом 14.
3) кислорода с массовым числом 16.
4) фтора с массовым числом 19.

209. При облучении нейтронами ядра урана 235 делятся на:

1) 2 сравнимых по массе осколка деления и нейтроны.
2) альфа – и бета – частицы.
3.) нейтроны и протоны.
4) нейтроны, протоны и электроны.

210. При бомбардировке ядер изотопа азота $^{14}_{7}N$ . нейтронами образуется изотоп бора $^{11}_{5}B$ . Еще в этой ядерной реакции образуется...
1) протон
2) α – частица
3) нейтрон
4) 2 нейтрона
5) 2 протона

211. Неизвестный радиоактивный химический элемент самопроизвольно распадается по схеме: X → $^{91}_{36}Kr$ + $^{142}_{56}Ba$ + 3n. Ядро этого элемента содержит...

1) 92 протона и 144 нейтрона
2) 92 протона и 142 нейтрона
3) 94 протона и 144 нейтрона
4) 94 протона и 142 нейтрона

212. Ядро атома состоит из

1) нейтронов и электронов
2) протонов и нейтронов
3) протонов и электронов
4) нейтронов

213. Детектор радиоактивных излучений помещен в закрытую картонную коробку с толщиной стенок - 1 мм. Какие излучения он может зарегистрировать?

1) α и β
2) α и γ
3) β и γ
4) α, β, γ

214. Ядерная реакция $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sc + 2\,{}^{1}_{0}n$ идет с большим выделением энергии. Энергия выделяется в основном в виде

1) Энергия α – частиц
2) Энергия γ – частиц
3) Энергия β – частиц
40 Кинетической энергии ядер – осколков

215. Ядро изотопа урана $_{92}U^{238}$ после нескольких радиоактивных распадов превратилось в ядро изотопа $_{92}U^{234}$. Какие это были распады?

1) Один α и два β
2) Один α и один β
3) Два α и один β
4) Такое превращение невозможно

216. Из перечисленных ниже превращений к $\beta^-$ - распаду отпосится...

1) $^{A}X_{Z} + e^{-} \rightarrow {}^{A}X_{Z-1} + \nu$
2) $^{A}X_{Z} \rightarrow {}^{A-4}X_{Z-1} + {}^{4}He_{2}$
3) $^{A}X_{Z} \rightarrow {}^{A}X_{Z+1} + e^{-} + \nu_e$
4) $^{A}X_{Z} \rightarrow {}^{A}X_{Z-1} + e^{+} + \nu_e$

217. Установить соответствие процессов взаимопревращения частиц:

| | |
|---|---|
| 1) $\beta^-$ - распад | А. $^{0}_{-1}e + {}^{0}_{+1}e \rightarrow 2\gamma$ |
| 2) К – захват | Б. $^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e + \nu_e$ |
| 3) $\beta^+$ - распад | В. $^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{1}_{0}n + \nu_e$ |
| 4) аннигиляция | Г. $^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \nu_e$ |
| | Д. $^{1}_{0}n + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{1}_{1}p + \nu_e$ |

1. 1-А, 2-Б, 3-Г, 4-Д
2. 1-Г, 2-Б, 3-В, 4-А
3. 1-Б, 2-Г, 3-А, 4-Д
4. 1-Б, 2-В, 3-А, 4-Д

218. Нуклидами с одинаковым атомным номером называют...

1) изомеры
2) изобары
3) изотопы
4) электроны в свободном состоянии

219.Чему равно число нейтронов в ядре урана $_{92}U^{238}$?

1) 0
2) 92
3) 146

4) 238

220. Удельные энергии связи нуклонов в ядрах плутония $_{94}Pu^{240}$ , кюрия $_{96}Cm^{245}$ и америция $_{95}Am^{246}$ равны соответственно 0,21; 0,22; 0,23 МэВ/нуклон. Из какого ядра труднее выбить нейтрон?

1) из ядра $_{94}Pu^{240}$
2) из ядра $_{96}Cm^{245}$
3) из ядра $_{95}Am^{246}$
4) все ядра одинаково устойчивы

221. $\alpha$ – излучение – это ...

1) поток ядер гелия
2) поток протонов
3) поток электронов
). электромагнитные волны

222. Если $\Delta N$ – уменьшение числа нейтронов в ядре, а $\Delta Z$ – уменьшение числа протонов в ядре, то какие изменения в составе ядра произошли в результате радиоактивного альфа – распада?

1) $\Delta N = 4$
2) $\Delta Z = 4$
3) $\Delta N = 0$
4) $\Delta N = 2$

223. $\gamma$ – излучение представляет собой поток...

1) электронов
2) ядер атомов гелия
3) протонов
4) квантов электромагнитного излучения, испускаемых атомными ядрами при переходе из возбужденного состояния в основное.

224. В процессе электромагнитного взаимодействия принимают участие...

1) Фотоны
2.) Нейтрино
3) Нейтроны
4) Протоны

225. Какой порядковый номер в таблице Менделеева имеет элемент, который образуется в результате $\alpha$ – распада и последующего $\beta$ – распада ядра элемента с порядковым номером Z?

1) Z + 2
2) Z + 1
3) Z – 2
4) Z – 1

226. При самопроизвольном распаде ядра энергия

1)Выделяется
2) Поглощается
3) Сначала поглощается, потом выделяется
4) Не выделяется и не поглощается

227. Активность некоторого изотопа за 10 суток уменьшилась на 50 %.
Период полураспада этого изотопа….

1) 10 суток
2) 7 суток
3) 30 суток
4) 20 суток
5) 5 суток

228. Изобарами называются нуклиды...

1) Обладающие одинаковым спином
2) С невозбужденной оболочкой
3) С одинаковым числом нейтронов
4) С одинаковым массовым числом

229. Радиоактивный изотоп нептуния $^{237}_{93}Np$ после одного α – распада превращается в изотоп
1) $^{233}_{91}Pa$
2) $^{238}_{92}U$
3) $^{230}_{90}Th$
4) $^{241}_{94}Pu$

230. При распаде ядра изотопа лития $_3Li^8$ образовались два одинаковых ядра и β – частица. Два одинаковых ядра – это ядра...

1) Водорода
2.) Гелия
3) Бора
4) Дейтерия

231. Устройство, в котором регистрация траектории быстрых заряженных частиц осуществляется за счет конденсации пересыщенных паров воды при ионизации воздуха пролетающими частицами, называется...

1) Счетчик Гейгера
2) Камера Вильсона
3) Пузырьковая камера
4) Толстослойная фотоэмульсия

232. Значение зарядового числа Z при β – распаде меняется...

1) На три
2) На единицу
3) Не меняется
4) На четыре

233. В первой ядерной реакции, осуществленной Резерфордом, ядра азота $^{14}_{7}N$ при бомбардировке α –частицами, превращались в ядра изотопа кислорода $^{17}_{8}O$ . Какие еще частицы были продуктом реакции?

1) Протон
2) Два протона
3) Нейтрон
4) Два нейтрона

234. Ниже записана ядерная реакция, а в скобках указаны массы ( в а.е.м.) участвующих в ней частиц. Поглощается или выделяется энергия при этой реакции?

$$^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{106}_{43}Tc + {}^{133}_{51}Sb$$

(239,05) (105,91) (132,92)

1) Выделяется
2) Поглощается
3) Не поглощается и не выделяется
4) Недостаточно данных для ответа

235. Имеется $10^8$ атомов радиоактивного изотопа йода $_{53}I^{128}$ , период полураспада которого 25 мин. Какое количество ядер изотопа распадается за 50 мин?

1) $2{,}5*10^7$
2) $7{,}5*10^7$
3) $5*10^7$
4) $10^8$

236. Сколько α – и β – распадов должно произойти, чтобы $^{238}_{92}U$ превратился в стабильный изотоп свинца $^{207}_{82}Pb$:

5) 6 α – распадов и 8 β – распадов;
6) 8 α –распадов и 6 β – распадов;
7) 9 α - распадов и 5 β – распадов;
8) 10 α –распадов и 4 β – распадов.

237. Испусканием ядер гелия обязательно сопровождается...
1) $\beta^-$ – распад
2) К – захват
3) $\beta^+$ – распад
4) любой радиоактивный распад.

*Критерии оценивания:* правильность ответов
*Правила оценивания:*
Правильный ответ – 1 балл
Неправильный ответ, ответ с ошибкой – 0 баллов

Составил: Коршунов И.Г., д.ф.-м.н., профессор

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

для экзамена

дисциплина **ФИЗИКА**

**Теоретические вопросы для экзамена направлены на оценку знаний, умений и владений, формирующих компетенции ОК-7 и ПКД-2**

1. Развитие представлений о природе света. Закон отражения. Закон преломления. Современные представления о природе света.
2. Интерференция света. Оптическая длина пути и оптическая разность хода. Условия усиления и ослабления света при интерференции.
3. Методы наблюдения интерференции света. Расчет интерференционной картины от двух источников.
4. Интерференция от тонкой плоскопараллельной пластинки (полосы равного наклона и равной толщины).
5. Интерференция от клинообразной пластинки.
6. Кольца Ньютона.
7. Дифракция света. Метод зон Френеля. Прямолинейное распространение света.
8. Дифракция Френеля на круглом отверстии.
9. Дифракция Френеля на диске.
10. Дифракция в параллельных лучах на одной узкой щели (дифракция Фраунгофера).
11. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке.
12. Естественный и поляризованный свет. Поляроиды. Закон Малюса.
13. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера.
14. Двойное лучепреломление.
15. Поляроиды и поляризационные призмы. Призма Николя.
16. Двоякопреломляющие призмы. Дихроизм.
17. Вращение плоскости поляризации.
18. Тепловое излучение. Свойства теплового излучения.
19. Испускательная и поглощательная способности тел. Абсолютно черное тело.
20. Закон Кирхгофа. Следствия из закона Кирхгофа.
21. Закон Стефана – Больцмана. Закон смещения Вина.
22. Формула Релея - Джинса и ультрафиолетовая катастрофа. Формула Планка для теплового излучения.
23. Фотоны, их свойства: энергия, масса, импульс.
24. Фотоэффект. Внутренний. ВАХ для внешнего фотоэффекта.
25. Законы Столетова для внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
26. Давление света. Опыты Лебедева. Квантовое и волновое объяснение давления све-

та.

27. Диалектическое единство корпускулярных и волновых свойств электромагнитного излучения.
28. Эффект Комптона.

29. Спектры рентгеновских лучей. Закон Мозли
30. Спектр атома водорода. Линейчатый спектр атома водорода. Обобщенная форму ла Бальмера.
31. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома. Недостатки модели.
32. Боровская теория атома водорода. Постулаты Бора. Радиус n-ой стационарной орбиты, скорость на этой орбите; полная энергия в водородоподобном атоме (выводы). Схема возможных энергий в атоме водорода.
33. Гипотеза де Бройля о корпускулярно-волновом дуализме микрочастиц и подтверждение ее опытом. Волны де Бройля.
34. Соотношение неопределенностей Гейзенберга для импульса и энергии.
35. Волновая функция, ее статистический смысл и нормировка. Вероятностный подход к описанию микрочастиц.
36. Уравнение Шредингера, содержащее и не содержащее время. Собственные волновые функции. Собственные значения энергии микрочастицы.
37. Решение уравнения Шредингера для частиц в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме.
38. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Нахождение вероятности нахождения микрочастицы в любой области этой потенциальной ямы.
    Собственные значения энергии частицы. Граничные условия.
39. Туннельный эффект
40. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике
41. Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Основное состояние электрона для атома водорода.
42. Квантовые числа электронов в атоме: главное, орбитальное, магнитное и магнитное спиновое квантовые числа и физические характеристики атома, которые определяются ими.
43. Спин электрона. Схема энергетических уровней атома водорода. Спектр атома водорода. Правили отбора.
44. Принцип Паули. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева.

45. Заряд, масса, размер атомного ядра. Состав ядра. Нуклоны. Изотопы. Радиус ядра. Ядерные силы.
46. Дефект массы и энергия связи ядер. Удельная энергия связи.
47. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Активность препарата.
48. Правило смещения при радиоактивном распаде. Виды радиоактивного распада ( $\alpha$,-распад $\beta$-распад). Применение правил смещения.
49. Ядерные реакции. Энергетический эффект ядерной реакции.
50. Реакции деления тяжелых ядер.
51. Реакции синтеза легких ядер.
52. Цепные реакции деления.
53. Радиоуглеродный метод датировки.

| *Критерии оценивания:* | *Количество баллов* |
|---|---|
| Полнота ответа на вопрос | 0-3 |
| Последовательность ответа на вопрос | 0-2 |
| Степень использования и понимания теоретических (научных) источников | 0-2 |
| Демонстрация умения анализировать материал | 0-1 |
| Соблюдение норм литературной речи | 0-1 |
| Использование профессиональной лексики | 0-1 |

*Критерии оценки:*

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он набрал 9-10 баллов

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он набрал 7-8 баллов

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 5-6 баллов

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-4 балла.

Автор: Коршунов И.Г., д.ф-м.н., профессор.

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики

# ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ С ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИМ УКЛОНОМ

для экзамена

дисциплина **ФИЗИКА**

**Задачи по физике с горно-техническим уклоном для экзамена направленые на оценку знаний, умений и владений, формирующих компетенции ОК-7 и ПКД-2**

1. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга I мм, расстояние от щелей до экрана 3м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.
2. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.
3. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?
4. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластинки освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей 0°, длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.
5. Плосковыпуклая линза (n=1,5) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете ($\lambda$ =600 нм).
6. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Нью-она в отраженном свете равен 3,6 мм?
7. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.
8. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен 1°. Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?
9. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda$=0,6 мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.
10. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?
11. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

12. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на I мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.
13. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.
14. Угол преломления луча света в жидкости равен 35°. Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.
15. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.
16. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43°. Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?
17. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57°. Определить скорость распространения света в этом кристалле.
18. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен 45°. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до 60°?
19. Температура «голубой» звезды $3 \cdot 10^4$К. Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.
20. Приняв температуру поверхности Солнца равной 6000 К, определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.
21. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен 34 Вт. Найти температуру печи, если площадь отверстия 6 $см^2$.
22. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна 0,55 Дж. Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?
23. Печь при температуре 1100 К посылает на измерительный прибор некоторое тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?
24. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны 800 нм. Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого 100 $см^2$, чтобы поддерживать его при постоянной температуре.
25. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с 500 нм на 750 нм. Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?
26. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна 307 нм и кинетическая энергия фотоэлектрона I эВ?
27. Калий (работа выхода 2 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.
28. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм.
29. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны 500 нм.
30. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

31. На поверхность площадью 100 $см^2$ ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.
32. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно 2,2·10-7Н/$м^2$. Сколько фотонов падает на I $см^2$за одну секунду?

33. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна 1,097·107$м^{-1}$.
34. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.
35. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.
36. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.
37. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона 9,1·$10^{-31}$кг, масса протона 1,67·$10^{-27кг}$.
38. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?
39. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.
40. Электрон, движущийся со скоростью 6·$10^6$м/с, попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?
41. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51МэВ.
42. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.
43. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоду трубки, составляет 0,85 скорости света.
44. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения ($\lambda$мин =77,6 пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.
45. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в возбужденном состоянии (n=2). Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.
46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?
47. В одномерной потенциальной яме шириной *l* находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.
48. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.
49. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.
50. Определить возможные значения проекции момента импульса $L_Z$ орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.
51. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной *l* с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии (n=3).

52. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция $_{38}Sr^{90}$ через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.
53. Сколько β-частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа $_{11}Na^{24}$, период полураспада которого составляет 15 часов?
54. Препарат $_{92}U^{238}$ массой 1 г излучает $1{,}24\cdot10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.
55. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.
56. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода $_{53}J^{124}$ спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.
57. Сколько β-частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора $_{15}P^{32}$ массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.
58. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?
59. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?
61. Дефект массы ядра $_7N^{15}$ равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома.
( $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.).
62. Найти удельную энергию связи ядра $_6C^{12}$, если известно, что $m\,_1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\,_0n1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\,_{12}C^6 = 12{,}00000$ а.е.м.
63. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 Мэв. ($m\,_1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\,_0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.).
64. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода $_8O^{16}$, если $m\,_1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\,_0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\,_8O^{16} = 1\ 5{,}99491$ а.е.м.
65. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома $_{11}Na^{23}$, если $m\,_{11}Na^{23} = 22{,}98977$а.е.м.; $m\,_1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\,_0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.
66. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $_3Li^7$, если известно, что $m\,_3Li^7 = 7{,}01601$ а.е.м.; $m\,_1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\,_0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.
67. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода $_1H^1$ равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.
68. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра $_5B^{11}$,если известны следующие массы: $m\,_5B^{11} = 11{,}00931$ а.е.м.; $m\,_1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\,_0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.
69. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра $_{11}Na^{23}$, если известны следующие массы: $m\,_0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\,_{11}Na^{23} = 22{,}98977$ а.е.м.; $m\,_{11}Na^{22} = 21{,}99444$ а.е.м.
70. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра $_2He^4$,если известны массы: $m\,_0n^{\,1} = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\ _2He^4 = 4{,}00260$ а.е.м.; $m\,_2He^3 = 3{,}01603$ а.е.м.
71. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра $_8O^{16}$ ($_8O^{16}\rightarrow{}_7N^{15} + {}_1H^1$). $m\,_1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\,_8O^{16} = 15{,}99491$ а.е.м.; $m\,_7N^{15} = 15{,}00011$ а.е.м.
72. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:
$_{13}Al^{27} + {}_2He^4\rightarrow{}_{15}P^{30} + {}_0n^1$, если $m\,_{13}Al^{27} = 2\ 6{,}98154$ а.е.м.; $m\,_2He^4 = 4{,}00260$ а.е.м.; $m\,_{15}P^{30} = 29{,}97263$ а.е.м.; $m\ _0n^{\,1} = 1{,}00867$ а.е.м.
73.Вычислить энергетический эффект ядерной реакции: $_1H^2 + {}_1H3\rightarrow{}_2He^4 + {}_0n^1$, если $m\,_1H^2 = 2{,}01410$ а.е.м.; $m\,_1H^3 = 3{,}01605$ а.е.м.; $m\,_0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\,_2He^4 = 4{,}00260$ а.е.м.

74. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция $_2He^3 + _1H^2 \rightarrow _2He^4 + _1H^1$. Вычислить энергию этой реакции. ($m_{_2He^3} = 3{,}01603$ а.е.м.; $m_{_1H^2} = 2{,}01410$ а.е.м.; $m_{_2He^4} = 4{,}00260$ а.е.м.; $m_{_1H^1} = 1{,}00783$ а.е.м.).

75. Вычислить энергию ядерной реакции $_7N^{14} + _0n^1 \rightarrow _6C^{14} + _1H^1$. ($m_{_7N^{14}} = 14{,}00307$а.е.м.; $m_{_0n^1} = 1{,}00867$ а.е.м ; $m_{_6C^{14}} = 14{,}00324$ а.е.м.; $m_{_1H^1} = 1{,}00783$ а.е.м.).

76. Определить энергию ядерной реакции $_3Li6 + _1H^2 \rightarrow _2He^4 + _2He^4$. ($m_{_3Li^6} = 6{,}01513$ а.е.м.; $m_{_1H^2} = 2{,}01410$ а.е.м.; $m_{_2He^4} = 4{,}00260$ а.е.м.).

77. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра $_6C^{14}$? Известны массы: $m_{_6C^{14}} = 14{,}00324$ а.е.м.; $m_{_0n^1} = 1{,}00867$ а.е.м.; $m_{_6C^{13}}6 = 13{,}00335$а.е.м.

78. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить $_6C^{12}$ на три равные части.( $m_{_6C^{12}} = 12{,}00000$ а.е.м.; $m_{_2He^4} = 4{,}00260$ а.е.м.).

79. Определить энергию ядерной реакции $_{20}Ca^{14} + _1H^1 \rightarrow _{19}K^{41} + 2He^4$. ($m_{_{20}Ca^{44}} = 43{,}95549$ а.е.м.; $m_{_1H^1} = 1{,}00783$ а.е.м.; $m_{_2He^4} = 4{,}00260$ а.е.м.; $m_{_{19}K^{41}} = 40{,}96184$ а.е.м.)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.Д. Кузнецов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных и контрольных работ
по дисциплине

# Б1.О.11 ХИМИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Зайцева Н.А., доцент, к.х.н.

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
| Химии | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Амдур А. М. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ВВЕДЕНИЕ

*Качественная реакция* – химическая реакция, с помощью которой можно определить наличие в растворе того или иного вещества или его фрагмента (катиона, аниона, функциональной группы). Качественная реакция на ионы позволяет обнаружить («открыть») в растворе присутствие соответствующих ионов. При обнаружении открываемого иона обычно фиксируют появление аналитического сигнала — образование осадка, изменение окраски раствора, появление запаха и т. д.

## Требования к качественным реакциям

1. Экспрессность (реакция должна протекать быстро).
2. Высокая чувствительность.
3. Селективность или специфичность.
4. Необратимость.

**Чувствительность** реакции определяется наименьшим количеством искомого вещества, которое может быть обнаружено данным реактивом в капле раствора.

Существенной характеристикой анализа является селективность (избирательность).

По избирательности реагенты можно разделить на три группы:

1. *Специфические реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество

(ион), например: крахмал для обнаружения $I_2$ (синяя окраска); щёлочь для обнаружения $NH^{4+}$ (запах аммиака).

*Специфические реакции* – реакции, которые дают возможность открывать одни ионы в присутствии различных других ионов.

2. *Селективные реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить небольшое число веществ. Например, диметилглиоксим в аммиачном буферном растворе реагирует с Fe (II), Co (II), Ni (II), Zr (IV), Th (IV).

3. *Групповые реагенты* – используются в систематическом анализе смеси катионов и взаимодействуют со всеми катионами одной аналитической группы.

Реакции, позволяющие обнаружить искомые ионы в отдельных порциях сложной смеси при условии устранения влияния других ионов, называют **дробными реакциями**, а метод анализа, основанный на применении дробных реакций, называют **дробным анализом.** При этом порядок обнаружения катионов и анионов не имеет особого значения. При **систематическом анализе**, в отличие от дробного, соблюдается определенный порядок разделения и последующего открытия ионов. К обнаружению ионов приступают лишь после удаления из раствора всех других ионов, мешающих открытию. Систематический (групповой) анализ применяют при невозможности использования дробного анализа. На основе растворимости их солей или других соединений ионы делят на аналитические группы, на основании различных классификаций катионов разработаны разные методы систематического анализа катионов.

## Методы систематического анализа

1. Сероводородный – основан на разной растворимости сульфидов и хлоридов в зависимости от *pH*-среды.

2. Аммиачно-фосфатный – основан на разной растворимости фосфатов.

3. Кислотно-основной – основан на разной растворимости в кислотах и основаниях гидроксидов и солей (табл. 1).

Таблица 1

**Классификация катионов по кислотно-основному методу**

| Группа | Катионы | Групповой реактив | Характеристика группы |
|---|---|---|---|
| I | $Na^+$, $K^+$, $NH_4^+$ | – | Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде |
| II | $Ag^+$, $Pb^{2+}$, $Hg_2^{2+}$ | 2M HCl | Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах |
| III | $Ca^{2+}$, $Sr^{2+}$, $Ba^{2+}$ | 2M $H_2SO_4$ | Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах |
| IV | $Al^{3+}$, $Cr^{3+}$, $Zn^{2+}$, $^*As^{3+}$, $^*As^{5+}$, $Sn^{2+}$, $Sn^{4+}$ | 4M NaOH (избыток) | Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи |
| V | $Fe^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Mn^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Bi^{3+}$, $Sb^{3+}$, $Sb^{5+}$ | 2M NaOH (25 % $NH_4OH$) | Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке |
| VI | $Cu^{2+}$, $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$, $Hg^{2+}$, $Cd^{2+}$ | 25% $NH_4OH$ (избыток) | Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов |

$^*As^{3+}$ и $As^{5+}$ гидроксидов не образуют.

## Лабораторная работа № 1

## КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА

**Цель работы:** познакомиться с качественными реакциями на катионы железа, определить наиболее подходящие реактивы для открытия $Fe^{3+}$ и $Fe^{2+}$.

Для получения аналитического сигнала в качественном анализе используют химические реакции разных типов: реакции ионного обмена (осаждение, нейтрализация), окислительно-восстановительные, комплексообразование. Для обнаружения ионов железа возможно использование всех типов реакций.

### *Реакции ионного обмена в качественном анализе*

**Опыт 1. Действие щелочей на катионы $Fe^{3+}$ и $Fe^{2+}$**

В две пробирки налейте по 1 мл растворов $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора щёлочи в каждую пробирку. Сравните полученные осадки $Fe(OH)_3$ и $Fe(OH)_2$, составьте уравнения обеих реакций. Растворимы ли полученные гидроксиды железа в избытке щёлочи?

**Опыт 2. Действие раствора аммиака на катионы $Fe^{3+}$ и $Fe^{2+}$**

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл разбавленного раствора гидроксида

аммония в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций. Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на оба осадка: образуют ли ионы железа аммиачные комплексы?

## *Реакции окисления-восстановления*

### Опыт 3. Действие окислителей на катионы $Fe^{3+}$ и $Fe^{2+}$

**а)** В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей $Fe^{2+}$ и $Fe^{3+}$, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание $KMnO_4$? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов $Mn^{2+}$, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

**б)** В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей $Fe^{2+}$ и $Fe^{3+}$, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор бихромата калия, в какой из них наблюдается изменение окраски раствора? Запишите уравнение реакции, учитывая, что бихромат-ионы $Cr_2O_7^{2-}$ восстанавливаются до ионов $Cr^{3+}$, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

### Опыт 4. Действие восстановителей на катионы $Fe^{3+}$ и $Fe^{2+}$

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей $Fe^{2+}$ и $Fe^{3+}$, добавьте по 1 мл раствора йодида калия. Какая из солей железа проявила окислительный свойства? Запишите уравнение реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

## *Реакции с участием комплексных ионов*

### Опыт 5. Реакция ионов железа с роданидом аммония

В две пробирки налейте по 1 мл раствора $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора роданида аммония $NH_4SCN$ в каждую пробирку. В какой из пробирок наблюдается образование роданида железа красного цвета? Составьте уравнение реакции.

### Опыт 6. Реакция ионов железа с реактивом Чугаева

В две пробирки налейте по 1 мл раствора соли железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл раствора аммиака и по 1 капле раствора диметилглиоксима ($C_4H_8N_2O_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа [Fe $(C_4H_7O_2N_2)_2$].

### Опыт 7. Берлинская лазурь и турнбуллева синь

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора жёлтой кровяной соли (гексацианоферрата (II) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок берлинской лазури имеет состав $Fe_4$ $[Fe(CN)_6]_3$.

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора красной кровяной соли (гексацианоферрата (III) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение

реакции, предполагая, что выпавший осадок турнбуллевой сини имеет состав $Fe_3$ [Fe $(CN)_6]_3$. Сделайте вывод, какой кровяной солью можно открыть ион $Fe^{2+}$, и с помощью какой обнаруживается ион $Fe^{3+}$.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком Fe $(OH)_2$ при добавлении к нему раствора перекиси водорода $H_2O_2$? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeCl_3$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_3$) = $3{,}8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeSO_4$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_2$) = $4{,}8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка Fe $(OH)_3$ массой 0,5 г?

4. Реакция образования окрашенного роданида железа (опыт 3) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия этой реакции. Какими способами, согласно принципу Ле-Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования окрашенного продукта?

5. Запишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации красной и жёлтой кровяных солей. Почему чаще всего именно цианид-ионы используются для маскирования ионов железа в растворах?

6. Подвергаются ли соли железа гидролизу? Запишите уравнения взаимодействия с водой для $FeCl_3$ и $FeSO_4$, определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?

## Лабораторная работа № 2

## КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ и $Cu^{2+}$

**Цель работы:** познакомиться с качественными реакциями на ионы **$Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ и $Cu^{2+}$**, выполняемыми пробирно, капельно, и с использованием экстракции, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

**Предел обнаружения** – минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данным методом допустимой погрешностью. Предел обнаружения в значительной степени зависит от условий протекания реакции. Обычно для обнаружения ионов применяют реакции с пределом обнаружения $10^{-7}$ г (0,1мкг) в 1 мл раствора.

### Приемы для обеспечения низкого предела обнаружения

1. *Капельный анализ* – метод микрохимического анализа, в котором качественную реакцию проводят с использованием капли раствора. Реакции выполняют на стеклянной или фарфоровой пластинке, фильтровавальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм$^3$. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрокристаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с харак-

терной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс переведения вещества из водной фазы в органическую, используется для разделения и концентрирования веществ.

4. *Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц в водной суспензии или растворе, основанный на их избирательной адсорбции на границах раздела фаз в соответствии с их смачиваемостью, используется для разделения и концентрирования.

5. *Метод «умножающихся реакций»* – ряд последовательных реакций, в результате которых получается новое вещество в количестве, во много раз превышающем первоначальное количество обнаруживаемого вещества.

6. *Каталитические реакции*.

## *Реакции в пробирке (в растворе)*

### Опыт 1. Действие щелочей на катионы $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ и $Cu^{2+}$

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ и $Cu^{2+}$, добавьте по 1 мл разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку. Составьте уравнения реакций образования синего CoOHCl, голубого CuOHCl и зелёного NiOHCl. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком концентрированной щёлочи, составьте уравнения реакций образования гидроксидов кобальта (II), никеля (II) и меди (II).

**Опыт 2. Действие раствора аммиака на $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ и $Cu^{2+}$**

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ и $Cu^{2+}$, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки, запишите уравнения реакций, учитывая, что в аммиачных комплексах кобальта и никеля координационное число комплексообразователя равно шести, а медь удерживает только четыре лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

**Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью**

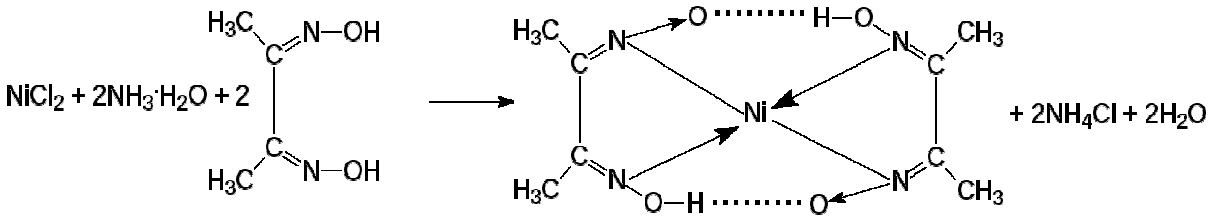
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ и $Cu^{2+}$, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

***Капельные реакции на фильтровальной бумаге***

**Опыт 4. Реакция катионов $Ni^{2+}$ с реактивом Чугаева**

На сухую фильтровальную бумагу поместите несколько капель раствора соли никеля (II), добавьте каплю раствора аммиака и каплю раствора диметилглиоксима $C_4H_8N_2O_2$ (реактив Чугаева). Сравните наблюдаемый аналитический сигнал с реакцией образо-

вания диметилглиоксимата железа (II), выполненной в предыдущей работе. Запишите уравнение реакции




Проведите аналогичную реакцию с растворами меди (II) и кобальта (II). Какой из этих ионов может мешать определению ионов никеля и почему?

**Опыт 5. Капельная реакция ионов $Co^{2+}$ с роданидом аммония**

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли $NH_4SCN$, при необходимости добавьте ещё одну каплю раствора. Как изменилась окраска кристаллов? Составьте уравнение реакции образования комплексного соединения $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$.

***Обнаружение катионов с использованием экстракции***

**Опыт 6. Реакция ионов $Co^{2+}$ с роданидом аммония**

Поместите в пробирку несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли тиоцианата (роданида) аммония. Как изменилась окраска раствора?

Чувствительность этой реакции можно повысить с помощью экстракции окрашенного комплекса $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ органическим растворителем. Добавьте к полученному раствору несколько капель изоамилового спирта, взболтайте. Дождитесь разделения в пробирке водной и спиртовой фаз. Что при этом наблюдается?

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций первичной и вторичной диссоциаций гексаамминкобальта (II), гексаамминникеля (II), тетраамминмеди (II). Запишите формулы для константы нестойкости.

2. Для открытия ионов $Ni^{2+}$ с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения $Ni^{2+}$ – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг $Ni^{2+}$ в 1 мл. Предел обнаружения можно уменьшить до 0,015 мкг, если каплю анализируемого раствора нанести на фильтровальную бумагу, пропитанную диметилглиоксимом. Если осадок диметилглиоксимата никеля (II) флотируется на границе раздела фаз «вода – изоамиловый спирт», то предел обнаружения ионов $Ni^{2+}$ понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов $Ni^{2+}$, открываемых каждым из способов.

3. Окисление тиосульфат-ионов ионами железа (III) ускоряется в присутствии ионов меди (каталитическая реакция). Время обесцвечивания тиоцианата железа (III) тиосульфатом натрия в отсутствие меди около двух минут. В присутствии ионов $Cu^{2+}$ раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов $Cu^{2+}$, соответствующую этому пределу обнаружения.

## Лабораторная работа № 3

## КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, $Cr^{3+}$, $Zn^{2+}$

**Цель работы:** познакомиться с качественными реакциями на ионы **$A1^{3+}$, $Cr^{3+}$** и **$Zn^{2+}$**, научиться использовать амфотерность их гидроксидов в химическом анализе, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Для проведения каждой качественной реакции необходимо соблюдать определенные условия, основные из которых: *pH*-среды; температура; концентрации реагентов; присутствие определенных веществ; отсутствие мешающих ионов или веществ. Для протекания многих реакций необходима среда с определенным значением *pH* водного раствора. Значение *pH* можно контролировать с помощью индикаторов или прибора *pH*-метра. Для поддержания нужного значения *pH* при необходимости используют соответствующие буферные растворы.

*Буферные растворы* — это растворы, способные сохранять постоянное значение *pH* при разбавлении водой или добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований. В состав буферной смеси входят в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами.

Амфотерность гидроксидов алюминия, цинка и хрома (III) позволяет отделять их от остальных катионов действием растворов щелочей различной концентрации.

**Опыт 1. Действие щелочей на катионы $A1^{3+}$, $Cr^{3+}$, $Zn^{2+}$**

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по несколько капель очень разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку до образования нерастворимых гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком щёлочи до полного растворения, составьте уравнения реакций образования тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

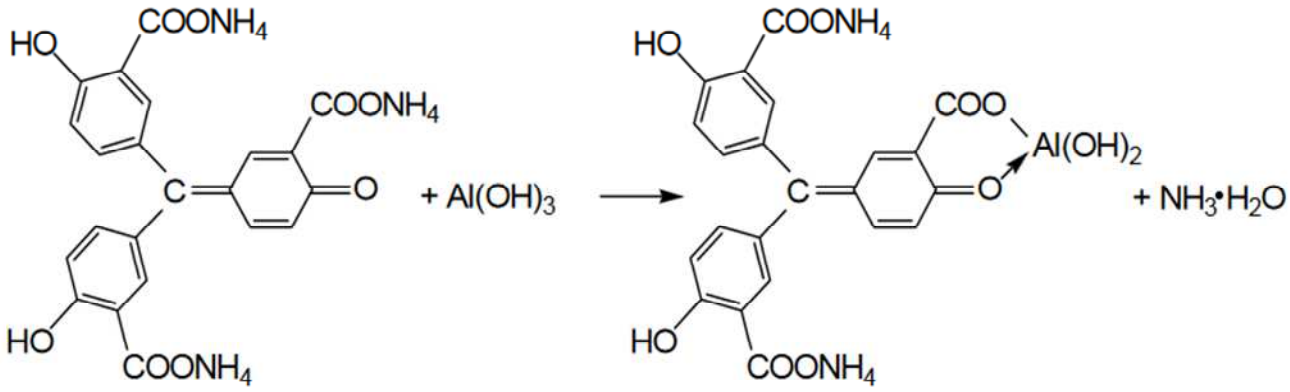
**Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы $A1^{3+}$, $Cr^{3+}$, $Zn^{2+}$**

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки. Какие гидроксиды растворяются частично или полностью? Составьте реакцию комплексообразования, учитывая, что в образующихся аммиакатных комплексах координационное число каждого комплексообразователя вдвое больше, чем модуль его степени окисления.

**Опыт 3. Реакция ионов алюминия с алюминоном**

В пробирку поместите 3–4 капли раствора соли алюминия, при необходимости 2–3 капли раствора уксусной кислоты и 3–5 капель 0,01 % раствора алюминона ($C_{21}H_{11}O_9(NH_4)_3$). Смесь нагрейте на водяной бане, добавьте несколько капель раствора аммиака до щелочной реакции и выпадения красного хлопьевидного осадка алюминиевого лака.




**Опыт 4. Реакция ионов цинка с желтой кровяной солью**

В пробирке к 1 мл раствора $ZnCl_2$ добавьте 1 мл раствора гексацианоферрата (II) калия. Наблюдайте выпадение белого осадка $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$. Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

**Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)**

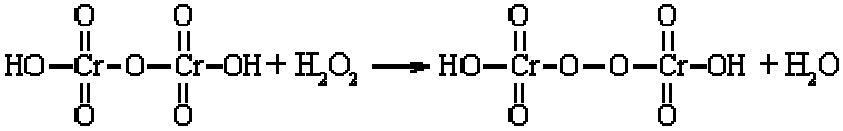
В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома(III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода $H_2O_2$. Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтую (цвет

хромат-ионов $CrO_4^{2-}$). Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

**Опыт 6. Образование надхромовой кислоты**

К жёлтому раствору хромата натрия, полученному в предыдущем опыте, прибавьте 5 капель пероксида водорода $H_2O_2$, ~0,5 мл изоамилового спирта, тщательно перемешайте и прибавьте по каплям раствор серной кислоты (1 моль/л). Верхний органический слой окрашивается в интенсивно синий цвет за счёт экстракции образовавшейся надхромовой кислоты $H_2CrO_6$. Запишите уравнение реакции, протекающее через образование дихромовой кислоты и её последующее окисление перекисью водорода:

$$2Na_2CrO_4+2H_2SO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7+2Na_2SO_4+H_2O$$



$$H_2Cr_2O_8 + 3\ H_2O_2 \leftrightarrow 2\ H_2CrO_6 + 2\ H_2O$$

Составьте электронно-ионный баланс для этой реакции.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации солей, полученных в первом опыте: тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

2. Напишите выражение константы нестойкости для комплексных ионов тетраамминцинка и гексаамминхрома, полученных во втором опыте.

3. Напишите уравнения диссоциаций хромовой, дихромовой и надхромовой кислот.

## Лабораторная работа № 4

## РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ $Ag^{+}$, $Pb^{2+}$, $Hg^{2+}$ МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

**Цель работы**: познакомиться с разделением и идентификацией катионов методом бумажной хроматографии

*Хроматография* – физико–химический метод разделения веществ, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях.

Анализируемые компоненты распределяются между подвижной и неподвижной фазами. Неподвижной фазой служит твердое вещество – сорбент. Подвижной фазой является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу – элюент. Элюент в процессе хроматографирования перемещается вдоль сорбента, так что частицы анализируемых веществ могут многократно переходить из подвижной фазы в неподвижную и наоборот. Разделение веществ с помощью хроматографии основано на различном сродстве разделяемых компонентов к подвижной и неподвижной фазам.

*Бумажная хроматография* – вид хроматографии, в котором носителем неподвижного растворителя служит очищенная от примесей фильтровальная бумага. Подвижная фаза продвигается вдоль

листа бумаги, главным образом за счет капиллярных сил. Бумажная хроматография отличается простотой, экспрессностью, наглядностью разделения, высокой чувствительностью (можно определить 10–20 мкг вещества с точностью 5–7 %).

**Опыт 1. Подготовка фильтровальной бумаги**

Два фильтра «синяя лента» диаметром 45 мм смочите 5 %-м раствором йодида калия, опуская фильтры в раствор пинцетом. Высушите фильтры на воздухе в чашке Петри.

**Опыт 2. Получение первичной осадочной хроматограммы**

В центр каждого высушенного фильтра нанесите пипеткой каплю анализируемой смеси катионов $Ag^+$, $Hg^{2+}$ и $Pb^{2+}$, после её полного впитывания нанесите еще одну, дайте ей впитаться. Катионы анализируемой смеси вступают в реакцию с KI, которым пропитан фильтр, образуя осадочную хроматограмму, зоны которой имеют цвета осадков AgJ (жёлтый), $HgJ_2$ (оранжевый), $PbJ_2$ (ярко-желтый).

Полученные хроматограммы необходимо промыть дистиллированной водой. Для промывания хроматограмм нанесите на фильтры 2–3 капли дистиллированной воды, внося каждую последующую каплю после впитывания предыдущей до увеличения размера зон в два–три раза. Высушите обе осадочные хроматограммы, заполните табл. 1, составьте уравнения реакций образования осадков.

Таблица 1

**Первичная хроматограмма смеси катионов $Ag^+$, $Hg^{2+}$, $Pb^{2+}$**

| Зона адсорбции | Цвет зоны | Ион |
|---|---|---|
| 1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра) | | |
| 2. Вторая – средняя адсорбция | | |
| 3. Третья – плохая адсорбция (края фильтра) | | |

**Опыт 3. Получение проявленной осадочной хроматограммы**

Анализируя первичную хроматограмму, легко определить катионы $Hg^{2+}$ (оранжевая зона в центре) и $Pb^{2+}$ (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска AgJ либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым $HgJ_2$ и ярко-желтым $PbJ_2$), либо не видна совсем. Для того, чтобы явно видеть зону серебра, первичную хроматограмму на одном из фильтров необходимо проявить.

Для проявления хроматограммы внесите в центр фильтра каплю раствора NaOH. При этом йодид свинца растворится в NaOH с образованием бесцветного плюмбита натрия $Na_2PbO_2$, йодид ртути останется неизменным, бледно-жёлтое пятно йодида серебра постепенно почернеет вследствие превращения гидроксида серебра (I) в оксид серебра (I), который затем разложится до свободного серебра.

Заполните табл. 2, составьте уравнения всех протекающих при проявке первичной хроматограммы реакций.

Таблица 2

**Вторичная хроматограмма смеси катионов $Ag^+$, $Hg^{2+}$, $Pb^{2+}$**

| Зона адсорбции | Цвет зоны | Ион |
|---|---|---|
| 1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра) | | |
| 2. Вторая – средняя адсорбция | | |
| 3. Третья – плохая адсорбция (край фильтра) | | |

По результатам работы сделайте вывод об эффективности метода бумажной хроматографии для дробного открытия катионов $Ag^{+}$, $Hg^{2+}$, $Pb^{2+}$ при их совместном присутствии.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие процессы лежат в основе хроматографического анализа?

2. Вычислите ПР йодида свинца (II), если известно, что растворимость его равна 0,03 г на 0,1 кг воды.

3. Выпадет ли осадок при взаимодействии равных объемов растворов $AgNO_3$ и KI, если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра ПР (AgI) =$8{,}3 \cdot 10^{-17}$.

4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата калия. Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

5. Оксид серебра (I) неустойчив на воздухе, поэтому он используется не в чистом виде, а в аммиачном растворе (реактив Толленса). При взаимодействии гидроксида аммония и оксида серебра (I) образуется гидроксид диамминсеребра (I). Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

6. Дайте определения терминам «элюент», «сорбент», «элюат», «подвижная фаза», «неподвижная фаза», «собрция», «десорбция».

## Лабораторная работа № 5

## ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ

**Цель работы:** с помощью качественных реакций определить, какая соль находится в каждой пробирке.

### Ход работы

В двенадцати пронумерованных пробирках находятся следующие растворы соли:

| **Раствор бесцветный** | **Раствор может быть окрашенным** |
|---|---|
| Хлорид аммония | Сульфат меди (II) |
| Хлорид кальция | Хлорид кобальта (II) |
| Сульфат марганца (II) | Хлорид никеля (II) |
| Сульфат железа (II) | Хлорид хрома (III) |
| Хлорид цинка | Хлорид железа (III) |
| Хлорид алюминия | |
| Нитрат свинца (II) | |

После получения у преподавателя нескольких пробирок (по вариантам 3–6 шт.,) составьте в тетради таблицу для записи результатов анализа:

**Качественный анализ растворов, номер (№) (запишите номера пробирок)**

| Испытуемый раствор | Добавленный реагент | Наблюдение | Предполагаемый состав | Вывод |
|---|---|---|---|---|
| Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов» | | | | |
| № 13 | отсуствует | Раствор розовый | Ионы $Co^{2+}$ | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| № 13 | NaOH | Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым | CoOHCl $Co(OH)_2$ | В пробирке был $CoCl_2$ |
| Опыт № 2 «Действие щелочей» | | | | |
| № 14 | | | | |

**Опыт 1. Открытие окрашенных ионов**

Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте уравнения реакций, сделайте выводы.

**Опыт 2. Действие щелочей на испытуемые растворы**

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором щёлочи, добавляя его по каплям. Занесите в таблицу аналитический сигнал: выделился запах аммиака, выпал неизменяющийся осадок, выпал осадок, растворимый в избытке щёлочи или темнеющий на воздухе. Обратите внимание, что гидроксид свинца $Pb(OH)_2$ проявляет амфотерные свойства, растворяясь в избытке щелочи с образованием плюмбита $Na_2PbO_2$, а светло-бежевый гидроксид марганца $Mn(OH)_2$ постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

$$2\ Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:

$$Mn(OH)_2+H_2O_2 \rightarrow MnO_2\downarrow +2\ H_2O.$$

Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов $Mn^{2+}$ кроме реакции с $H_2O_2$ можно использовать ОВР с окислением марганца до розовых перманганат-ионов висмутатом натрия в сильнокислой среде:

$$2MnSO_4+5NaBiO_3+16HNO_3 \rightarrow$$

$$2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O.$$

Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

**Опыт 3. Действие раствора аммиака на испытуемые пробы**

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором аммиака. Занесите в таблицу аналитический сигнал. Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

**Опыт 4. Открытие неокрашенных ионов**

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), проведите качественный анализ на катионы, которые остались не открытыми. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

1. Две соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. Одна из них бесцветна, и при лёгком нагревании её с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь; последнее превращение сопровождается выделением бурого газа. При добавлении к раствору второй соли раствора серной кислоты жёлтая окраска раствора изменяется на оранжевую, а при нейтрализации полученного раствора щёлочью восстанавливается первоначальный цвет. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

2. В двух сосудах находятся растворы неизвестных веществ. При добавлении к раствору первого вещества хлорида бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в воде и кислотах. Осадок белого цвета выпадает также и при добавлении

раствора нитрата серебра к пробе, отобранной из второго сосуда. При нагревании пробы первого раствора с гидроксидом натрия выделяется газ с резким запахом. При взаимодействии второго раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.

3. Действием концентрированной серной кислоты на белые кристаллы при нагревании получен газ. При пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок. Кристаллы окрашивают пламя спиртовки в жёлтый цвет. Какая соль была взята для реакции? Приведите её формулу и название. Запишите уравнения реакций, описанных в тексте.

4. Порошкообразное вещество белого цвета окрашивает пламя горелки в оранжево-красный цвет. При действии соляной кислоты «вскипает» с выделением тяжёлого газа без цвета и запаха. Это вещество способно растворяться в воде при одновременном пропускании избытка углекислого газа. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

5. Некоторое кристаллическое вещество, окрашивающее пламя в жёлтый цвет, хорошо растворяется в воде. При добавлении к этому раствору нитрата серебра выпадает жёлтый осадок, не растворимый в разбавленной азотной кислоте. При действии на исходный раствор бромной воды образуется коричневое ок-

рашивание. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

6. Для определения качественного состава белый, нерастворимый в воде порошок с зеленоватым оттенком подвергли термическому разложению, в результате которого образовалось два оксида. Один из них — порошок чёрного цвета, при добавлении к которому раствора серной кислоты и последующем нагревании образовался раствор голубого цвета. Про другой известно, что это газ тяжелее воздуха, без цвета и запаха, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

7. Для проведения исследования бесцветные кристаллы соли, которые при непродолжительном нахождении на воздухе приобрели голубой цвет, нагрели до выделение бурого газа и образование чёрного порошка. При пропускании над нагретым полученным порошком водорода наблюдалось появление красного налёта простого вещества — металла. Известно, что металл, образующий катион, входит в состав многих сплавов, например бронзы. Запишите химическую формулу и название исследованной соли. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования его свойств.

8. Для изучения состава соли был взят раствор, который разделили на две части. К первой части этого раствора добавили хлорид натрия, в результате чего выпал белый осадок. При добавлении ко второй части раствора цинковой стружки образовались серые хлопья металла, катионы которого обладают дезинфицирующим свойством. Известно, что выданная соль используется для изготовления зеркал и в фотографии, а её анион является составной частью многих минеральных удобрений. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

9. Для изучения состава соли были взяты белые кристаллы хорошо растворимого в воде вещества, которое используется в хлебопечении и кондитерской промышленности в качестве разрыхлителя теста. В результате процесса термического разложения выданной соли образовались три вещества, два из которых при обычных условиях являются газами. При нагревании соли с гидроксидом натрия образуется газ, водный раствор которого используется в медицине под названием нашатырный спирт. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

10. Для установления качественного состава была изучена соль тяжёлого металла, оксид которого используется в производстве хрустального стекла. При термическом разложении соли об-

разуется оксид этого металла и два газообразных вещества: одно из них — газ бурого цвета, а другое — важнейший компонент воздуха. При приливании к раствору выданной соли раствора йодида калия выпадает осадок ярко-жёлтого цвета. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

11. Для определения качественного состава неизвестной соли азотной кислоты исследовали белое кристаллическое вещество. Это вещество при нагревании полностью разлагается без образования сухого остатка. При действии горячего раствора гидроксида натрия выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

12. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим веществом белого цвета. При действии на него гидроксида натрия выделяется лёгкий, бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. При действии на него сильной кислоты выделяется бесцветный газ без запаха, вызывающий покраснение раствора лакмуса. При приливании к раствору этого вещества раствора гидроксида кальция выделяется нерастворимый в воде осадок. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

13. Кристаллическое вещество оранжевого цвета при нагревании значительно увеличивается в объёме за счёт выделения бесцветного газа и образует твёрдое вещество тёмно-зелёного цвета. Выделившийся газ взаимодействует с литием даже при комнатной температуре. Продукт этой реакции гидролизуется водой с образованием газа с резким запахом, способного восстановить медь из её оксида. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

14. Для исследования свойств неизвестного вещества его концентрированный раствор разделили на две части. В пробирку с одной частью раствора поместили медную проволоку. При этом наблюдалось выделение бурого газа и растворение меди. При добавлении к другой части раствора силиката натрия наблюдалось образование бесцветного студенистого осадка. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

15. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали раствор голубого цвета. При добавлении горячего раствора сильной кислоты выделился газ с резким запахом жжёной резины, окрашивающий лакмус в красный цвет. При добавлении раствора аммиака сначала выпал голубой осадок, который затем растворился в избытке аммиака с образованием фиоле-

тового раствора. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

16. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её раствор желтоватого цвета. При добавлении раствора сильной кислоты появился резкий запах уксуса. При добавлении роданида аммония раствор приобрёл кроваво-красную окраску. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

17. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её бесцветный раствор. При добавлении раствора разбавленной серной кислоты выделился газ с запахом тухлых яиц и выпал белый осадок, не растворимый в кислотах. При взаимодействии порции исходного раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

18. Для определения качественного состава было выдано кристаллическое вещество — средняя соль многоосновной кислоты, катион которой не является ионом металла. При взаимодействии данного вещества с гидроксидом натрия выделяется газ с резким раздражающим запахом, а при приливании к раствору

выданного вещества раствора нитрата серебра выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

19. Для определения качественного состава студентам было выдано бесцветное кристаллическое вещество — соль. К одной части раствора исследуемой соли прилили раствор нитрата серебра, в результате чего выпал осадок жёлтого цвета. А при добавлении к другой части раствора карбоната натрия выпал белый осадок. Известно, что катион этой соли образован щёлочноземельным металлом, входящим в состав костной ткани человека. Анион этой соли состоит из атомов химического элемента, образующего простое вещество, спиртовой раствор которого используется в качестве дезинфицирующего средства. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

20. При определении качественного состава неизвестного кристаллического вещества белого цвета было установлено, что его раствор взаимодействует с раствором гидроксида калия с образованием осадка. А при добавлении к раствору исследуемого вещества раствора нитрата бария выпадает осадок белого цвета, не растворимый в кислотах. Известно, что катион металла, входящий в состав данного соединения, входит в состав хлорофилла. Этот металл ранее применялся также в фотографии для получения вспышки. Запишите формулу и название этого вещества. Со-

ставьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Алексеев В. Н*. Качественный химический полумикроанализ. М.: Химия. 1973. 584 с.

*Глинка Н. Л.* Общая химия: учебник / под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

*Гринвуд Н., Эршно А.* Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

*Карапетьянц М. Х., Дракин С. И.* Общая и неорганическая химия: учебник. 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

*Крешков А. П.* Основы аналитической химии. Ч. 1. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия. 1970. 460 с.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕ-
НИЕ……..…...3
Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА
КАТИОНЫ ЖЕЛЕ-
ЗА.....6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДА-
НИЯ…….……9
Лабораторная работа № 2. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА
ИОНЫ $Co^{2+}$, $Ni^{2+}$ И
$Cu^{2+}$…….…...…….…….10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДА-
НИЯ……...…14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА
ИОНЫ $A1^{3+}$, $Cr^{3+}$,
$Zn^{2+}$…….…..…15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДА-
НИЯ……...…18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ
$Ag^{+}$, $Pb^{2+}$, $Hg^{2+}$ МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРА-
ФИИ……..…..…..…19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДА-
НИЯ……...…22
Лабораторная работа № 5. ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КА-
ТИОНОВ…….…….....23
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ
РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИ-
МИИ»……...……..26

СПИСОК ЛИТЕРАТУ-
РЫ……..……...34

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-методическому комплексу _____ Дорог

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к самостоятельной работе обучающихся*

по дисциплине

**Б1.О.11 ХИМИЯ**

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Зайцева Н.А., доцент, к.х.н.

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Химии | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Амдур А.М. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# Содержание

Введение……....3
Электролиз водных растворов солей……...5
*Примеры решения задач*…….....10
*Задачи для самостоятельной работы*……18
Электролиз расплавов электролитов……20
Законы Фарадея……...21
*Задачи для самостоятельной работы*……23
Практическое применение электролиза……25
Литература……...26
Приложение I. Электрохимический ряд напряжений металлов…….27
Приложение II. Перенапряжение……...28
Приложение III. Стандартные электродные потенциалы окислительно – восстановительных систем……29

# Введение

Практически нет ни одной отрасли современной техники, где бы не использовался электролиз. В энергетике водород, полученный электролизом, используют для охлаждения генераторов на тепловых и атомных электростанциях. В цветной металлургии электролиз применяется для получения металлов из руд и их рафинирования (получения металлов в чистом виде). В электронной технике электролиз используют для получения ровной и чистой поверхности металлов. Электрохимическим путем наносят металлические покрытия (электролитическое никелирование, хромирование, серебрение, меднение и др.), производят травление полупроводников. Электролиз применяется для создания электрохимических приборов: интеграторов, диодов, различных датчиков. Областей применения электролиза становится все больше и больше, поэтому специалист любого профиля должен понимать сущность этого явления, в основе которого лежит окислительно-восстановительная реакция, и уметь использовать его для решения частных практических задач.

**Электролиз** – процесс раздельного окисления и восстановления, протекающий на электродах при прохождении постоянного электрического тока через раствор или расплав электролита.

Сущность электролиза состоит в осуществлении химической реакции под действием электрического тока, то есть при электролизе происходит превращение электрической энергии в химическую.

Следует отметить, что восстановительное и окислительное действие электрического тока во много раз сильнее действия химических восстановителей и окислителей. Поэтому с помощью электролиза стало возможным получать вещества, которые невозможно было бы получить с помощью обычных окислительно-восстановительных реакций, например, получить силь-

нейший окислитель – фтор из его ионов $F^-$, или такие восстановители, как щелочные или щелочноземельные металлы.

## Электролиз водных растворов солей

Согласно теории электролитической диссоциации, вещества с ионной и полярной ковалентной связью при растворении в воде под действием молекул растворителя распадаются на ионы, вследствие чего их растворы становятся проводниками электрического тока 2-го рода. Такие вещества называются **электролитами**. Сильными электролитами являются растворимые соли, распадающиеся в водных растворах на положительно заряженные ионы металлов и отрицательно заряженные ионы кислотных остатков.

Устройство, в котором осуществляют электролиз, называется электролизером. Простейший лабораторный электролизер представляет собой U-образную стеклянную трубку, в которую наливают раствор соли, а в колена помещают электроды, присоединенные к источнику постоянного тока. Таким способом достигается частичное разделение катодного и анодного пространства.

На характер и течение электродных процессов при электролизе большое влияние оказывают состав электролита, растворитель, материал электродов и режим электролиза (напряжение, плотность тока, температура и др.). Прежде всего, надо различать электролиз расплавленных электролитов и их растворов. В последнем случае в электродных процессах будут принимать участие молекулы растворителя – воды.

Электрод, присоединенный к отрицательному полюсу внешнего источника постоянного тока (отрицательно заряженный электрод), называется **катодом.** При электролизе к нему будут двигаться положительно заряженные ионы – **катионы.** На катоде происходит процесс присоединения электронов катионами (или атомами, молекулами), то есть **восстановление.**

Положительно заряженный электрод называется **анодом,** к нему движутся отрицательно заряженные частицы – **анионы**, на нем происходит процесс отдачи электронов, то есть **окисление.**

Следует обратить внимание на название электродов: в **гальваническом элементе** отрицательный электрод – анод, а положительный – катод; в **электролизере**, наоборот, отрицательный электрод – катод, а положительный – анод.

Принципиальное различие между реакциями в гальваническом элементе и электролизере заключается только в их направлении и самопроизвольности. В замкнутой цепи гальванического элемента окислительно-восстановительная реакция протекает самопроизвольно, а в электролизере – только под воздействием электрического тока внешнего источника. Общее в этих процессах состоит в том, что как в гальваническом элементе, так и в электролизере на отрицательном электроде создается избыток электронов, а на положительном – их недостаток. На катоде ионы (или молекулы) восстанавливаются под действием электронов, а на аноде частицы окисляются, отдавая свои электроны электроду.

Используемые электроды могут быть нерастворимыми (инертными, пассивными). К ним относятся угольные или графитовые электроды, а также электроды, изготовленные из металлов, покрытых прочной оксидной пленкой или образующие в данном растворе труднорастворимые соли (платина, титан, иридий, тантал, золото). Растворимые (активные) аноды изготовляются из цинка, кадмия, никеля, олова, свинца, сурьмы, меди, серебра. Они принимают участие в электродных процессах.

### *Особенности катодных процессов в водных растворах*

Рассмотрим процессы, которые могут протекать на катоде при электролизе водных растворов солей:

1. При электролизе к катоду будут двигаться катионы металла, которые могут разряжаться, принимая электроны и восстанавливаясь до металла, осаждающегося на электроде.

$$Me^{n+} + n\,e = Me^0$$

Для этого нужно приложить потенциал, соответствующий стандартному электродному потенциалу этого металла $E^0_{Me^0/Me^{n+}}$ (см. приложение I, табл. 1).

2. Под действием электрического тока молекулы воды, имеющие дипольное строение, будут ориентироваться положительно заряженным концом диполя у катода. При этом они могут восстанавливаться по уравнению:

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH$$

На электроде будет выделяться водород, а в прикатодном пространстве появятся гидроксид-ионы. Значение стандартного окислительно-восстановительного потенциала этого процесса $E^0_{H_2/2H_2O^-} = 0{,}41$ В при pH=7. Однако, выделение на катоде газообразного водорода затрудняется из-за *перенапряжения* (см. приложение II) и требует большего потенциала: 0,83 В.

Следует иметь в виду, что из двух возможных катодных процессов наиболее вероятно будет протекать тот, который требует наименьшей затраты энергии, то есть тот процесс, у которого алгебраическая величина стандартного электродного потенциала больше.

Руководствуясь рядом значений стандартных электродных потенциалов, можно указать три случая:

1. Катионы металлов, имеющих малую алгебраическую величину стандартного электродного потенциала (от $Li^+$ до $Mn^{2+}$ включительно, $E^0_{Me^0/Me^{n+}} \leq \leq E^0_{Mn^0/Mn^{2+}} = 1{,}05$ В), обладают меньшей окислительной способностью, чем молекулы воды. Поэтому они не восстанавливаются на катоде, а вместо них восстанавливаются молекулы воды:

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-.$$

2. Катионы металлов, имеющих стандартный потенциал меньший, чем у водорода ($E^0_{H_2/2H^+} = 0$ при pH=0), но больший, чем у марганца ($E^0_{Me^0/Me^{n+}} >$

$>E^0_{Mn^0/Mn^{2+}}$ = 1,05 В) при электролизе восстанавливаются на катоде. И эти металлы могут быть получены электролизом водных растворов их солей. Однако, при этом возможно одновременное восстановление молекул воды:

$$Me^{n+} + n\,e = Me^0$$

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-.$$

3. Катионы металлов, имеющие высокие значения электродных потенциалов ($E^0_{Me^0/Me^{n+}}>0$, от $Sb^{3+}$ до $Au^{3+}$), при электролизе практически полностью восстанавливаются на катоде:

$$Me^{n+} + n\,e = Me^0.$$

Если к раствору, содержащему катионы различных металлов, приложить постепенно возрастающее напряжение, то электролиз начинается тогда, когда достигается *потенциал осаждения* катиона с самым высоким электродным потенциалом (наиболее положительным). После восстановления этих катионов на катоде начнется выделение катионов другого металла в порядке уменьшения алгебраической величины стандартного электродного потенциала. Таким образом, при электролизе возможно последовательное выделение металлов из раствора, содержащего смесь катионов различных металлов.

## *Особенности анодных процессов в водных растворах*

Характер реакций, протекающих на аноде, зависит не только от природы электролита, присутствия молекул воды, но и от природы вещества, из которого сделан анод.

В случае ***нерастворимого анода*** возможно протекание следующих процессов:

1. Диполи воды, ориентируясь отрицательно заряженной стороной к аноду, могут окисляться по уравнению:

$$2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+.$$

Стандартный окислительно-восстановительный потенциал этого процесса $E^0_{2H_2O/O_2}$ = +1,23 В, но выделение кислорода происходит с перенапряжением при более высоких значениях потенциала (+1,8 В).

2. Может происходить окисление анионов кислотных остатков, которые под действием приложенного напряжения будут двигаться к аноду. Причем окисление будет происходить тем легче, чем меньше алгебраическая величина окислительно-восстановительного потенциала аниона (см. приложение III, табл. 2).

**Анионы бескислородных кислот**, за исключением фторид-ионов, при их достаточной концентрации окисляются довольно легко, значения их окислительно-восстановительных потенциалов меньше +1,8 В (см. приложение III, табл. 2). Например, $2Br^- - 2e = Br_2$ ($E^0_{Br^-/Br_2}$ = +1,09 В). Большинство **анионов кислородсодержащих кислот** (например, $SO_4^{2-}$, $NO_3^-$, $CO_3^{2-}$, $PO_4^{3-}$), кроме ацетат-иона, в водном растворе не разряжаются. Вместо них в нейтральных и кислых растворах происходит разложение воды: $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$, а в щелочных растворах окисление гидроксид-ионов $4OH^- - 4e = O_2 + 2H_2O$.

В том случае, когда при электролизе используют металлический **растворимый анод,** наиболее легко будет протекать процесс окисления (растворения) самого анода (см. значения электродных потенциалов металлов, табл. 1): $Me^0 - ne = Me^{n+}$. Одновременно на катоде будет происходить процесс восстановления ионов металлов. Таким образом, электролиз с растворимым анодом сводится к переносу металла с анода на катод. Этот процесс применяется для очистки металлов (*электрорафинирование*).

Таким образом, при рассмотрении электролиза водных растворов солей, необходимо учитывать, что в процессе может принимать участие как электролит, так и молекулы растворителя. Продукты восстановления и окисления будут **основными** или **первичными** продуктами электролиза, а в прикатодном и прианодном пространствах будут накапливаться **побочные** или **вторичные** продукты. В том случае, когда при электролизе раствора соли в электродных процессах принимает участие только вода, в прикатодном про-

странстве накапливается щелочь, а в прианодном пространстве – кислота. Если электролиз проводится в химическом стакане или другом подобном сосуде, растворы кислоты и щелочи смешиваются и электролиз сводится к образованию водорода и кислорода за счет разложения воды. Если же катодное и анодное пространства разделить перегородкой – *диафрагмой,* пропускающей ионы-переносчики тока, но препятствующей смешению приэлектродных растворов, то в качестве вторичных продуктов электролиза можно получить растворы кислоты и щелочи.

## *Примеры решения задач*

Рассмотрим несколько примеров электролиза водных растворов солей.

П р и м е р 1. Как протекает электролиз водного раствора хлорида меди (II) с инертными угольными электродами?

1. Рассмотрим состав электролита. Для этого запишем уравнение процесса электролитической диссоциации:

$$CuCl_2 = Cu^{2+} + 2Cl^-.$$

2. Определим, какие частицы будут участвовать в **катодном** процессе.

На катоде возможно восстановление ионов меди. Запишем уравнение реакции восстановления и выпишем значение стандартного электродного потенциала (см. приложение I, табл. 1):

$$Cu^{2+} + 2e = Cu^0, \quad E^0_{Cu^0/Cu^{2+}} = +0{,}34 \text{ В}. \qquad (1.1)$$

Поскольку электролизу подвергается **раствор** электролита, на катоде также возможно восстановление молекул воды:

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-, \quad E^0_{H_2/2H_2O^-} = 0{,}41 \div 0{,}83 \text{ В}. \qquad (1.2)$$

Большей окислительной способностью обладают ионы меди (значение стандартного электродного потенциала более положительное), поэтому на катоде будет протекать процесс (1.1).

3. Определим, какие частицы будут участвовать в **анодном** процессе.

На инертном аноде возможно окисление хлорид-ионов и окисление молекул воды. Запишем уравнения соответствующих реакций окисления и выпишем значения их окислительно-восстановительных потенциалов (см. приложение III, табл. 2):

$$2Cl^- \; 2e = Cl_2, \quad E^0_{2Cl^-/Cl_2} = 1{,}36 \text{ В}$$

(1.3)

$$2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+, \quad E^0_{2H_2O/O_2} = +1{,}23 \ldots + 1{,}8 \text{ В}.$$

(1.4)

Так как перенапряжение выделения кислорода велико, окисление хлорид-ионов происходит легче (сравните электродные потенциалы: $E^0_{2Cl^-/Cl_2} = -1{,}36$ В $<<$ $E_{2H_2O/O_2} = +1{,}8$ В, потенциала разряжения молекул воды). Следовательно, на аноде будет выделяться хлор (процесс (1.3)).

4. Составим суммарное ионное уравнение и от него перейдем к молекулярному уравнению окислительно-восстановительной реакции, протекающей при электролизе раствора хлорида меди.

**Катод ()**: $Cu^{2+} + 2e = Cu^0$

**Анод (+)**: $2Cl^- \; 2e = Cl_2$

$$Cu^{2+} + 2Cl^- = Cu^0 + Cl_2$$

$$CuCl_2 \xrightarrow{\text{Электролиз}} Cu^0 + Cl_2\uparrow$$

Таким образом, из этого уравнения следует, что в процессе электролиза водного раствора хлорида меди принимает участие только электролит.

П р и м е р 2. Как протекает электролиз водного раствора нитрата цинка с инертными графитовыми электродами?

1. Рассмотрим состав электролита:

$$Zn(NO_3)_2 = Zn^{2+} + 2NO_3^-.$$

2. Определим, какие частицы будут участвовать в **катодном** процессе.

На катоде возможно восстановление ионов цинка и восстановление молекул воды. Для выбора процесса выпишем из таблицы значение стандартного электродного потенциала: $E^0_{Zn^0/Zn^{2+}} = 0{,}76$ В. По величине $E^0$ цинк отно-

сится к группе металлов, катионы которых участвуют в катодном процессе: $E^0 > 1{,}05$В (потенциала выделения марганца). Одновременно будет происходить восстановление молекул воды. Изменяя условия протекания электролиза, можно добиться преимущественного осаждения металла.

**Катод ():** $Zn^{2+} + 2\,e = Zn^0$ или только $Zn^{2+} + 2\,e = Zn^0$

$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$

3. Определим **анодный** процесс. Электроды – инертные, следовательно, на аноде будет протекать окисление анионов кислотных остатков или молекул воды. Ион $NO_3^-$ является анионом кислородсодержащей кислоты. Такие анионы не принимают участие в анодных процессах. Следовательно, на аноде будет протекать окисление молекул воды:

**Анод (+):** $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$.

4. Запишем суммарное уравнение электролиза нитрата цинка.

**Катод ()** $Zn^{2+} + 2\,e = Zn^0$

$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$

**Анод (+):** $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$

$$Zn^{2+} + 4\,H_2O = Zn^0 + H_2\uparrow + O_2\uparrow + (2H^+ + 2OH^- = 2H_2O) + 2H^+$$

$$Zn^{2+} + 2\,H_2O = Zn^0 + H_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H^+$$

$$Zn(NO_3)_2 + 2\,H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} Zn^0 + H_2\uparrow + O_2\uparrow + 2HNO_3$$

или

**Катод (-):** $Zn^{2+} + 2\,e = Zn^0$ | 2

**Анод (+):** $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$ | 1

$$2Zn^{2+} + 2\,H_2O = 2Zn^0 + O_2\uparrow + 4H^+$$

$$2Zn(NO_3)_2 + 2\,H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Zn^0 + O_2\uparrow + 4HNO_3$$

Таким образом, путем электролиза раствора нитрата цинка можно получить цинк, кислород и вторичный продукт электролиза – азотную кислоту, которая накапливается в прианодном пространстве.

П р и м е р 3. Как протекает электролиз водного раствора сульфата калия с платиновыми электродами?

1. Рассмотрим состав электролита. Для этого запишем уравнение процесса электролитической диссоциации:

$$K_2SO_4 = 2K^+ + SO_4^{2-}.$$

2. Определим, какие частицы будут участвовать в **катодном** процессе.

На катоде возможно протекание следующих процессов: восстановления ионов калия и восстановления молекул воды. Запишем уравнения реакции восстановления и выпишем значение стандартного электродного потенциала (см. приложение I, табл. 1)

$$K^+ + e = K^0, \qquad E^0_{K^0/K^+} = 2{,}92\ В \qquad (3.1)$$

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-, \quad E^0_{H_2/2H_2O^-} = 0{,}41 \ldots 0{,}83В \qquad (3.2)$$

Так как $E^0_{K^0/K^+} < E^0_{H_2/2H_2O}$, следовательно, ионы калия более слабые окислители, поэтому на катоде будет протекать процесс (3.2).

3. Определим, какие частицы будут участвовать в **анодном** процессе.

Так как анионы кислородсодержащих кислот не принимают участие в электродном процессе, на инертном платиновом аноде будет происходить окисление молекул воды.

$$2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$$

4. Составим суммарное ионное уравнение и от него перейдем к молекулярному уравнению окислительно-восстановительной реакции, протекающей при электролизе раствора сульфата калия.

**Катод (-)**: $2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^- \mid 2$

**Анод (+)**: $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+ \mid 1$

$$6H_2O = 2H_2 + 4OH^- + O_2 + 4H^+$$

Если катодное и анодное пространства не разделены диафрагмой, то при перемешивании ионы $H^+$ и $OH^-$ взаимодействуют и образуют воду. Поэтому окончательное уравнение будет иметь вид:

$$2\,H_2O \xrightarrow{\text{Электролиз}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

Таким образом, из этого уравнения следует, что процесс электролиза водного раствора сульфата калия сводится к электролизу воды, а количество растворенной соли остается неизменным, ее роль сводится лишь к созданию токопроводящей среды.

П р и м е р 4. Как протекает электролиз водного раствора бромида натрия с инертными иридиевыми электродами?

1. Рассмотрим состав электролита. Для этого запишем уравнение процесса электролитической диссоциации:

$$NaBr = Na^+ + Br$$

2. Определим, какие частицы будут участвовать в **катодном** процессе.

На катоде возможно протекание следующих процессов: восстановления ионов натрия и восстановления молекул воды. Запишем уравнения реакции восстановления и выпишем значение стандартного электродного потенциала (см. приложение I, табл. 1).

$$Na^+ + e = Na^0, \quad E^0_{Na^0/Na^+} = 2{,}71\ В \qquad (4.1)$$

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-,\ E^0\ H_2/\ 2H_2O^- = \ 0{,}41\ \ldots\ \ 0{,}83\ В \qquad (4.2)$$

Так как $E^0_{Na^0/Na^+} < E^0_{H_2/2H_2O}$, следовательно, ионы натрия более слабые окислители, поэтому на катоде будет протекать процесс (4.2).

3. Определим, какие частицы будут участвовать в **анодном** процессе.

На инертном аноде возможно окисление бромид-ионов и окисление молекул воды. Запишем уравнения соответствующих реакций окисления и выпишем значения их окислительно-восстановительных потенциалов (см. приложение III, табл. 2).

$$2Br^-\ \ 2e = Br_2 \qquad E^0_{2Br^-/Br_2} = 1{,}36\ В$$

$$2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+, \quad E^0_{2H_2O/O_2} = +1{,}23 \quad + 1{,}8\ В$$

Окисление бромид-ионов протекает легче, так как $E^0_{2Br^-/Br_2} < E^0_{2H_2O/O_2}$, следовательно, на аноде будет выделяться бром.

4. Составим суммарное ионное уравнение и от него перейдем к молекулярному уравнению окислительно-восстановительной реакции, протекающей при электролизе раствора бромида калия.

**Катод (-)**: $2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$

**Анод (+)**: $2Br^- - 2e = Br_2$

$$2H_2O + 2Br^- = H_2 + 2OH^- + Br_2$$

$$2NaBr + 2H_2O \xrightarrow{\text{Электролиз}} H_2\uparrow + Br_2 + 2NaOH$$

Таким образом, при электролизе водного раствора бромида натрия образуется водород, бром и побочный продукт электролиза – щелочь (NaOH).

П р и м е р 5. Как протекает электролиз водного раствора нитрата кадмия $Cd(NO_3)_2$ с анодом из кадмия?

1. Рассмотрим состав электролита. Для этого запишем уравнение процесса электролитической диссоциации:

$$Cd(NO_3)_2 = Cd^{2+} + 2NO_3^-$$

2. Определим, какие частицы будут участвовать в **катодном** процессе.

На катоде возможно восстановление ионов кадмия. Запишем уравнение реакции восстановления и выпишем значение стандартного электродного потенциала (см. приложение I, табл.1)

$$Cd^{2+} + 2e = Cd^0, \quad E^0_{Cd^0/Cd^{2+}} = 0{,}40 \text{ В}$$

(5.1)

Поскольку электролизу подвергается раствор электролита, на катоде также возможно восстановление молекул воды

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-, \quad E^0_{H_2/2H_2O^-} = 0{,}41 \quad 0{,}83\text{В}$$

(5.2)

Большей окислительной способностью обладают ионы кадмия (значение стандартного электродного потенциала более положительное), поэтому на катоде будет протекать процесс (5.1).

3. Определим, какие частицы будут участвовать в **анодном** процессе, принимая во внимание, что анод сделан из кадмия. Анионы кислородсодер-

жащих кислот не принимают участие в анодных процессах. Поэтому на аноде возможно окисление молекул воды и окисление материала анода – кадмия. Последний процесс требует меньше энергии: сравните стандартные электродные потенциалы $E^0_{Cd^0/Cd^{2+}} = 0{,}40$ В < $E^0_{2H_2O/O_2} = +1{,}23$ В. Следовательно, при электролизе будет происходить анодное растворение металла.

4. Запишем уравнения катодного и анодного процессов:

**Катод (-)**: $Cd^{2+} + 2e = Cd^0$

**Анод (+)**: $Cd^0 - 2e = Cd^{2+}$

$0 = 0$

При суммировании этих процессов не получается общее уравнение электролиза. Это говорит о том, что в данном случае процесс сводится к анодному окислению кадмия и катодному восстановлению его ионов, то есть переносу кадмия с анода на катод.

П р и м е р 6. В какой последовательности будут восстанавливаться ионы металлов при пропускании электрического тока через раствор, содержащий нитраты серебра, алюминия, хрома (III) и меди (II)?

Раствор этих солей содержит катионы $Ag^+$, $Al^{3+}$, $Cr^{3+}$ и $Cu^{2+}$, образовавшиеся в результате электролитической диссоциации. Эти ионы должны восстанавливаться на катоде в порядке уменьшения их окислительной активности. Количественной характеристикой окислительно-восстановительной активности вещества является величина стандартного электродного потенциала. Окислительная активность катионов будет уменьшаться в порядке уменьшения алгебраической величины их стандартных электродных потенциалов.

1. Выпишем из таблицы значения $E^0_{Me^0/Me^{n+}}$ (см. приложение I, табл. 1). $E^0_{Ag^0/Ag^+} = +0{,}80$ В; $E^0_{Al^0/Al^{3+}} = 1{,}67$ В; $E^0_{Cr^0/Cr^{3+}} = 0{,}71$ В; $E^0_{Cu^0/Cu^{2+}} = +0{,}34$ В.

2. Сравним эти величины: $E^0_{Ag^0/Ag^+} > E^0_{Cu^0/Cu^{2+}} > E^0_{Cr^0/Cr^{3+}} > E^0_{Al^0/Al^{3+}}$, следовательно, легче всего будут восстанавливаться катионы серебра, затем ионы меди и хрома:

$$Ag^+ + e = Ag^0$$

$$Cu^{2+} + 2e = Cu^0$$

$$Cr^{3+} + 3e = Cr^0$$

Катионы алюминия никогда не будут восстанавливаться на **катоде** при электролизе водных растворов, так как $E^0_{Al^0/Al^{3+}} < 0{,}83$ В – потенциала, при котором восстанавливаются молекулы воды:.

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-.$$

П р и м е р 7. При электролизе водного раствора соли значение pH в приэлектродном пространстве одного из электродов возросло. Раствор какой соли при этом подвергался электролизу: а) KCl; б) $Cu(NO_3)_2$ ?

Рассмотрим электролиз растворов этих солей, то есть определим, какие частицы будут участвовать в катодном и анодном процессах, и составим суммарное уравнение соответствующей окислительно-восстановительной реакции, протекающей при электролизе.

а) соль KCl

Уравнение диссоциации соли: $KCl = K^+ + Cl^-$

При электролизе раствора этой соли на катоде будет происходить восстановление молекул воды (см. выбор катодного процесса в примере 3), а на аноде – окисление хлорид-ионов (см. выбор анодного процесса в примере 1).

**Катод ()**: $2H_2O + 2e = H_2 + 2OH$

**Анод (+)**: $2Cl^- \ 2e = Cl_2$

$$2H_2O + 2Cl^- = Cl_2\uparrow + H_2\uparrow + 2OH^-$$

$$2H_2O + 2KCl \xrightarrow{\text{электролиз}} Cl_2\uparrow + H_2\uparrow + 2KOH$$

б) соль $Cu(NO_3)_2$

Уравнение диссоциации соли $Cu(NO_3)_2 = Cu^{2+} + 2NO_3^-$

При электролизе раствора этой соли на катоде будет происходить восстановление ионов меди (см. выбор катодного процесса в примере 1), а на аноде – окисление молекул воды (см. выбор анодного процесса в примере 2).

**Катод ()**: $Cu^{2+} + 2e = Cu^0$ | 2

**Анод (+):** $2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$ | 1

$$2Cu^{2+} + 2H_2O = 2Cu^0 + O_2\uparrow + 4H^+$$

$$2Cu(NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2Cu^0 + O_2\uparrow + 4HNO_3$$

Значение pH водного раствора повышается в том случае, когда в растворе появляются гидроксид-ионы. Следовательно, электролизу подвергался раствор хлорида калия, так как только в этом случае в прикатодном пространстве образуется основание КОН.

### Задачи для самостоятельной работы

1. Как протекает электролиз водных растворов веществ с инертными электродами? Запишите катодный и анодный процессы, составьте итоговое уравнение электрлиза.

| Номер варианта | Вещество | Номер варианта | Вещество | Номер варианта | Вещество |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $KMnO_4$ | 8 | $BeSO_4$ | 15 | $K_2SO_4$ |
| 2 | $K_2Cr_2O_7$ | 9 | $Na_2CO_3$ | 16 | $K_2S$ |
| 3 | $K_2HPO_4$ | 10 | HF | 17 | $MgCl_2$ |
| 4 | $CuCl_2$ | 11 | $H_3PO_4$ | 18 | $CoBr_2$ |
| 5 | $Fe_2(SO_4)_3$ | 12 | $ZnCl_2$ | 19 | $Bi(NO_3)_3$ |
| 6 | $K_2SiO_3$ | 13 | $Al_2(SO_4)_3$ | 20 | $NaHSO_3$ |
| 7 | $NiSO_4$ | 14 | $Ca(NO_3)_2$ | | |

2. Покажите, используя значения стандартных электродных потенциалов, в какой последовательности будут восстанавливаться ионы металлов при пропускании электрического тока через раствор, содержащий следующие соли:

| Номер варианта | Соли | Номер варианта | Соли |
|---|---|---|---|
| 1 | $Pb(NO_3)_2$, $KNO_3$, $Cu(NO_3)_2$ | 11 | $Pb(NO_3)_2$, $Mg(NO_3)_2$, |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | $Co(NO_3)_2$ |
| 2 | $AgNO_3$, $Mg(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$ | 12 | $Pb(NO_3)_2$, $Ni(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$ |
| 3 | $NaNO_3$, $Mg(NO_3)_2$, $Co(NO_3)_2$ | 13 | $Zn(NO_3)_2$, $Mg(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$ |
| 4 | $Pb(NO_3)_2$, $Al(NO_3)_3$, $AgNO_3$ | 14 | $Ca(NO_3)_2$, $Ni(NO_3)_2$, $Hg(NO_3)_2$ |
| 5 | $Pb(NO_3)_2$, $LiNO_3$, $Cr(NO_3)_3$ | 15 | $Al(NO_3)_3$, $Mn(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$ |
| 6 | $Hg(NO_3)_2$, $Mn(NO_3)_2$, $RbNO_3$ | 16 | $Pb(NO_3)_2$, $CsNO_3$, $Hg(NO_3)_2$ |
| 7 | $Ni(NO_3)_2$, $La(NO_3)_3$, $Cu(NO_3)_2$ | 17 | $Co(NO_3)_2$, $Fe(NO_3)_2$, $Cr(NO_3)_3$ |
| 8 | $Pb(NO_3)_2$, $Mn(NO_3)_2$, $Cd(NO_3)_2$ | 18 | $Pb(NO_3)_2$, $Mg(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$ |
| 9 | $Sn(NO_3)_2$, $AgNO_3$, $Cu(NO_3)_2$ | 19 | $Bi(NO_3)_3$, $Fe(NO_3)_2$, $Al(NO_3)_3$ |
| 10 | $Pb(NO_3)_2$, $Al(NO_3)_3$, $TlNO_3$ | 20 | $Pb(NO_3)_2$, $Mg(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$ |

3. При электролизе водного раствора соли значение pH в приэлектродном пространстве одного из электродов уменьшилось. Раствор какой из двух солей при этом подвергался электролизу? Ответ обоснуйте.

| Номер варианта | Соли | Номер варианта | Соли |
|---|---|---|---|
| 1 | а) NaCl; б) $Cu(NO_3)_2$ | 11 | а) $K_2S$; б) $Pb(NO_3)_2$ |
| 2 | а) $CuCl_2$; б) $AgNO_3$ | 12 | а) LiCl; б) $Ni(NO_3)_2$ |
| 3 | а) KCl; б) $CuSO_{42}$ | 13 | а) NaBr; б) $CoSO_4$ |
| 4 | а) $AlCl_3$; б) $Co(NO_3)_2$ | 14 | а) $Na_2S$; б) $Ni(NO_3)_2$ |
| 5 | а) KI; б) $BeSO_4$ | 15 | а) $CaCl_2$; б) $Co(NO_3)_2$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | а) NaI; б) $NaNO_3$ | 16 | а) NaHS; б) $NiSO_4$ |
| 7 | а) KBr; б) $CuSO_4$ | 17 | а) KI; б) KF |
| 8 | а) KF; б) $CuCl_2$ | 18 | а) KCl; б) $Bi(NO_3)_3$ |
| 9 | а) NaCl; б) $AgNO_3$ | 19 | а) NaBr; б) NaF |
| 10 | а) $NiCl_2$; б) $Hg(NO_3)_2$ | 20 | а) $MgCl_2$; б) $Cu(NO_3)_2$ |

## Электролиз расплавов электролитов

Все вышеизложенные закономерности электролиза распространяются и на электролиз расплавов электролитов. Отсутствие в этом случае воды сказывается на характере электродных процессов. Простейшим примером такого электролиза может служить электролиз расплава хлорида натрия с применением нерастворимых электродов.

Известно, что расплавы солей являются сильными электролитами и при высоких температурах полностью диссоциируют на ионы.

$$NaCl \xrightarrow{t^0} Na^+ + Cl^-$$

При электролизе расплава на катоде будет происходить процесс восстановления ионов $Na^+$, а на аноде – процесс окисления ионов $Cl^-$. При сложении уравнений двух электродных процессов получается суммарное уравнение окислительно-восстановительной реакции, протекающей при электролизе расплава NaCl.

**Катод ()** $Na^+ + e = Na^0 \mid 2$

**Анод (+)** $2Cl^- - 2e = Cl_2 \mid 1$

$$2Na^+ + 2Cl^- \xrightarrow{\text{Электролиз}} 2Na^0 + Cl_2{}^0\uparrow$$

$$2NaCl \xrightarrow{\text{Электролиз}} 2Na^0 + Cl_2{}^0\uparrow$$

Таким образом, при электролизе расплава хлорида натрия получается металлический натрий и хлор. Если применять растворимый электрод, то и в расплавах может происходить анодное растворение металла.

Электролизом в расплавах получают активные щелочные и щелочноземельные металлы: литий, калий, магний и др., которые не могут быть получены в водных растворах.

Весь производимый промышленностью алюминий получают электролизом расплава боксита $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ($n$=1,2,3) в смеси с криолитом $Na_3AlF_6$. Алюминий восстанавливается на катоде, а анод, изготовленный из угля,

окисляется до углекислого газа, то есть в целом под действием электрического тока происходит реакция:

$$2Al_2O_3 + 3C \xrightarrow{\text{электролиз}} 4Al + 3CO_2.$$

## Законы Фарадея

Количество вещества, выделившегося при электролизе, может быть определено с помощью законов Фарадея.

**Первый закон Фарадея:** масса веществ, выделившихся на электродах при электролизе, прямо пропорциональна количеству электричества, прошедшему через раствор или расплав электролита.

**Второй закон Фарадея:** масса веществ, выделяющихся на электродах при прохождении через растворы или расплавы электролитов одинакового количества электричества, прямо пропорциональна их химическим эквивалентам.

Другими словами, для выделения на электроде одного эквивалента любого вещества необходимо затратить одно и то же количество электричества, равное ***постоянной Фарадея*** $F$ = 96485 Кл/моль (≈ 96500 Кл/моль). Именно такое количество электричества необходимо, чтобы восстановить $N_A$ (число Авогадро) =6,02 $\cdot 10^{23}$ однозарядных ионов. ***Молярная масса эквивалента*** $M_Э$ (г/моль) равна атомной массе элемента, деленной на величину заряда иона в соединении. ***Электрохимическим эквивалентом*** вещества называют величину $E=M_Э/F$. Данная величина характеризует массу вещества, окисляющегося или восстанавливающегося на электродах при прохождении через электролит 1Кл электричества.

Законы Фарадея можно объединить в следующей формуле:

$$m = \frac{M_э \cdot Q}{F} \quad \text{или} \quad m = \frac{M_э \cdot I \cdot t}{F},$$

где $m$ – масса вещества, выделившегося на электроде, г;

$M_э$ – молярная масса эквивалента вещества, г/моль;

$I$ – сила тока, А;

$t$ – продолжительность электролиза, с;

$Q$ – количество электричества, прошедшего через электролит, Кл; $Q = I \cdot t$

$F$ – постоянная Фарадея, $F$ = 96500 Кл/моль = 26,8 А · ч/моль .

Следует учитывать, что при практическом проведении электролиза возможно протекание побочных процессов, например: взаимодействие образовавшегося вещества с электродом или электролитом, выделение наряду с металлом водорода и др., поэтому действительный расход количества электричества обычно превышает его количество, рассчитанное по законам Фарадея. В связи с этим введено понятие «выход по току» ($A_{m,}$ % или η, %). Это отношение массы действительно получаемого вещества $(m_{эксп.})$ к массе, теоретически вычисленной, то есть $A_m = (m_{эксп} / m_{теор}) \cdot 100$ %,

$$A_T = \frac{m_{эксп.} \cdot 96500}{M_э \cdot I \cdot t} \cdot 100\ \%$$

*Пример решения задачи*

Через раствор $AgNO_3$ пропускался ток силой в 5 А в течение 15 мин. Масса выделившегося серебра 5,01 г. Какому выходу по току это соответствует?

По условию задачи нам известна масса серебра, фактически выделившегося при электролизе. Следовательно, для того чтобы определить выход по току, мы должны вычислить массу серебра, которая теоретически должна была выделиться на катоде.

$$Ag^+ + e = Ag^0$$

Записываем математическое выражение закона Фарадея:

$$m = \frac{M_э \cdot I \cdot t}{\quad}$$

$F$

Из условий задачи нам известны сила тока $I$ = 5 А и время пропускания тока $t$ = 15 мин = 0,25 час. Молярная масса эквивалента серебра равна атомной массе серебра, деленной на число электронов, принимающих участие в катодном процессе.

$$M_э = A\ (\text{Ag}) / 1 = 107{,}87\ \text{г/моль}$$

Определяем массу серебра, которое теоретически должно выделиться на катоде. Используем значение числа Фарадея, выраженное в А · ч / моль.

$$m_{\text{Ag}}^{\text{теор.}} = 107{,}87 \cdot 5 \cdot 0{,}25 / 26{,}8 = 5{,}03\ \text{г}$$

Считаем выход по току: $A_m = (m_{\text{Ag}}^{\text{эксп.}} / m_{\text{Ag}}^{\text{теор.}}) \cdot 100\ \% = (5{,}01/5{,}03) \cdot 100\ \% = 99{,}6\ \%$. Таким образом, выход по току составляет 99,6 %.

## Задачи для самостоятельной работы

1. Определите объём газа (н.у.), выделившегося на аноде при электролизе раствора серной кислоты, производившегося в течение 10 мин при силе тока 1,5А.
2. При прохождении через раствор сульфата никеля (II) тока силой 2А масса катода увеличилась на 2,4г. Рассчитайте время электролиза, если выход по току равен 0,8.
3. При электролизе водного раствора хлорида цинка на катоде выделился цинк массой 68,25 г, а на аноде – газ объемом 28,22 л (н.у.). Определите выход цинка, если выход хлора составил 90% от теоретически возможного.
4. При электролизе водного раствора нитрата серебра (I) на аноде выделилось 13,44 л кислорода (н.у.). Определите массу выделившегося на катоде серебра, если выход серебра составил 90% от теоретически возможного, а выход кислорода – количественный
5. Определите массу и объём газа (н.у.), выделившегося на аноде при электролизе раствора соляной кислоты, производившегося в течение 10 мин при силе тока 1,5 А. Выход по току равен 0,85.

6. Определите массу и объём газа (н.у.), выделившегося на катоде при электролизе раствора соляной кислоты, производившегося в течение 5 мин при силе тока 0,5 А. Выход по току равен 0,75.
7. При прохождении через раствор $NiSO_4$ тока силой 2 А масса катода увеличилась на 2,4 г. Рассчитайте время электролиза и объем выделившегося на аноде газа (н.у.).
8. Определите массу сульфата меди, помещенного в электролизёр, если при электролизе его водного раствора выделился кислород объемом 5,71 (н.у.).
9. Какая масса цинка выделится при электролизе $ZnCl_2$ за полчаса при силе тока $I$ = 110 мА? Определите массу выделившегося газа на другом электроде.
10. При электролизе раствора хлорида меди (II) на катоде выделилась медь массой 12,7г. Вычислите объем газа (н.у.), выделившегося на аноде.
11. При электролизе водного раствора нитрата серебра (I) на аноде выделилось 13,44л кислорода (н.у.). Определите массу выделившегося на катоде серебра.
12. Какая масса цинка выделится при электролизе $ZnCl_2$ за 8 часов при силе тока $I$ = 110 мА? На каком электроде (катоде или аноде) происходит выделение металла?
13. Какая масса газа выделится при электролизе $ZnCl_2$ за 10 минут при силе тока $I$ = 150 мА? Выход по току 90% .
14. Какая масса хлора выделится при электролизе $ZnCl_2$ за 5 часов при силе тока $I$ = 100 мА? Выход по току 80%.
15. Какой объём газа выделится при электролизе $ZnCl_2$ за 30 минут при силе тока $I$ = 0,2 А? Выход по току 75% .
16. При электролизе водного раствора нитрата серебра (I) на аноде выделилось 22,4 л газа (н.у.). Определите массу выделившегося на катоде серебра.

17. Определите массу $CuSO_4$, помещенного в электролизёр, если при электролизе его водного раствора выделился кислород объемом 5,71 (н.у.), выход которого ставил 85% от теоретически возможного.
18. Через электролизер, содержащий раствор гидроксида калия объемом 300мл с массовой долей вещества 22,4% (плотность 1,2 г/мл), пропустили электрический ток. Рассчитайте массовую долю гидроксида калия в растворе после отключения тока, если известно, что на катоде выделился газ объемом 89,6л (н.у.).
19. При электролизе 16г расплава некоторого соединения водорода с одновалентным элементом на аноде выделился водород количеством вещества 1 моль. Установите формулу вещества, взятого для электролиза
20. При действии постоянного тока силой 6,4 А на расплав соли трехвалентного металла на катоде в течение 30 мин выделилось 1,07г металла, а аноде – 1344 мл. (н.у.) газа, относительная плотность паров которого по гелию составляет 17,75. Определите состав соли, расплав которой подвергли электролизу.

## Практическое применение электролиза

Электролиз используют в различных областях современной техники. Приведем несколько основных направлений применения.

**Получение активных металлов.** Такие активные металлы, как натрий, литий, магний, алюминий, бериллий, кальций, а также сплавы некоторых металлов, получают электролизом расплавов их соединений.

**Электрорафинирование металлов**. Для очистки (рафинирования) металлов (меди, золота, серебра, никеля, кадмия и др.) их отливают в пластины, которые используют в качестве анода, катод же изготовляется из чистого металла, электролитом служит водный раствор соли металла. Процесс сводится к растворению анода в процессе электролиза и осаждению чистого металла на катоде. При этом примеси, находящиеся в аноде, либо остаются нерастворимыми (анодный *шлам*), либо переходят в электролит, но на катоде не осаждаются. Например, при электрорафинировании меди электролитом служит

раствор сульфата меди и серной кислоты, анод изготавливают из неочищенной (черновой) меди. При электролизе загрязнения из более благородных металлов (Ag, Au) в раствор не переходят и собираются на дне электролизера. Загрязнения из менее благородных металлов (Pb, Fe, Zn), как и сама медь, переходят в раствор, но на катоде не осаждаются и поэтому не загрязняют осаждающуюся на нем медь. Электрорафинированием получают также чистые никель, кадмий, алюминий и другие металлы.

**Гальванопластика.** Электролиз с растворимым анодом используется в гальванотехнике для покрытий одних металлов тонкими слоями других. При этом покрываемое металлом изделие является при электролизе катодом, а в качестве анода используется металл покрытия. Так, хромирование применяют для увеличения твердости поверхностного слоя, а также повышения коррозионной стойкости черных металлов. Никелирование используют для изменения внешнего вида изделия и т. п. Иногда нанесение многослойных покрытий применяют с целью уменьшения расходов дорогих металлов. Например, прочное и стойкое покрытие внешних деталей автомобиля достигается нанесением тонких слоев меди, никеля, а затем хрома.

**Электрохимическая обработка поверхности металлов** может быть использована для полировки поверхности, электрохимического окрашивания, заточки режущих инструментов и т. д.

## Литература


1. *Глинка, Н.Л.* Общая химия. М.:Кнорус, 2016. 752 с.
2. *Зайцев О.С.* Химия. Современный краткий курс. М.: Агар, 1997. 416с.
3. *Общая химия /* под. ред. Соколовской Е.М.., Вовченко Г.Д., Гузея Л.С. М: Изд-во Московского ун-та, 1980. 725с.
4. *Угай Я.А.* Общая и неорганическая химия. М.: Высшая школа, 1997. 526с.

5. *Федорова Л.М.*. Основные понятия и прикладные аспекты курса общей химии в вопросах и задачах. Екатеринбург: изд-во УГППУ, 2001. 92с.
6. *Химия: Справочное издание* / В.Шретер, К.-Х. Лаутеншлегер, Х. Бибрах и др.: пер. с нем. М.: Химия, 1989. 648 с.

**Приложение I**

# Электрохимический ряд напряжений металлов

**Электрохимический ряд напряжений металлов** – это ряд стандартных электродных потенциалов металлов, расположенных в порядке их возрастания.

Таблица 1

**Стандартные электродные потенциалы металлов**

| Элемент | Электродная реакция | $E^0$, В | Элемент | Электродная реакция | $E^0$, В |
|---|---|---|---|---|---|
| Цезий | $Cs^+ + e^- \rightleftarrows Cs^0$ | –3,08 | Кадмий | $Cd^{2+} + 2e \rightleftarrows Cd^0$ | –0,40 |
| Литий | $Li^+ + e^- \rightleftarrows Li^0$ | –3,02 | Таллий | $Tl^+ + e^- \rightleftarrows Tl^0$ | –0,34 |
| Рубидий | $Rb^+ + e^- \rightleftarrows Rb^0$ | –2,99 | Кобальт | $Co^{2+} + 2e \rightleftarrows Co^0$ | –0,28 |
| Калий | $K^+ + e^- \rightleftarrows K^0$ | –2,92 | Никель | $Ni^{2+} + 2e \rightleftarrows Ni^0$ | –0,25 |
| Барий | $Ba^{2+} + 2e \rightleftarrows Ba^0$ | –2,90 | Олово | $Sn^{2+} + 2e \rightleftarrows Sn^0$ | –0,14 |
| Стронций | $Sr^{2+} + 2e \rightleftarrows Sr^0$ | –2,89 | Свинец | $Pb^{2+} + 2e \rightleftarrows Pb^0$ | –0,13 |
| Кальций | $Ca^{2+} + 2e \rightleftarrows Ca^0$ | –2,87 | Водород | $2H^+ + 2e \rightleftarrows H_2$ | 0,00 |
| Натрий | $Na^+ + e \rightleftarrows Na^0$ | –2,71 | Сурьма | $Sb^{3+} + 3e \rightleftarrows Sb^0$ | +0,20 |
| Лантан | $La^{3+} + 3e \rightleftarrows La^0$ | –2,37 | Висмут | $Bi^{3+} + 3e \rightleftarrows Bi^0$ | +0,23 |
| Магний | $Mg^{2+} + 2e \rightleftarrows Mg^0$ | –2,34 | Медь | $Cu^{2+} + 2e \rightleftarrows Cu^0$ | +0,34 |
| Бериллий | $Be^{2+} + 2e \rightleftarrows Be^0$ | –1,70 | Серебро | $Ag^+ + e \rightleftarrows Ag^0$ | +0,80 |
| Алюминий | $Al^{3+} + 3e \rightleftarrows Al^0$ | –1,67 | Палладий | $Pd^{2+} + 2e \rightleftarrows Pd^0$ | +0,83 |
| Титан | $Ti^{2+} + 2e \rightleftarrows Ti^0$ | –1,63 | Ртуть | $Hg_2^{2+} + 2e \rightleftarrows Hg^0$ | +0,79 |
| Марганец | $Mn^{2+} + 2e \rightleftarrows Mn^0$ | –1,05 | Ртуть | $Hg^{2+} + 2e \rightleftarrows Hg^0$ | +0,85 |
| Цинк | $Zn^{2+} + 2e \rightleftarrows Zn^0$ | –0,76 | Платина | $Pt^{2+} + 2e \rightleftarrows Pt^0$ | +1,20 |
| Хром | $Cr^{3+} + 3e \rightleftarrows Cr^0$ | –0,71 | Золото | $Au^{3+} + 3e \rightleftarrows Au^0$ | +1,50 |
| Железо | $Fe^{2+} + 2e \rightleftarrows Fe^0$ | –0,44 | Золото | $Au^+ + e \rightleftarrows Au^0$ | +1,68 |

**Стандартный электродный потенциал** – это электродный потенциал, определенный при стандартных условиях: концентрация (точнее, активность) ионов металла в растворе равна 1 г-ион /л при температуре 25 ºС (298 ºК), измеренный по отношению к стандартному водородному электроду сравнения. Обозначается обычно $E^0$ ($\varphi^0$), измеряется в вольтах (В). Стандартные электродные потенциалы являются количественной характеристикой восстановительной способности атомов металлов и окислительной способности ионов этих металлов. Чем более отрицательное значение $E^0_{Me^{+n}/Me^0}$, тем более сильной восстановительной способностью обладают металлы, а их ионы являются слабыми окислителями. Напротив, чем более положительное значение $E^0_{Me^{+n}/Me^0}$, тем более сильной окислительной способностью обладают ионы металла, а атомы металла являются слабыми восстановителями

**Приложение II**

# Перенапряжение

**Перенапряжением** называют разность между реальным минимальным напряжением (внешней электродвижущей силой, ЭДС), которое нужно приложить к электродам для разряжения ионов, и теоретически рассчитанной из электродных потенциалов ЭДС соответствующей реакции.

Величина перенапряжения зависит от различных факторов: формы электродов, состояния их поверхности, плотности тока, температуры раствора, интенсивности перемешивания раствора и др. Особенно сильно на величину перенапряжения влияют природа выделяющегося вещества и материал электрода. Наиболее велико перенапряжение при образовании газообразных продуктов, особенно кислорода. Например, перенапряжение выделения *кислорода* на аноде из черненой платины достигает 0,3 В, на блестящей платине 0,5 В. Перенапряжение выделения *водорода* на катоде из черненой платины – 0,0 В, на свинце – 0,6 В. Перенапряжение для *хлора, брома и иода* – незначительно.

Перенапряжение может играть двойственную роль. С одной стороны, оно приводит к повышенному расходу электроэнергии, с другой стороны, благодаря перенапряжению удается осаждать из водных растворов многие металлы, которые по значениям их стандартных электродных потенциалов осаждаться не должны: Fe, Pb, Sn, Ni, Co, Zn, Cr. Используя перенапряжение, а также влияние концентрации раствора на электродный потенциал, становятся возможны электролитическое хромирование и никелирование железных изделий, а на ртутном электроде удается получить из водного раствора даже натрий.

Разряжение в водном растворе ионов $Cl^-$, а не $OH^-$ в растворах с высокой концентрацией электролита объясняется перенапряжением кислорода, однако для разряжения ионов $F^-$ и выделения свободного фтора этого перенапряжения оказывается недостаточно.

**Приложение III**

# Стандартные электродные потенциалы окислительно-восстановительных систем

Для любой окислительно-восстановительной полуреакции можно определить стандартный электродный потенциал, составляя гальванический элемент, в котором одним полуэлементом является инертный электрод, погруженный при 25ºС в исследуемую окислительно-восстановительную смесь с концентрациями (точнее, активностями) окисленной и восстановленной форм равными 1 г-ион/л, а другим полуэлементом – стандартный водородный электрод

Таблица 2

**Окислительно-восстановительные потенциалы некоторых систем (инертный электрод – платина)**

| Окисленная форма | Восстановленная форма | Уравнение реакции | $E^0$, В |
|---|---|---|---|
| $H_2O$ | $H_2$ | $2H_2O + 2e \rightleftharpoons H_2 + 2OH^-$ | –0,40* |
| $O_2$ | $OH^-$ | $O_2 + 2H_2O + 4e \rightleftharpoons 4OH^-$ | +0,40 |
| $J_2$ | $2J^-$ | $J_2 + 2e \rightleftharpoons 2J^-$ | +0,54 |
| $Br_2$ | $2Br^-$ | $Br_2 + 2e \rightleftharpoons 2Br^-$ | +1,09 |
| $O_2$ | $H_2O$ | $O_2 + 4H^+ + 4e \rightleftharpoons 2H_2O$ | +1,23** |
| $Cl_2$ | $2Cl^-$ | $Cl_2 + 2e \rightleftharpoons 2Cl^-$ | +1,36 |
| $S_2O_8^{2-}$ | $SO_4^{2-}$ | $S_2O_8^{2-} + 2e \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$ | +2,01 |
| $F_2$ | $2F^-$ | $F_2 + 2e \rightleftharpoons 2F^-$ | +2,87 |

* с учетом перенапряжения может достигать ( 0,82 В).

** с учетом перенапряжения может достигать (+1,8 В).

**Министерство образования и науки РФ**

**ФГБОУ ВО**

**«Уральский государственный**

**горный университет»**

М. Л. Хазин

# Б1.О.12 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная

Екатеринбург

2021

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

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горно-механического
факультета УГГУ
14.10.2021г.
Председатель комиссии
П. А. Осипов

М. Л. Хазин

# Б1.О.12 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная

Издание УГГУ Екатеринбург, 2021

Х12
Рецензенты: Жуков Ю. Н., д-р. техн. наук, профессор (УрФУ)

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры
Эксплуатации горного оборудования 20.10.2021 (протокол № 2)
и рекомендовано для издания в УГГУ

**Хазин М. Л.**
Х12 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ: методические указания по самостоятельной работе студентов направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование». - Екатеринбург: Изд-во, УГГУ, 2021. – 14 с.

Для студентов направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование». Представлены современные конструкционные материалы, которые будут использоваться в горных машинах и оборудовании в ближайшие десятилетия. Данная работа позволяет учащимся ориентироваться в широкой номенклатуре материалов, осуществлять подбор по физико-механическим характеристикам с целью обеспечения наивысшего качества и точности изготавливаемых конструкций.

Табл. 2. Библ. 9 назв.

© Хазин М. Л., 2021
© Уральский государственный
горный университет, 2021

**Оглавление**

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ…… 5
1.1. Цель преподавания дисциплины..... 5
1.2. Задачи изучения дисциплины..... 5
1.3. Место дисциплины в структуре ОПОП…….. 5
1.4. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины 5
2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... 6
2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах..... 6
2.2. Распределение часов по темам и видам занятий……. 6
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ..... 7
3.1. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке теоретического материала ..... 8
3.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям ..... 10
3.3. Методические рекомендации по подготовке практико-ориентированного задания ..... 11
3.4. Контроль знаний студентов..... 11
4. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ…… 13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…… 13
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…….. 14

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цель дисциплины

*Цель дисциплины*: формирование научного и практического представления о структуре и свойствах материалов, овладение навыками решения задач, возникающие при выполнении профессиональных функций.

### 1.2. Задачи изучения дисциплины

Основная задача дисциплины – подготовка студентов к применению навыков разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов.

Для этого необходимо:

- развитие у обучаемых знаний и навыков, необходимых для выбора материалов;
- ознакомление обучаемых с методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий;
- обучение студентов применению полученных практических и теоретических знаний при обеспечении качества и надежности горных машин и оборудования.

### 1.3. Место дисциплины в структуре ОПОП

Место дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина «Материаловедение в машиностроении» является дисциплиной обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиля «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов».

### 1.4. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

В процессе изучения дисциплины формируются общепрофессиональные компетенции и индикаторы достижения компетенции.

Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности (ОПК-1);

Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил (ОПК-5);

Способен применять методы контроля качества технологических машин и оборудования, проводить анализ причин нарушений их работоспособности и разрабатывать мероприятия по их предупреждению (ОПК-11).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

*Знать:*

- общую классификацию материалов, их характерные свойства, области применения;
- типовые методы измерения параметров и свойств материалов;

*Уметь:*

- выбирать материалы с необходимым комплексом физико-механических характеристик;
- проводить измерения параметров материалов;

*Владеть:*

- навыками выбора материалов с необходимым комплексом физико-механических характеристик;
- навыками проведения измерений параметров материалов;
- навыками использования технической и справочной литературы для выбора материалов.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Наименование и содержание тем

**Тема 1: Строение, свойства и кристаллизация материалов.**

Аморфная и кристаллическая структура. Кристаллизация и структура металлов и сплавов. Виды сплавов. Диаграммы состояния сплавов. Диаграмма железо-углерод. Технологии термической обработки: отжиг, закалка, отпуск, нормализация. Поверхностная закалка; химико-термическая обработка. Деформация и разрушение. Виды деформации, диаграмма деформации. Твердость, усталость, выносливость и износостойкость.

**Тема 2: Конструкционные металлы и сплавы. Композиционные материалы.**

Углеродистые и легированные конструкционные стали. Чугуны. Цветные металлы и их сплавы. Стекло и керамика. Пластмассы и полимеры. Классификация и виды композиционных материалов.

### 2.2. Распределение часов по темам и видам занятий

Тематический план изучения дисциплины для студентов очной формы обучения

| № | Тема | Контактная работа обучающихся с преподавателем, час | | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|
| | | лекции | практич. занятия/ | |
| 1. | Строение, свойства и кристаллизация материалов. | 8 | 8 | 30 |
| 2. | Конструкционные металлы и сплавы. Композиционные материалы. | 10 | 10 | 33 |
| 3. | Подготовка к экзамену | | | 9 |
| | **ИТОГО** | **18** | **18** | **72** |

Освоение дисциплины предусматривает репродуктивные (информационные лекции, опросы, работа с книгой и т.д.); активные (доклады, работа с информационными ресурсами).

## 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Материаловедение в машиностроении» позволяет сформировать знания, умения и навыки студентам, обучающимся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиля «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» в области представления о структуре и свойствах материалов, овладения навыками решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций. Проверка знаний материала лекционных и практических занятий проводится в виде тестирования.

Основные цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубление и расширение теоретических знаний, формирование умений использовать справочную документацию и дополнительную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельного мышления;
- развитие исследовательских умений.

Особую важность приобретают умения обучающихся выбирать материалы для профессиональной деятельности, определять основные свойства материалов по маркам, знание свойств, классификации, характеристики применяемых в профессиональной деятельности материалов, самостоятельное применение полученных знаний и умений на практике. Методические реко-

мендации помогут обучающимся целенаправленно изучать материал по теме, определять свой уровень знаний и умений при выполнении самостоятельной работы.

### 3.1. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке теоретического материала

Основной формой изучения курса является самостоятельная работа студента с книгой. Вначале следует ознакомиться с программой курса, затем прочитать соответствующие разделы по учебнику. При изучении раздела необходимо усвоить основные понятия, термины, внимательно рассмотреть примеры и выводы. Усвоив тот или иной раздел учебника необходимо ответить на вопросы для самопроверки, приведённые в настоящих методических указаниях. Вопросы для самопроверки обращают внимание студента на наиболее важные разделы курса и дают возможность установить, всё ли главное им усвоено.

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по данному материалу, проработку и анализ теоретического материала, самоконтроль знаний по данной теме с помощью нижеприведенных контрольных вопросов и заданий.

#### Контрольные вопросы

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?
11. Что такое компонент, фаза, физико-химическая система, число степеней свободы?
12. Приведите объяснение твердого раствора, механической смеси, химического (металлического) соединения.
13. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения?

4. Как строятся диаграммы состояния?

14. Объясните принцип построения кривых нагревания и охлаждения с помощью правила фаз.

15. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов.

16. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии.

17. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов.

18. Каким образом определяются состав фаз и их количественное соотношение?

19. Чем объясняется назначение процесса улучшения для конструкционной стали?

20. Как влияет степень легирования на механические свойства улучшаемой стали?

21. Какие требования предъявляются к рессорно-пружинным сталям?

22. Какие вы знаете износостойкие стали?

23. Каковы требования, предъявляемые к нержавеющим сталям?

24. Что такое композиты?

25. Как подразделяют композиты в зависимости от формы и размеров наполнителя?

26. Как подразделяют композиты по виду матрицы?

27. От чего зависят механические свойства композитов?

28. Какие композиционные материалы используют для работы при высоких температурах (жаропрочные)?

29. Что лежит в основе классификации полимеров?

30. Какие материалы относятся к обратимым и необратимым полимерам?

31. Какие вы знаете наполнители пластмасс?

32. Для чего вводят в пластмассы отвердители?

33. Приведите примеры пластиков с твердыми наполнителями.

34. Укажите область применения термопластов и реактопластов.

35. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?

### 3.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям, включает проработку и анализ теоретического материала, а также самоконтроль знаний по теме практического занятия с помощью нижеприве-

денных контрольных вопросов и заданий. При изучении тем дисциплины рекомендуется использовать литературные источники.

## Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете хладостойкие стали и сплавы? Укажите их состав, свойства и назначение.
2. Какие вы знаете жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы? Укажите их состав, свойства и назначение.
3. Какие вы знаете материалы с высокой твердостью? Укажите их состав, свойства и назначение.
4. Какие требования предъявляются к сплавам с высокой упругостью? Приведите примеры таких сплавов с указанием их состава, структуры, свойств и области применения.
5. Приведите примеры сплавов с особенностями теплового расширения. Их состав, свойства и назначение.
6. Какие вы знаете сплавы с заданными упругими свойствами? Их состав, свойства и назначение.
7. Каковы особенности титановых сплавов и области их применения?
8. Какой термической обработке подвергают сплавы на основе титана?
9. Приведите примеры сплавов на основе титана. Укажите их состав, обработку, свойства и область применения.
10. Высокопрочные стали.
11. Как классифицируются конструкционные стали по технологии термической обработки?
12. Какие требования предъявляются к цементуемым изделиям?
13. Чем определяется выбор марки цементуемой стали для изделий различного назначения?
14. Какова термическая обработка цементуемых деталей?
15. Приведите определения основных процессов термической обработки: отжига, нормализации и закалки.
16. Какие вам известны разновидности процесса отжига и для чего они применяются?
17. Какова природа фазовых и термических напряжений?
18. Какие вам известны разновидности закалки и в каких случаях они применяются?
19. Каковы виды и причины брака при закалке?
20. Какие Вам известны группы охлаждающих сред и каковы их особенности?

21. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?

22. Какие вам известны технологические приемы уменьшения деформации при термической обработке?

23. Для чего и как производится обработка холодом?

24. . В чем сущность и особенности термомеханической обработки.

### 3.3. Методические рекомендации по подготовке практико-ориентированного задания

Необходимо уяснить принципы обозначения сталей и сплавов. Обратить внимание на различение обозначений конструкционных и инструментальных сталей. Помнить, что одна и та же буква может обозначать различные легирующие элементы в обозначениях сталей и цветных металлов.

*Примерные практико-ориентированные задания*

1. Расшифруйте состав и марку сплавов КЧ30-6 и А12
2. Расшифруйте состав и марку сплавов 8Х18Н9АТ и 8Х18Н9ТА
3. Расшифруйте состав и марку сплавов 12ХГ2МТР и ТТ15К6

### 3.4. Контроль знаний студентов

Экзамен – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Цель экзамена – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, опреде-лить сформированность компетенций.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками. Прежде всего, необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Материаловедение имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на эк  замене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на зачете, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

Экзамен по дисциплине - «Материаловедение в машиностроении» может проводиться в устной, письменной форме (по билетам, в форме компьютерного тестирования, с использованием электронной информационно-образовательной среды). На подготовку к устному ответу обучающегося дается 40-60 минут в зависимости от объема билета. На подготовку ответа в письменной форме – не менее 120 минут.

При опоздании к началу письменного зачета - обучающийся на зачет не допускается. Использование средств связи, «шпаргалок», подсказок на зачете- является основанием для удаления обучающегося с зачета, а в зачетной ведомости проставляется оценка «не зачтено».

Для подготовки к зачету в письменной форме обучающийся должен иметь лист (несколько листов) формата А-4.

Лист (листы) формата А-4, на котором будет выполняться зачетное - задание, должен быть подписан обучающимся в начале работы в правом верхнем углу. Здесь следует указать:

- Ф. И. О. обучающегося;
- группу, курс
- дату выполнения работы
- название дисциплины

Страницы листов с ответами должны быть пронумерованы.

Проверка письменных работ осуществляется преподавателем, проводившим зачет, в течение 3-х рабочих дней после его проведения. Результаты письменного зачета - объявляются путем выдачи копии зачетной ведомости старосте группы, результаты устного зачета объявляются в процессе проведения зачета - после ответа обучающегося.

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Профессиональные пакеты программных средств:**

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Professional 2010
3. Microsoft Windows 8.1 Professional

**Информационные справочные системы**

ИПС «КонсультантПлюс»
ИПС «Гарант»

**Базы данных**

Scopus: база данных рефератов и цитирования
https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов является одной из важнейших составляющих деятельности человека, без которых невозможно создание и последующее внедрение в производство наукоемких ресурсосберегающих и экологически чистых технологий и, тем самым, развитие научно-технического прогресса, определяющего будущее любого государства, в том числе и России.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. Балин В. С. Конструкционные материалы: учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2006. - 138 с.
2. Балин В. С., Зубов В. В. Материаловедение: учебное пособие/ 2-е изд., перераб. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2012. - 202 с.
3. Балин В. С., Хазин М. Л. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами: учебное пособие. - 3-е изд., стер. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 49 с.
4. Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты: Карманный справочник = Engineering materials : пер. с англ. / - 2-е изд., стер. - Москва: Додэка-XXI, 2007. - 320 с.
5. Комаров О. С., Керженцева А. Ф., Макаева Г. Г. Материаловедение в машиностроении. М.: Высшая школа. 2009. 304 с.
6. Хазин М. Л. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: учебно-практическое пособие, Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 184 с.
7. Хазин М. Л. Материаловедение: методические материалы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2008. 208 с.

Учебное издание

Хазин Марк Леонтьевич

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ:

методические указания по самостоятельной работе студентов направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Учебное пособие
для самостоятельной работы

Редактор В. В. Баклаева

Подписано в печать . .22 г. Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16
Печать офсетная. Печ. л. 5,0. Уч.-изд. л 4,41. Тираж 50. Заказ №_____

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета
В лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по [illegible] ческому
комплексу
_____ С.А.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению практической и контрольной работы по дисциплине*

## Б1.О.12 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Хазин М.Л., д-р. техн. н., профессор

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Эксплуатации горного оборудования | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Симисинов Д. И. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 21.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

***Контрольная работа по темам 1-2***

*Вариант 1*

1. 1. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?

2. Дайте определение ударной вязкости (KCV). Опишите методику измерения этой характеристики механических свойств металла.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - углерод, 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?

Исходные данные для выполнения задания:

Диаграмма железо-углерод.

*Вариант 2*

1. Опишите физическую сущность и механизм процесса кристаллизации.

2. Для чего проводится рекристаллизационный отжиг? Как назначается режим этого вида обработки?

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.

Исходные данные для выполнения задания:

Диаграмма железо-углерод.

*Вариант 3*

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 80. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей твердость 20...25 HRC. Укажите, как называется этот режим и какая структура образуется в данном случае.

5. Плашки из стали У10А 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.

Исходные данные для выполнения задания:
Диаграмма железо-углерод.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1. Кристаллическое строение
2. Дефекты кристаллического строения
3. Нарушение правильного чередования атомных плоскостей в кристалле
4. Диаграмма деформации
5. Способность материала сопротивляться действию внешних сил, не разрушаясь
6. Способы измерения твердости материалов
7. Химико-термическая обработка
8. Отжиг стали второго рода
9. Диффузионная металлизация
10. Управление структурой
11. Закалка, прокаливаемость и закаливаемость
12. Основные фазы в системе железа
13. Зависимость физических свойств от направления в кристалле:
14. Отпуск и его виды
15. Термомеханическая обработка
16. Разрушение материалов
17. Отпуск
18. Кристаллизация сплавов
19. Основные виды сплавов
20. Линия солидус на диаграмме состояния

**Теоретические вопросы**

1. Углеродистые качественные стали
2. Серые чугуны
3. Композиционные материалы
4. Износостойкие стали
5. Легированные стали
6. Керамика
7. Твердые сплавы
8. Стекло неорганическое
9. Стали обыкновенного качества
10. Рессорно-пружинные стали
11. Порошковые сплавы алюминия
12. Автоматные стали
13. Ковкие чугуны
14. Медь и ее сплавы
15. Сплавы алюминия
16. Белые чугуны
17. Улучшаемые стали
18. Инструментальные стали
19. Высокопрочные чугуны
20. Латуни

# ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Расшифруйте состав и марку сплавов КЧ 30-6 и А12
2. Рассчитайте число атомов в элементарной ячейке в ГЦК решетки.
3. Расшифруйте состав и марку сплавов 8Х18Н9АТ и 8Х18Н9ТА
4. Расшифруйте состав и марку сплавов 12ХГ2МТР и ТТ15К6
5. Расшифруйте состав и марку сплавов ВЧ 45-6
6. Укажите режим закалки для конструкционной стали 45.
7. Расшифруйте состав и марку сплавов Р8 и У8А
8. Расшифруйте состав и марку сплавов 22ХВ2М
9. Расшифруйте состав и марку сплавов Бр АЖС 7-6-1
10. Расшифруйте состав и марку сплавов 8Х18Н9АТ и 8Х18Н9ТА
11. Рассчитайте координационное число ОЦК решетки.
12. Расшифруйте состав и марку сплавов 12ХГ2МТР и ТТ15К6
13. Расшифруйте состав и марку сплавов Бр 30С
14. Рассчитайте содержание углерода в стали 20, если перлита содержится 67 %.
15. Расшифруйте состав и марку сплавов 8Х18НА
16. Расшифруйте состав и марку сплавов 8Х18Н9АТ и 8Х18Н9ТА
17. Укажите содержание углерода в чугуне состава: ледебурит – 35%, цементит 65 %.
18. Расшифруйте состав и марку сплавов Бр АЖС 7-2-1.
19. Расшифруйте состав и марку сплавов 12ХГ2МТР и ТТ15К67.
20. Выберете режим термической обработки для получения пружины из стали 70.

**Министерство образования и науки РФ**

**ФГБОУ ВО**

**«Уральский государственный**

**горный университет»**

**М. Л. Хазин**

# Б1.О.12 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

Екатеринбург

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

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горно-механического
факультета УГГУ
14.10.2021г.
Председатель комиссии
П. А. Осипов

М. Л. Хазин

# Б1.О.12 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная

Издание УГГУ Екатеринбург, 2021

Х12
Рецензенты: Жуков Ю. Н., д-р. техн. наук, профессор (УрФУ)

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры
Эксплуатации горного оборудования 20.10.2021 (протокол № 2)
и рекомендовано для издания в УГГУ

**Хазин М. Л.**
Х12 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ: методические указания по самостоятельной работе студентов направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование». - Екатеринбург: Изд-во, УГГУ, 2021. – 14 с.

Для студентов направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование». Представлены современные конструкционные материалы, которые будут использоваться в горных машинах и оборудовании в ближайшие десятилетия. Данная работа позволяет учащимся ориентироваться в широкой номенклатуре материалов, осуществлять подбор по физико-механическим характеристикам с целью обеспечения наивысшего качества и точности изготавливаемых конструкций.

Табл. 2. Библ. 9 назв.

© Хазин М. Л., 2021
© Уральский государственный
горный университет, 2021

**Оглавление**

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ…… 5
1.1. Цель преподавания дисциплины..... 5
1.2. Задачи изучения дисциплины..... 5
1.3. Место дисциплины в структуре ОПОП…….. 5
1.4. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины 5
2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ..... 6
2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах..... 6
2.2. Распределение часов по темам и видам занятий……. 6
3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ..... 7
3.1. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке теоретического материала ..... 8
3.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям ..... 10
3.3. Методические рекомендации по подготовке практико-ориентированного задания ..... 11
3.4. Контроль знаний студентов..... 11
4. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО 13
ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ…… 13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……. 14
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК……..

# 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цель дисциплины

*Цель дисциплины*: формирование научного и практического представления о структуре и свойствах материалов, овладение навыками решения задач, возникающие при выполнении профессиональных функций.

## 1.2. Задачи изучения дисциплины

Основная задача дисциплины – подготовка студентов к применению навыков разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов.

Для этого необходимо:

- развитие у обучаемых знаний и навыков, необходимых для выбора материалов;
- ознакомление обучаемых с методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий;
- обучение студентов применению полученных практических и теоретических знаний при обеспечении качества и надежности горных машин и оборудования.

## 1.3. Место дисциплины в структуре ОПОП

Место дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина «Материаловедение в машиностроении» является дисциплиной обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиля «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов».

## 1.4. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

В процессе изучения дисциплины формируются общепрофессиональные компетенции и индикаторы достижения компетенции.

Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности (ОПК-1);

Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил (ОПК-5);

Способен применять методы контроля качества технологических машин и оборудования, проводить анализ причин нарушений их работоспособности и разрабатывать мероприятия по их предупреждению (ОПК-11).

В результате изучения дисциплины студенты должны:

*Знать:*

- общую классификацию материалов, их характерные свойства, области применения;
- типовые методы измерения параметров и свойств материалов;

*Уметь:*

- выбирать материалы с необходимым комплексом физико-механических характеристик;
- проводить измерения параметров материалов;

*Владеть:*

- навыками выбора материалов с необходимым комплексом физико-механических характеристик;
- навыками проведения измерений параметров материалов;
- навыками использования технической и справочной литературы для выбора материалов.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Наименование и содержание тем

**Тема 1: Строение, свойства и кристаллизация материалов.**

Аморфная и кристаллическая структура. Кристаллизация и структура металлов и сплавов. Виды сплавов. Диаграммы состояния сплавов. Диаграмма железо-углерод. Технологии термической обработки: отжиг, закалка, отпуск, нормализация. Поверхностная закалка; химико-термическая обработка. Деформация и разрушение. Виды деформации, диаграмма деформации. Твердость, усталость, выносливость и износостойкость.

**Тема 2: Конструкционные металлы и сплавы. Композиционные материалы.**

Углеродистые и легированные конструкционные стали. Чугуны. Цветные металлы и их сплавы. Стекло и керамика. Пластмассы и полимеры. Классификация и виды композиционных материалов.

### 2.2. Распределение часов по темам и видам занятий

Тематический план изучения дисциплины для студентов очной формы обучения

| № | Тема | Контактная работа обучающихся с преподавателем, час | | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|
| | | лекции | практич. занятия/ | |
| 1. | Строение, свойства и кристаллизация материалов. | 8 | 8 | 30 |
| 2. | Конструкционные металлы и сплавы. Композиционные материалы. | 10 | 10 | 33 |
| 3. | Подготовка к экзамену | | | 9 |
| | **ИТОГО** | **18** | **18** | **72** |

Освоение дисциплины предусматривает репродуктивные (информационные лекции, опросы, работа с книгой и т.д.); активные (доклады, работа с информационными ресурсами).

## 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Материаловедение в машиностроении» позволяет сформировать знания, умения и навыки студентам, обучающимся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиля «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» в области представления о структуре и свойствах материалов, овладения навыками решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций. Проверка знаний материала лекционных и практических занятий проводится в виде тестирования.

Основные цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубление и расширение теоретических знаний, формирование умений использовать справочную документацию и дополнительную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельного мышления;
- развитие исследовательских умений.

Особую важность приобретают умения обучающихся выбирать материалы для профессиональной деятельности, определять основные свойства материалов по маркам, знание свойств, классификации, характеристики применяемых в профессиональной деятельности материалов, самостоятельное применение полученных знаний и умений на практике. Методические реко-

мендации помогут обучающимся целенаправленно изучать материал по теме, определять свой уровень знаний и умений при выполнении самостоятельной работы.

### 3.1. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке теоретического материала

Основной формой изучения курса является самостоятельная работа студента с книгой. Вначале следует ознакомиться с программой курса, затем прочитать соответствующие разделы по учебнику. При изучении раздела необходимо усвоить основные понятия, термины, внимательно рассмотреть примеры и выводы. Усвоив тот или иной раздел учебника необходимо ответить на вопросы для самопроверки, приведённые в настоящих методических указаниях. Вопросы для самопроверки обращают внимание студента на наиболее важные разделы курса и дают возможность установить, всё ли главное им усвоено.

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по данному материалу, проработку и анализ теоретического материала, самоконтроль знаний по данной теме с помощью нижеприведенных контрольных вопросов и заданий.

#### Контрольные вопросы

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?
11. Что такое компонент, фаза, физико-химическая система, число степеней свободы?
12. Приведите объяснение твердого раствора, механической смеси, химического (металлического) соединения.
13. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения?

4. Как строятся диаграммы состояния?

14. Объясните принцип построения кривых нагревания и охлаждения с помощью правила фаз.

15. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов.

16. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии.

17. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов.

18. Каким образом определяются состав фаз и их количественное соотношение?

19. Чем объясняется назначение процесса улучшения для конструкционной стали?

20. Как влияет степень легирования на механические свойства улучшаемой стали?

21. Какие требования предъявляются к рессорно-пружинным сталям?

22. Какие вы знаете износостойкие стали?

23. Каковы требования, предъявляемые к нержавеющим сталям?

24. Что такое композиты?

25. Как подразделяют композиты в зависимости от формы и размеров наполнителя?

26. Как подразделяют композиты по виду матрицы?

27. От чего зависят механические свойства композитов?

28. Какие композиционные материалы используют для работы при высоких температурах (жаропрочные)?

29. Что лежит в основе классификации полимеров?

30. Какие материалы относятся к обратимым и необратимым полимерам?

31. Какие вы знаете наполнители пластмасс?

32. Для чего вводят в пластмассы отвердители?

33. Приведите примеры пластиков с твердыми наполнителями.

34. Укажите область применения термопластов и реактопластов.

35. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?

### 3.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Самостоятельная работа студентов по подготовке к практическим занятиям, включает проработку и анализ теоретического материала, а также самоконтроль знаний по теме практического занятия с помощью нижеприве-

денных контрольных вопросов и заданий. При изучении тем дисциплины рекомендуется использовать литературные источники.

## Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете хладостойкие стали и сплавы? Укажите их состав, свойства и назначение.
2. Какие вы знаете жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы? Укажите их состав, свойства и назначение.
3. Какие вы знаете материалы с высокой твердостью? Укажите их состав, свойства и назначение.
4. Какие требования предъявляются к сплавам с высокой упругостью? Приведите примеры таких сплавов с указанием их состава, структуры, свойств и области применения.
5. Приведите примеры сплавов с особенностями теплового расширения. Их состав, свойства и назначение.
6. Какие вы знаете сплавы с заданными упругими свойствами? Их состав, свойства и назначение.
7. Каковы особенности титановых сплавов и области их применения?
8. Какой термической обработке подвергают сплавы на основе титана?
9. Приведите примеры сплавов на основе титана. Укажите их состав, обработку, свойства и область применения.
10. Высокопрочные стали.
11. Как классифицируются конструкционные стали по технологии термической обработки?
12. Какие требования предъявляются к цементуемым изделиям?
13. Чем определяется выбор марки цементуемой стали для изделий различного назначения?
14. Какова термическая обработка цементуемых деталей?
15. Приведите определения основных процессов термической обработки: отжига, нормализации и закалки.
16. Какие вам известны разновидности процесса отжига и для чего они применяются?
17. Какова природа фазовых и термических напряжений?
18. Какие вам известны разновидности закалки и в каких случаях они применяются?
19. Каковы виды и причины брака при закалке?
20. Какие Вам известны группы охлаждающих сред и каковы их особенности?

21. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?

22. Какие вам известны технологические приемы уменьшения деформации при термической обработке?

23. Для чего и как производится обработка холодом?

24. . В чем сущность и особенности термомеханической обработки.

### 3.3. Методические рекомендации по подготовке практико-ориентированного задания

Необходимо уяснить принципы обозначения сталей и сплавов. Обратить внимание на различение обозначений конструкционных и инструментальных сталей. Помнить, что одна и та же буква может обозначать различные легирующие элементы в обозначениях сталей и цветных металлов.

*Примерные практико-ориентированные задания*

1. Расшифруйте состав и марку сплавов КЧ30-6 и А12
2. Расшифруйте состав и марку сплавов 8Х18Н9АТ и 8Х18Н9ТА
3. Расшифруйте состав и марку сплавов 12ХГ2МТР и ТТ15К6

### 3.4. Контроль знаний студентов

Экзамен – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Цель экзамена – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, опреде-лить сформированность компетенций.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками. Прежде всего, необходимо запоминать определение каждого понятия, так как именно в нем фиксируются признаки, показывающие его сущность и позволяющие отличать данную категорию от других. В процессе заучивания определений конкретных понятий обучающийся «наращивает» знания. Материаловедение имеет свою систему понятий, и обучающийся через запоминание конкретной учебной информации приобщается к данной системе, «поднимается» до ее уровня, говорит на ее языке (не пытаясь объяснить суть той или иной категории с помощью обыденных слов).

Однако преподаватель на эк  замене проверяет не столько уровень запоминания учебного материала, сколько то, как обучающийся понимает те или иные категории и реальные проблемы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию, объяснять заученную дефиницию.

Таким образом, необходимо разумно сочетать запоминание и понимание, простое воспроизводство учебной информации и работу мысли.

Для того чтобы быть уверенным на зачете, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

Экзамен по дисциплине - «Материаловедение в машиностроении» может проводиться в устной, письменной форме (по билетам, в форме компьютерного тестирования, с использованием электронной информационно-образовательной среды). На подготовку к устному ответу обучающегося дается 40-60 минут в зависимости от объема билета. На подготовку ответа в письменной форме – не менее 120 минут.

При опоздании к началу письменного зачета - обучающийся на зачет не допускается. Использование средств связи, «шпаргалок», подсказок на зачете- является основанием для удаления обучающегося с зачета, а в зачетной ведомости проставляется оценка «не зачтено».

Для подготовки к зачету в письменной форме обучающийся должен иметь лист (несколько листов) формата А-4.

Лист (листы) формата А-4, на котором будет выполняться зачетное - задание, должен быть подписан обучающимся в начале работы в правом верхнем углу. Здесь следует указать:

- Ф. И. О. обучающегося;
- группу, курс
- дату выполнения работы
- название дисциплины

Страницы листов с ответами должны быть пронумерованы.

Проверка письменных работ осуществляется преподавателем, проводившим зачет, в течение 3-х рабочих дней после его проведения. Результаты письменного зачета - объявляются путем выдачи копии зачетной ведомости старосте группы, результаты устного зачета объявляются в процессе проведения зачета - после ответа обучающегося.

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Профессиональные пакеты программных средств:**

1. Microsoft Windows 8 Professional
2. Microsoft Office Professional 2010
3. Microsoft Windows 8.1 Professional

**Информационные справочные системы**

ИПС «КонсультантПлюс»
ИПС «Гарант»

**Базы данных**

Scopus: база данных рефератов и цитирования
https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri
E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов является одной из важнейших составляющих деятельности человека, без которых невозможно создание и последующее внедрение в производство наукоемких ресурсосберегающих и экологически чистых технологий и, тем самым, развитие научно-технического прогресса, определяющего будущее любого государства, в том числе и России.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. Балин В. С. Конструкционные материалы: учебное пособие. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2006. - 138 с.
2. Балин В. С., Зубов В. В. Материаловедение: учебное пособие/ 2-е изд., перераб. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2012. - 202 с.
3. Балин В. С., Хазин М. Л. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами: учебное пособие. - 3-е изд., стер. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 49 с.
4. Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты: Карманный справочник = Engineering materials : пер. с англ. / - 2-е изд., стер. - Москва: Додэка-XXI, 2007. - 320 с.
5. Комаров О. С., Керженцева А. Ф., Макаева Г. Г. Материаловедение в машиностроении. М.: Высшая школа. 2009. 304 с.
6. Хазин М. Л. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: учебно-практическое пособие, Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 184 с.
7. Хазин М. Л. Материаловедение: методические материалы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2008. 208 с.

Учебное издание

Хазин Марк Леонтьевич

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ:

методические указания по самостоятельной работе студентов направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Учебное пособие
для самостоятельной работы

Редактор В. В. Баклаева

Подписано в печать . .22 г. Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16
Печать офсетная. Печ. л. 5,0. Уч.-изд. л 4,41. Тираж 50. Заказ №_____

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета
В лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

по дисциплине

# Б1.О.13 ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

Автор: Дружинин А. В., доцент, канд. техн. наук

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Информатики | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| к.т.н., доц. Дружинин А.В. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалиста по направлению подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» при организации самостоятельной работы по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы в виде реферата, требования к его оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

### Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения обучающимся необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата обучающийся может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Обучающийся для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

### Выбор темы реферата

Обучающемуся предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем студенту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом сле-

дует сразу же составлять библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

**Формулирование цели и составление плана реферата**

Выбрав тему реферата и, изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

**Цель** – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Заключение (выводы).

} Основная часть

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

**Титульный лист** оформляется в соответствии с Приложением.

**Оглавление** (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

**Введение.** В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

**Основная часть** реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

**Заключение**(выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме, рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

**Библиография** (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

**Приложения** могут включать графики, таблицы, расчеты.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

### Общие требования к оформлению реферата

Рефераты, как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта TimesNewRoman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется студентом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

### Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например, «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков

должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например, «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте реферата должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например, «…в табл. 2.2».

## Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей реферата или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

## Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

**Схема** – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

**Диаграмма** – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

**График** – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

## Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

## Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

**Статья одного, двух или трех авторов из журнала**

*Зотова Л. А., Еременко О. В.* Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

**Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами**

*Валютный курс и экономический рост* / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

**Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами**

*Олейник А. Н.* Институциональная Горное дело: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2011. 416 с.

**Книга, написанная более чем тремя авторами**

*Экономическая теория:* учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

**Сборники**

*Актуальные проблемы экономики и управления*: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

**Статья из сборника**

*Данилов А. Г.* Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

**Статья из газеты**

*Крашаков А. С.* Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

**Библиографические ссылки**

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

**Пример оформления затекстовой ссылки**

Ссылка в тексте: «Под трансакцией понимается обмен какими-либо благами, услугами или информацией между двумя агентами» [10, С. 176].

В списке использованных источников:

10. *Сухарев О. С.* Институциональная Горное дело: учебник и практикум для специалитета и магистратуры /О.С. Сухарев. М.: Издательство Юрайт, 2016. 501 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы обучающегося на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

**Советы обучающемуся:**

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.

- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## ТЕМЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

1. Хост-компьютеры.
2. Локальные сети и персональные компьютеры.
3. Каналы связи.
4. Хранение и предоставление доступа к информации.
5. Управление передачей сообщений.
6. Каналы связи, обеспечивающие взаимодействие между хост-компьютерами.
7. Обмен информацией между абонентами сети.
8. Использование баз данных сети.
9. Классификация прикладного программного обеспечения.
10. Пакеты прикладных программ.
11. Методоориентированные пакеты.
12. Системы реального времени.
13. Офисные приложения.
14. Инструменты электронных таблиц для решения экономических задач.
15. Классификация баз данных (БД).
16. Системы управления базами данных (СУБД). Классификация СУБД.
17. Локальные и глобальные сети. Intranet и Internet. Сетевые службы.
18. Поисковые системы: Яndex, Rambler, Google, ПОИСК@mail.ru.

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

*Знать:*

- офисные приложения;
- основы создания баз данных;
- принципы работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

*Уметь:*

- использовать офисные приложения;
- создавать базы данных средствами офисных приложений;
- использовать электронную почту и другие средства коммуникаций с помощью Интернета.

*Владеть:*

- инструментарием офисных приложений;
- технологией разработки баз данных;
- навыками работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

**Критерии оценивания:**

достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);

уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);

личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);

культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);

знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;

степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);

использование профессиональной терминологии;

использование литературных источников.

**Правила оценивания:**

Каждый показатель оценивается в 1 балл

**Критерии оценки:**

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»;

7-8 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»;

5-6 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;

0-4 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

Приложение

**Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра информатики

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (РЕФЕРАТ)**

по дисциплине
«Прикладное программное обеспечение»

на тему:

# УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧЕЙ СООБЩЕНИЙ

**Руководитель:**
Дружинин А.В.
**Студент** гр. Х-20
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

по дисциплине

# Б1.О.13 ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

Автор: Дружинин А. В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики
*(название кафедры)*

Зав. кафедрой _____
*(подпись)*

к.т.н., доц. Дружинин А. В.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 1 от 16.09.2021
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией

Горно-механического факультета
*(название факультета)*

Председатель _____
*(подпись)*

Осипов П. А.
*(Фамилия И.О.)*

Протокол № 2 от 12.10.2021
*(Дата)*

Екатеринбург

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 2
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 ..... 9
Создание таблиц базы данных «Реализация товаров» ..... 9
Создание файла базы данных Access ..... 9
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ..... 17
Работа с простыми запросами ..... 17
Конструирование запросов на выборку с условием отбора ..... 17
Вычисляемые поля в запросах ..... 200
Параметры в запросах ..... 233
Групповые операции в запросах ..... 255
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ..... 28
Работа с многотабличными запросами ..... 28
Запросы на изменение ..... 33
Задание для самостоятельной работы ..... 35
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 ..... 37
Работа с формами ..... 37
Условное форматирование элементов управления ..... 38
Создание разделенной формы ..... 40
Многотабличные формы ..... 41
Создание многотабличной формы с помощью мастера ..... 42
Одиночная многотабличная форма ..... 45
Задание для самостоятельной работы ..... 49
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 ..... 49
Работа с отчетами ..... 49
Задание для самостоятельной работы ..... 51
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 ..... 552
Создание главной кнопочной формы ..... 552
с использованием макросов ..... 552
Создание управляющих кнопок на экране ..... 55
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ..... 60
Указания к выполнению работы ..... 60
Варианты заданий ..... 60
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 772

# ВВЕДЕНИЕ

**Система управления базами данных**

СУБД (система управления базами данных) является универсальным программным инструментом создания и обслуживания баз данных и приложений пользователя в самых разных предметных областях. СУБД обеспечивает создание, многоаспектный доступ к данным и использование одних и тех же данных различными задачами и приложениями пользователей.

СУБД поддерживаются различные модели данных. *Модель данных* – это метод (принцип) логической организации данных, используемый СУБД. Наиболее известными являются иерархическая, сетевая и реляционная модели.

В СУБД для персональных компьютеров (настольных СУБД) поддерживается преимущественно *реляционная модель*, которую отличает простота и единообразие представления данных простейшими *двумерными таблицами.*

Основной логической структурной единицей манипулирования данными является *строка* таблицы – *запись*. *Структура записи* определяется составом входящих в неё *полей*. Совокупность полей записи соответствует логически связанным реквизитам, характеризующим некоторую сущность предметной области.

Типовыми функциями СУБД по манипулированию данными являются выборка, добавление, удаление, изменение данных.

- *Выборка данных* – выборка записей из одной или нескольких взаимосвязанных таблиц в соответствии с заданными условиями.
- *Добавление* и *удаление* данных – добавление новых записей в таблицы и удаление существующих.
- *Изменение данных* – изменение значений данных в полях существующих записей.

Данные из одной или нескольких взаимосвязанных таблиц могут подвергаться обработке. К операциям *обработки* относятся, например, расчеты в пределах каждой записи, группировка записей в соответствии с *заданным* критерием группировки и обработка записей выделенных групп с помощью статистических функций, таких как суммирование, определение максимального, подсчет числа записей в группе и т. п.

СУБД Access включает разнообразные и многочисленные относительно автономные инструментальные средства, ориентированные на создание объектов базы данных и приложений пользователя.

- *Разнообразие мастера* в режиме ведения диалога с пользователем позволяют создавать объекты и выполнять разнообразные функции по реорганизации объектов базы данных и приложений пользователя.
- *Средства программирования* СУБД включают язык запросов *SQL*, язык макрокоманд и язык объектно-ориентированного программирования для приложений *Microsoft Visual Basic for Applications (VBA).*
- *Средства графического конструирования* позволяют создавать объекты базы данных и объекты приложения с помощью многочисленных графических элементов, не прибегая непосредственно к программированию. Среди многочисленных средств графического конструирования и диалоговых средств Access следует выделить средства для создания:
- таблиц и схем баз данных, отображающих их связи;
- запросов выборки, отбирающих и объединяющих данные нескольких таблиц в виртуальную таблицу, которая может использоваться во многих задачах приложения;
- запросов на изменение данных базы;
- экранных форм, предназначенных для ввода, просмотра и обработки данных в диалоговом режиме;
- отчетов, предназначенных для ввода, просмотра и вывода на печать данных из базы и результатов их обработки в удобном для пользователя виде.

**Реляционная база данных**

*База данных* является организованной на машинном носителе совокупностью взаимосвязанных данных и содержит сведения о различных сущностях одной предметной области: реальных объектах, процессах, событиях или явлениях.

*Реляционная* база данных представляет собой множество взаимосвязанных двумерных таблиц – *реляционных таблиц*, называемых также *отношениями*, в каждой из которых содержаться сведения об одной сущности автоматизируемой предметной области.

Логическую структуру реляционной базы данных образует совокупность реляционных таблиц, между которыми установлены логические связи.

В таблицах базы должны сохраняться все данные, необходимые для решения задач предметной области, причем каждый элемент данных должен храниться в базе только в одном экземпляре. Для создания таблиц, соответствующих реляционной модели данных, используется процесс, называемый норма-

лизацией данных. *Нормализация* – это удаление из таблиц повторяющихся данных путем их переноса в новые таблицы, записи которых не содержат повторяющихся значений.

Структура реляционной таблицы определяется составом полей. Каждое *поле* отражает определенную характеристику сущности. Для поля указывается *тип* и *размер* элементарного данного, размещаемого в нем, и ряд др. свойств. Содержимое поля отображается в столбце таблицы. Столбец таблицы содержит данные одного типа.

Содержание таблицы заключено в её строках, однотипных по структуре, каждая строка таблицы содержит данные о конкретном экземпляре сущности и называется *записью*.

Для однозначного определения (*идентификации)* каждой записи таблица должна иметь *уникальный (первичный) ключ.* По значению ключа таблицы отыскивается единственная запись в таблице. Ключ может состоять из одного или нескольких полей таблицы. Значение уникального ключа не может повторяться в нескольких записях.

Логические связи между таблицами дают возможность объединять данные из разных таблиц. Связь каждой пары таблиц задается одинаковыми полями в них – *ключом связи*. Таким образом, обеспечивается рациональное хранение недублированных данных и их объединение в соответствии с требованиями решаемых задач.

В нормализованной реляционной базе данных связь двух таблиц характеризуется отношениями записей типа «один-к-одному» (1:1) или «один-ко-многим» (1:M). Отношение 1:1 предполагает, что каждой записи одной таблицы соответствует одна запись другой таблицы. Отношение типа 1:M предполагает, что каждой записи первой таблицы соответствует много записей во второй, но каждой записи второй таблицы соответствует только одна запись в первой.

Для двух таблиц, находящихся в отношении типа 1:M, связь устанавливается по уникальному ключу таблицы, представляющей в отношении сторону «один», – *главной таблицы* в связи. Во второй таблице, представляющей в отношении сторону «многие» и называемой *подчиненной*, этот ключ связи может быть либо частью уникального ключа, либо не входить в состав ключа. В подчиненной таблице ключ связи называется ещё *внешним ключом*.

**Схема данных**

В СУБД Access процесс создания реляционной базы данных включает создание *схемы данных*. Схема данных наглядно отображает логическую структуру базы данных: таблицы и связи между ними, а также обеспечивает использование установленных в ней связей при обработке данных.

Для нормализованной базы данных, основанной на одно-многозначных и однозначных отношениях между таблицами, в схеме данных для связей таких таблиц по первичному ключу или уникальному индексу главной таблицы могут устанавливаться параметры *связной целостности*.

При поддержании целостности взаимосвязанных данных не допускается наличия записи в подчиненной таблице, если в главной таблице отсутствует связанная с ней запись. Соответственно при первоначальной загрузке базы данных, а также корректировке, добавлении и удалении записей система допускает выполнение операции только в том случае, если она не приводит к нарушению целостности. Связи, определенные в схеме данных, автоматически используются для объединения таблиц при разработке многотабличных форм, запросов, отчетов, существенно упрощая процесс их конструирования. В схеме связи могут устанавливаться для любой пары таблиц, имеющих одинаковое поле, позволяющее объединять эти таблицы. **Объекты Access**

База данных Access включает следующие сохраняемые в одном accdbфайле объекты:

- *таблицы, запросы, схемы данных,* непосредственно имеющие отношение к базе данных;
- *формы, отчеты, макросы* и *модули*, называемые *объектами приложения.*

Формы и отчеты предназначены для типовых процессов обработки данных: просмотра, обновления, поиска по заданным критериям, получения отчетов. Эти объекты приложений конструируются из графических элементов, называемых *элементами управления*. Основные элементы управления служат для отображения полей таблиц, являющихся источниками данных объекта.

Для автоматизации доступа к объектам и их взаимодействия используется программный код. Только с помощью программного кода получается полноценное приложение пользователя, функции которого доступны через меню, панели инструментов и формы. Для создания программного кода служат модули на языке *VBA* и макросы.

Каждый объект и элемент управления имеет свои свойства, определяя которые можно настраивать их. С каждым объектом и элементом управления связывается набор событий, которые могут обрабатываться макросами или проце-

дурами обработки событий на VBA, входящими в состав модулей форм, отчетов.

Объекты представлены в области навигации окна базы данных Access. Все операции по работе с объектами и приложениями начинаются в этом окне.

- *Таблицы* создаются пользователем для хранения данных об одной сущности – одном информационном объекте модели данных предметной области. Таблица состоит из полей (столбцов) и записей (строк). Каждое поле содержит одну характеристику информационного объекта предметной области. В записи собраны сведения об одном экземпляре информационного объекта. База данных Access может включать до 32768 объектов (в том числе формы, отчеты и т. д.). Одновременно может открываться до 2048 таблиц.
- *Запросы*. Запросы на выборку служат для выборки нужных данных из одной или нескольких связанных таблиц. Результатом выполнения запроса является виртуальная таблица. В запросе можно указать, какие поля исходных таблиц следует включить в запись таблицы запроса и как отобрать нужные записи. Таблица запроса может быть использована с другими таблицами базы при обработке данных. Запросы на изменение позволяют обновлять, удалять или добавлять данные в таблицы, а также создавать новые таблицы на основе уже существующих.
- *Схема данных* определяет, с помощью каких полей таблицы связываются между собой, как будет выполняться объединение данных этих таблиц, нужно ли проверять связную целостность при добавлении и удалении записей, изменение ключей таблиц. Схемы данных в области навигации в окне базы данных отображаются только в проектах Access, работающих с базами данных сервера. Для отображения схемы данных в базах данных Access используется команда **Схема данных**, размещенная на вкладке ленты **Работа с базами данных** в группе **Отношения**.
- *Формы* являются основным средством создания диалогового интерфейса приложения пользователя. Форма может создаваться для работы с электронными документами, сохраняемыми в таблицах базы данных. Вид таких документов может соответствовать привычному для пользователя бумажному документу. Форма используется для разработки интерфейса по управлению приложением. Включаемые в форму процедуры обработки событий позволяют управлять процессом обработки данных в приложении. Такие процедуры хранятся в модуле формы. В формы могут вставляться рисунки, диаграммы, звуковые фрагменты, ви-

део. Возможна разработка форм с набором вкладок, с каждой из которых связано выполнение той или иной функции приложения.

- *Отчеты* предназначены для формирования на основе данных базы выходных документов любых форматов, содержащих результаты решения задач пользователя, и вывода их на печать. Как и формы, отчеты могут включать процедуры обработки событий. Использование графических объектов позволяет дополнять данные отчета иллюстрациями. Отчеты обеспечивают возможность анализа данных при использовании фильтрации, агрегирования и представления данных источника в различных разрезах. *Макросы* являются программами, состоящими из последовательностей макрокоманд, которые выполняются по вызову или при наступлении некоторого события в объекте приложения или его элементе управления. Макросы данных выполняются при наступлении некоторого события в исходных таблицах. Макросы позволяют автоматизировать некоторые действия в приложении пользователя. Создание макросов осуществляется в диалоговом режиме путем выбора нужных макрокоманд и задания параметров, используемых ими при выполнении.
- *Модули* содержат процедуры на языке *Visual Basic for Applications*. Могут создаваться процедуры-программы, процедуры-функции, которые разрабатываются пользователем, и процедуры для обработки событий.

**Интерфейс пользователя Access**

Для Access 2013 разработан интерфейс пользователя, упрощающий доступ к многочисленным функциональным возможностям в процессе создания и работы с объектами базы данных и приложений пользователя.

Основу этого интерфейса составляют *ленты* и *область навигации.* Собранные на одной ленте команды четко соответствуют задачам, выполняемым в Access, что позволяет легко находить нужную команду.

Основные элементы интерфейса пользователя в Access 2013:

- *страницы*, предназначенные для управления файлами баз данных. Стартовая страница отображается при запуске Access и позволяет открыть существующие файлы баз данных или создать новые. В процессе работы доступны страницы, открываемые при щелчке на цветном значке **Файл**.

Они содержат команды для сохранения, сжатия и восстановления базы данных, определения параметров и ряд др.;

- *лента* – широкая полоса, расположенная в верхней части окна Access. Она содержит стандартные вкладки с группами наиболее часто

используемых команд, контекстные вкладки, которые появляются только тогда, когда их использование допустимо, и *панель быстрого доступа* – небольшую панель инструментов, на которую можно добавить нужные команды. Лента является основой интерфейса пользователя и обеспечивает быстрый доступ к набору команд, применимых к выполняемым в базе данных в текущий момент работам;

- *коллекция (галерея)* – элемент интерфейса, который не просто отображает команды, а показывает набор результатов выполнения этих команд с отображением внешнего вида вариантов выбора;
- *диалоговые окна* могут выводиться при выполнении команд для уточнения операции и передачи параметров. В некоторых группах вкладок ленты имеются кнопки вызова диалоговых окон;
- *контекстное меню* вызывается щелчком правой кнопкой мыши на элементе объекта. Содержит команды, зависящие от контекста – элемента объекта, с которым работает пользователь, или выполняемой задачи;
- *панель быстрого доступа* – единственная панель инструментов, предусмотренная в интерфейсе. Она обеспечивает доступ одним нажатием кнопки к наиболее часто используемым командам. Это панель настраивается в соответствии с предпочтениями пользователя;
- *область навигации* расположена в левой части окна. В ней отображаются объединенные в группы объекты базы данных;
- *вкладки документов* – таблицы, запросы, формы, отчеты и макросы отображаются на вкладках в рабочем пространстве окна Access – окне документов;
- *строка состояния* – полоса в нижней части окна программы, в которой отображаются сведения о состоянии объекта и располагаются кнопки, позволяющие изменить режим его представления;
- *мини-панель инструментов* – прозрачный элемент, подключенный к объекту, который появляется над выбранным текстом и позволяет легко отформатировать его;
- *панель сообщений* – это единственное средство вывода всех предупреждений системы безопасности. Отображается, когда в открываемой базе данных имеется любое потенциально опасное выполняемое содержимое.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
# Создание таблиц базы данных «Реализация товаров»

Создать базу данных для учета реализации товаров со складов. Организовать хранение информации в создаваемой базе данных с помощью четырех таблиц: «Товары», «Фирмы», «Склады» и «Продажи».

*Этапы проектирования базы данных:*

1. Исследование предметной области и формулировка основных допущений (накладываемых условий). На этом этапе составляется список всех форм и отчетов, которые могут быть затребованы пользователями вашей БД.
2. Анализ данных. Составить перечень всех элементов данных, входящих в формы и отчеты, и сгруппировать их в таблицы БД.
3. Установить, какие взаимосвязи существуют между элементами данных. Определить первичные и вторичные (внешние) ключи отношений. Организовать поля данных в таблицах.

Создать базу данных «Реализация товаров», при условии, что на одном складе может храниться только один вид товара.

## *Создание файла базы данных Access*

Для создания файла новой локальной базы данных щелкните в области создания базы данных стартового окна Access на элементе **Пустая база данных** (рис. 1.1). В открывшемся окне введите имя файла в поле **Имя файла** – например, ***Реализация товаров***.

Щелчком по кнопке **Создать,** завершите процесс создания пустого файла новой базы данных. В результате по умолчанию откроется окно созданной базы данных с пустой таблицей с именем **Таблица1** в режиме таблицы (рис. 1.2).

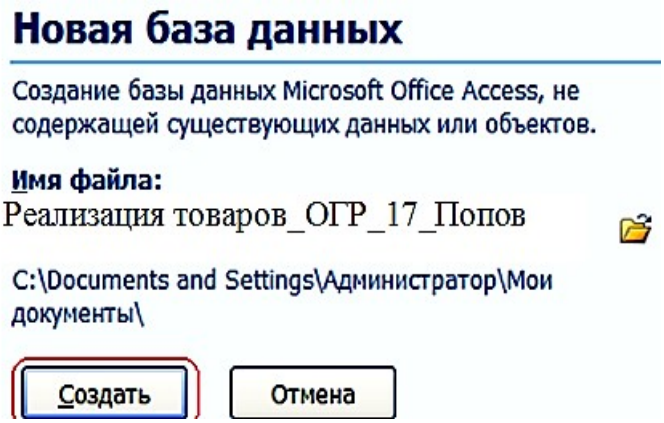



Рис. 1.1. Определение имени и местоположения файла новой базы данных

Так как создание таблиц будет происходить при помощи конструктора таблиц, поэтому закройте таблицу при помощи щелчка по значку «**Закрыть**».

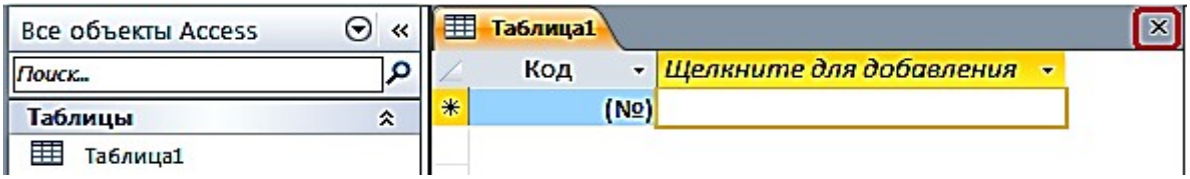



Рис. 1.2. **Таблица1** в режиме таблицы

**Задание 1. Создание таблицы базы данных «Реализация товаров»**

Рассмотрим последовательность действий при создании таблиц. Для этого начнем создание таблицы «Товар» с определения её структуры в режиме конструктора таблиц. На вкладке ленты **Создание** в группе **Таблицы** выполним команду **Конструктор таблиц** (рис. 1.3).

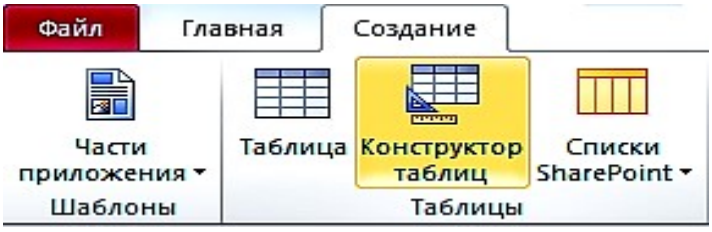



Рис. 1.3. Лента с открытой вкладкой **Создание**

В окне конструктора **Таблица1** определим все поля таблицы «Товар». Для каждого поля таблицы «Товар» определим **Имя поля**, **Тип данных.**



Рис. 1.4. Таблица «Товары» в режиме «**Конструктор**»

Теперь определим первичный ключ таблицы. Выделим поле «**Код товара»**, щелкнув кнопкой мыши на области маркировки, слева от имени поля, и нажмем кнопку **Ключевое поле** на вкладке ленты **Конструктор** в группе **Сервис**. Признаком установки ключа является изображение ключа слева от имени поля  .

Сохраним созданную структуру таблицы и присвоим имя новой таблице – «Товар». Для этого выполним команду **Сохранить** на Панели быстрого доступа или на вкладке **ФАЙЛ**. В окне **Сохранение** введем имя таблицы.

При сохранении таблицы происходит обновление файла базы данных, в которую помещается созданная таблица. Таблица «Товар» появиться в списке объектов **Таблицы** в области навигации открытой базы данных «Реализация товаров».

После сохранения структуры таблицы переходите ко второму этапу создания таблицы – созданию записей. Для этого переключитесь в режим таблицы нажатием кнопки **Режим** на ленте конструктора или выбором нужного режима при открытии списка данной кнопки (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Выбор режима представления таблицы

Как и в режиме конструктора, в режиме таблицы можно удалить столбец. При этом следует помнить, что удаляются все данные столбца, и отменить удаление невозможно. Удаление поля первичного ключа в режиме таблицы невозможно. Для этого необходимо использовать режим конструктора.

Открыть таблицу для ввода исходных данных. Установить курсор в первую строку таблицы и ввести исходные данные. Ввод данных в каждое поле таблицы завершать нажатием клавиши **Enter.** По окончании ввода данных при необходимости увеличить ширину полей. Записать таблицу «Товар» на диск.

Товары

| Код товара | Наименование | Марка | Номер склада | Количество | Цена |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Тахеометр | SP FOKUS 6 | 1 | 5 | 319 463,00 ₽ |
| 2 | Тахеометр | SP FOKUS 6W | 1 | 7 | 357 487,00 ₽ |
| 3 | Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 2 | 6 | 225 000,00 ₽ |
| 4 | Тахеометр | Soutn NTS-362 R | 2 | 5 | 240 000,00 ₽ |
| 5 | Теодолит | 3Т2КП | 3 | 9 | 84 193,00 ₽ |
| 6 | Теодолит | 4Т15П | 3 | 5 | 58 764,00 ₽ |
| 7 | Теодолит | 4Т30П | 3 | 8 | 50 625,00 ₽ |
| 8 | Теодолит | VEGA TEO 5 | 3 | 10 | 30 000,00 ₽ |
| 9 | Нивелир | 4Н -2КЛ | 4 | 15 | 16 680,00 ₽ |
| 10 | Нивелир | 4Н-3КЛ | 4 | 18 | 12 500,00 ₽ |
| (№) | | | | | |

Рис. 1.6. Таблица «Товары» в режиме таблицы

**Задание 2. Создание таблицы «Фирмы»**

Для поля Телефон следует задать маску ввода: **(# # #) # # # - # # - # #**




Рис. 1.7. Таблица «Фирмы» в режиме «**Конструктор**»




Рис. 1.8. Таблица «Фирмы» в режиме таблицы

**Задание 3. Создание таблицы «Склады»**

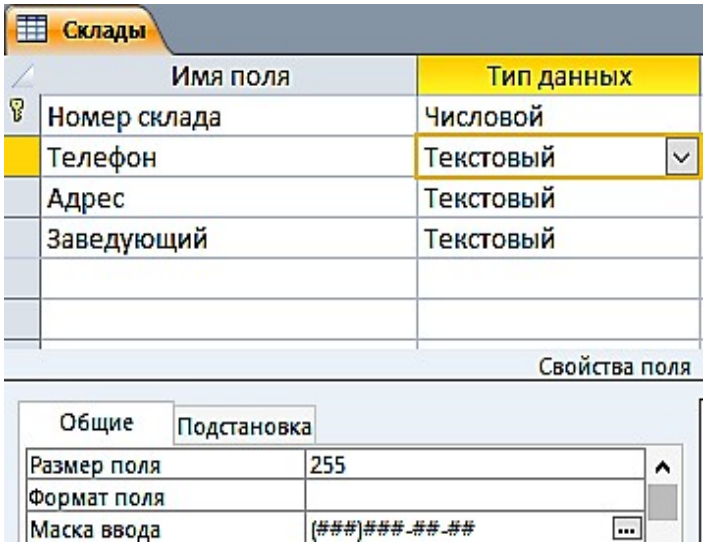


Рис. 1.9. Таблица «**Склады**» в режиме «**Конструктор**»

Склады

| Номер склада | Телефон | Адрес | Заведующий |
|---|---|---|---|
| 1 | (343)381-88-88 | Екатеринбург, пер. Базовый, 7 | Амелина И.В. |
| 2 | (343)379-51-62 | В-Пышма, пер. Индустриальный, 1 | Мясников Д.О. |
| 3 | (343)275-18-22 | Екатеринбург, Монтажников, 18а | Куликова А.Н. |
| 4 | (343)310-22-22 | Екатеринбург, Радищева, 4 | Ромашенко К.Д. |

Рис. 1.10. Таблица «**Склады**» в режиме «**Таблицы**»

**Задание 4. Создание таблицы «Продажи»**

1. Ввести в первой строке имя поля: **Дата продажи** и выбрать для него тип Дата/время.
2. Сформировать поле **Код фирмы** и выбрать для него числовой тип.
3. Указать в качестве источника данных для поля **Код фирмы** список кодов фирмы, внесенных в поле с таким же названием в таблицу «Фирмы», рис. 1.11.
4. Не переводя курсор со строки **Код фирмы**, щелкнуть мышью по закладке **Подстановка.**
5. Щелкнуть мышью по слову **Поле** в строке **Тип элементауправления**, а затем – по появившейся при этом кнопке **Раскрыть список**.
6. Выбрать щелчком мыши из раскрывшегося списка строку **Поле со списком**.
7. Щелкнуть мышью по незаполненному полю в строке **Источник строк**, а затем – по появившейся при этом кнопке **Раскрыть список**.
8. Щелчком мыши выбрать строку с названием таблицы «Фирмы».

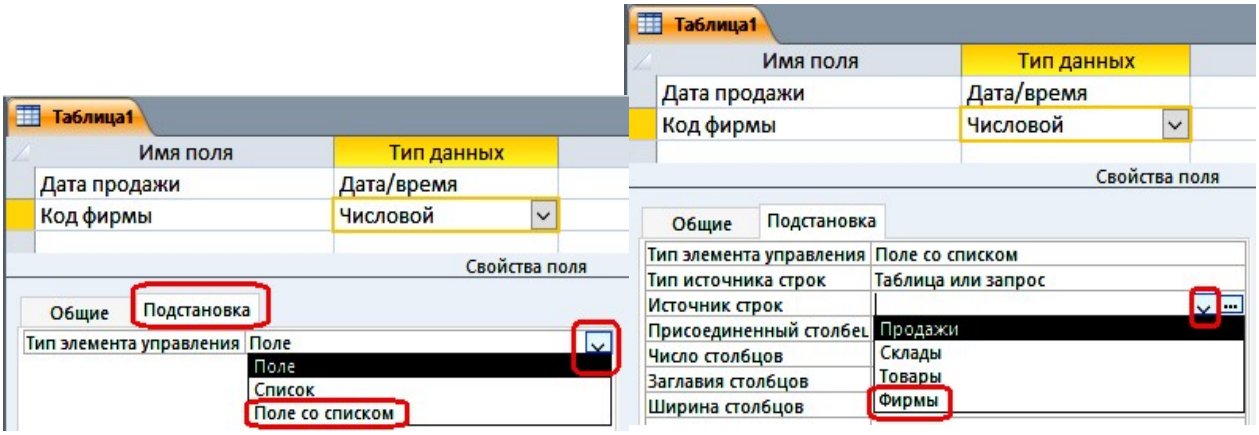



Рис. 1.11. Окно таблицы с подстановкой в режиме «**Конструктора**»

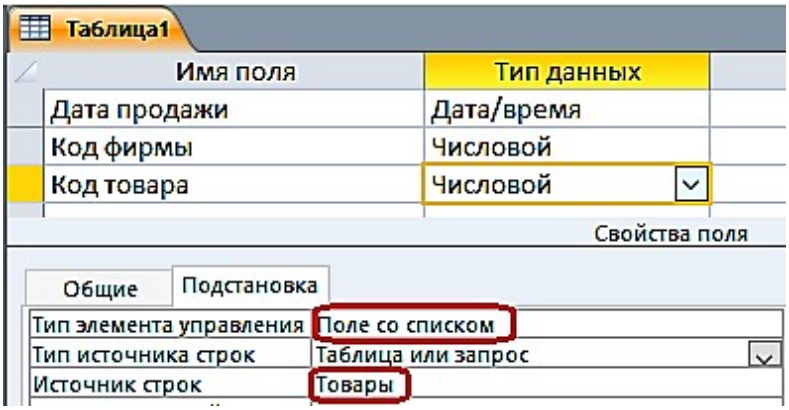



Рис. 1.12. Окно таблицы с выбором источника строк




Рис. 1.13. Окно таблицы «**Продажи**» в режиме «**Конструктора»**




Рис. 1.14. Таблица «**Продажи**» в режиме «**Таблицы**»

**Задание 5. Создание схемы данных**

Создание схемы данных начинается с выполнения команды **Схема данных** в группе **Отношения** на вкладке ленты **Работа с базами данных**. В результате выполнения этой команды открывается окно схемы данных и диалоговое окно **Добавление таблицы**, в котором осуществляется выбор таблиц, включаемых в схему (рис. 1.15).

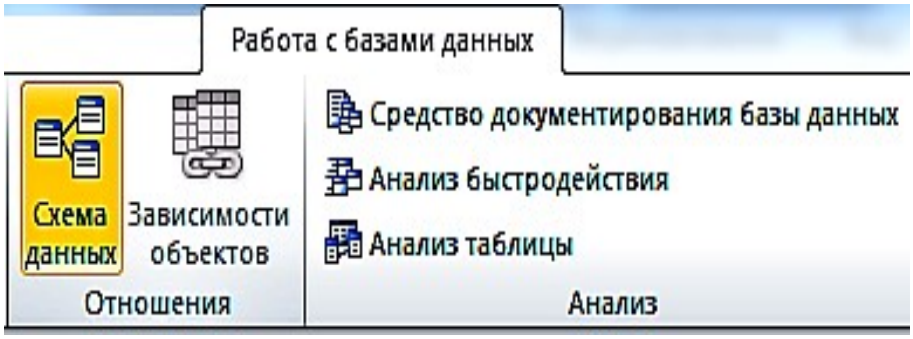



Рис. 1.15. Вкладка ленты **Работа с базами данных**

В окне **Добавление таблицы** отображаются все таблицы и запросы, содержащиеся в базе данных. Выберем вкладку **Таблицы** и с помощью кнопки **Добавить** разместим в окне **Схема данных** все ранее созданные таблицы базы данных «Реализация товаров». При создании связей в схеме данных используется проект структуры реляционной базы данных, в котором показаны все одно-многозначные связи таблиц. Реализуются связи с помощью добавления в связанные таблицы общих полей, называемых *ключом связи.*

На рис. 1.16 в созданной схеме данных БД «Реализация товаров» все связи отмечены символами **1** или ∞. Это свидетельствует о том, что одно-многозначные связи установлены правильно (по простому и составному ключу).

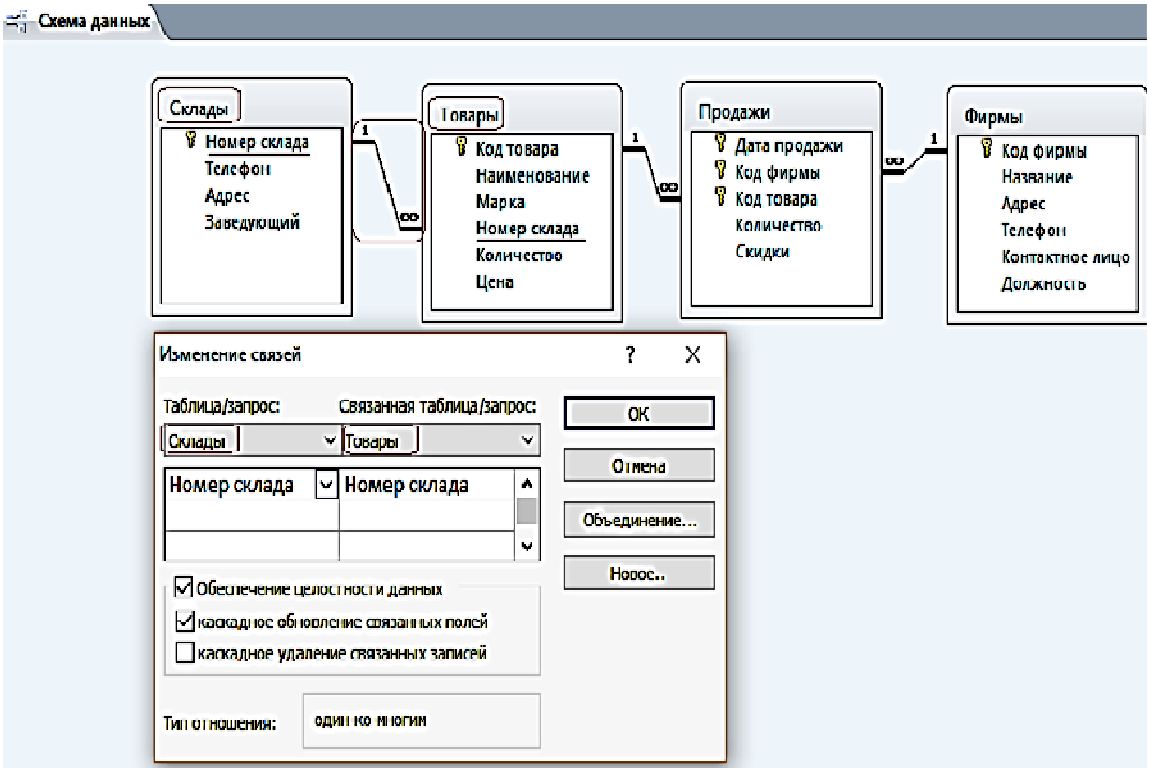



Рис. 1.16. Схема данных БД «**Реализация товаров**»

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

## Работа с простыми запросами

### *Конструирование запросов на выборку с условием отбора*

**Задание 1.** Выбрать товар по его наименованию

1. Для создания запроса в окне базы данных выберите вкладку ленты – **Создание** и в группе **Запросы** нажмите кнопку **Конструктор запросов**.

2. В окне **Добавление таблицы** выберите таблицу «Товар» и нажмите кнопку добавить. Выбранная таблица будет отображена в области схемы данных запроса. Закройте окно **Добавление таблицы**, нажав кнопку **Закрыть.** На ленте появляется и автоматически активизируется новая вкладка **Работа с запросами / Конструктор**, на которой цветом выделен тип создаваемого запроса – **Выборка.**

3. В окне конструктора (рис. 2.1) последовательно перетащите из списка полей таблицы «Товар» поля **Наименование, Марка и Цена** в столбцы бланка запроса в строку **Поле**. Для этого необходимо щелкнуть двойным щелчком на имени поля таблицы в схеме данных запроса.

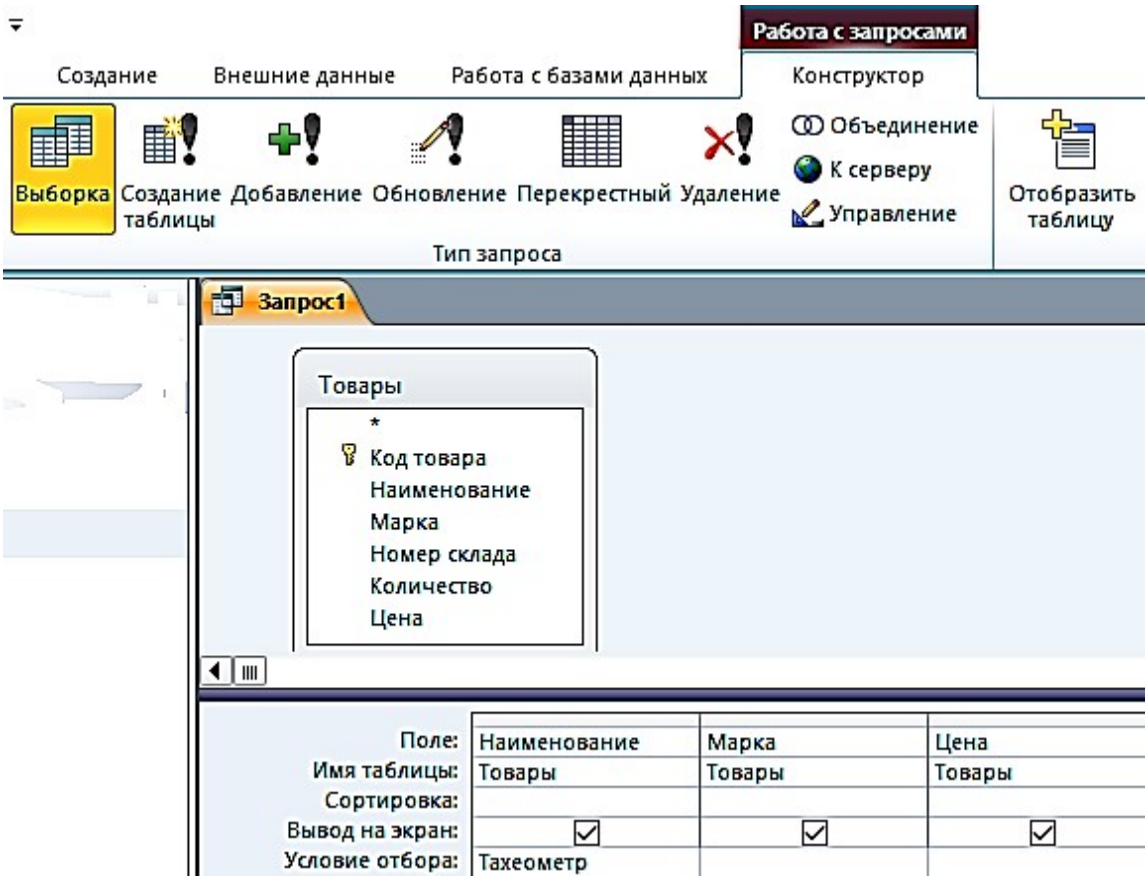



Рис. 2.1. Окно конструктора запроса на выборку

4. Запишите в строке **Условия отбора** наименование товара – Тахеометр. Используемое в выражении текстовое значение вводится в двойных кавычках, которые добавляются автоматически.

5. Выполните запрос, щелкнув по кнопке **Выполнить !** или на кнопке **Режим**  в группе **Результаты**. На экране откроется окно запроса в режиме таблицы с записью из таблицы «Товар», отвечающий заданным условиям (рис. 2.2). Дайте ему имя **2_По наименованию Тахеометр**.

1_По наименованию Тахеометр

| Наименование | Марка | Цена |
|---|---|---|
| Тахеометр | SP FOKUS 6 | 319 463,00 ₽ |
| Тахеометр | SP FOKUS 6W | 357 487,00 ₽ |
| Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 225 000,00 ₽ |
| Тахеометр | Soutn NTS-362 R | 240 000,00 ₽ |

Рис. 2.2. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы**»

**Задание 2.** Выбрать товары, цена которых менее 100 000 руб. и более 20 000 руб., и количество больше или равно 9

1. Создайте новый запрос в режиме конструктора, добавьте таблицу «Товар». В окне конструктора последовательно перетащите из списка полей таблицы «Товар» в бланк запроса поля (рис. 2.3).

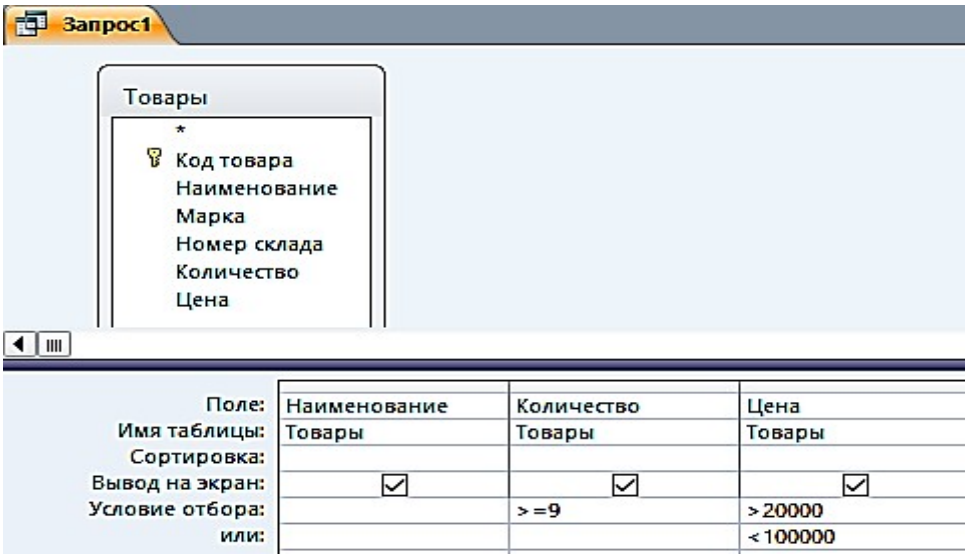



Рис. 2.3. Окно конструктора запроса на выборку с логическими операциями в условии отбора

2. Запишите **Условия отбора**, как показано в бланке запроса. Между условиями, записанными в одной строке, выполняется логическая операция AND. Между условиями, записанными в разных строках, выполняется логическая операция OR.

3. Выполните запрос. Дайте ему имя **2_Цена_количество** (рис. 2.4).

2_Цена_количество

| Наименование | Количество | Цена |
|---|---|---|
| Теодолит | 9 | 84 193,00 ₽ |
| Теодолит | 5 | 58 764,00 ₽ |
| Теодолит | 8 | 50 625,00 ₽ |
| Теодолит | 10 | 30 000,00 ₽ |
| Нивелир | 15 | 16 680,00 ₽ |
| Нивелир | 18 | 12 500,00 ₽ |

Рис. 2.4. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы**»

**Задание 3.** Выбрать скидки, равные 10, за заданный период (после 25 января 2018 г.) (рис. 2.5, 2.6)

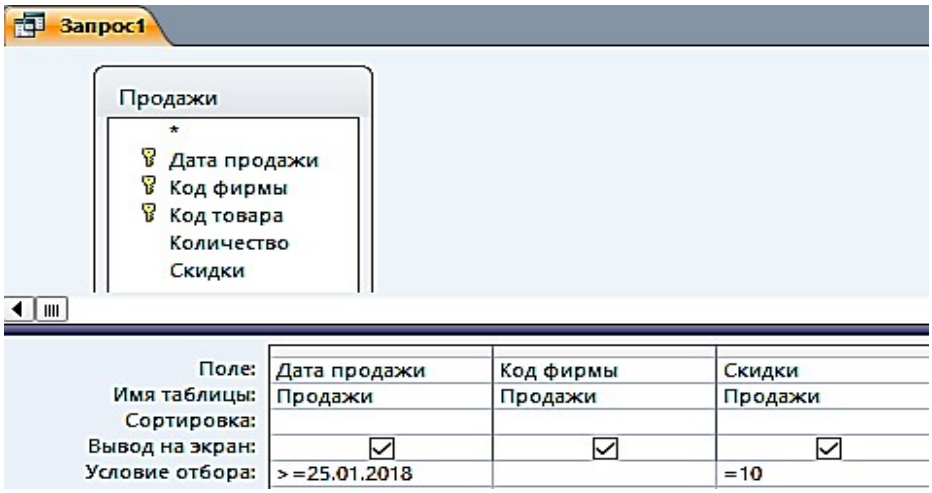



Рис. 2.5. Окно конструктора запроса на выборку
с логическими операциями в условии отбора




Рис. 2.6. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы»**

### *Вычисляемые поля в запросах*

В запросе, как и в таблице, для каждой записи могут производиться вычисления с числовыми, строковыми значениями или со значениями дат с использованием данных из одного или нескольких полей. Результат вычисления образует в таблице запроса новое вычисляемое поле (рис. 2.7).

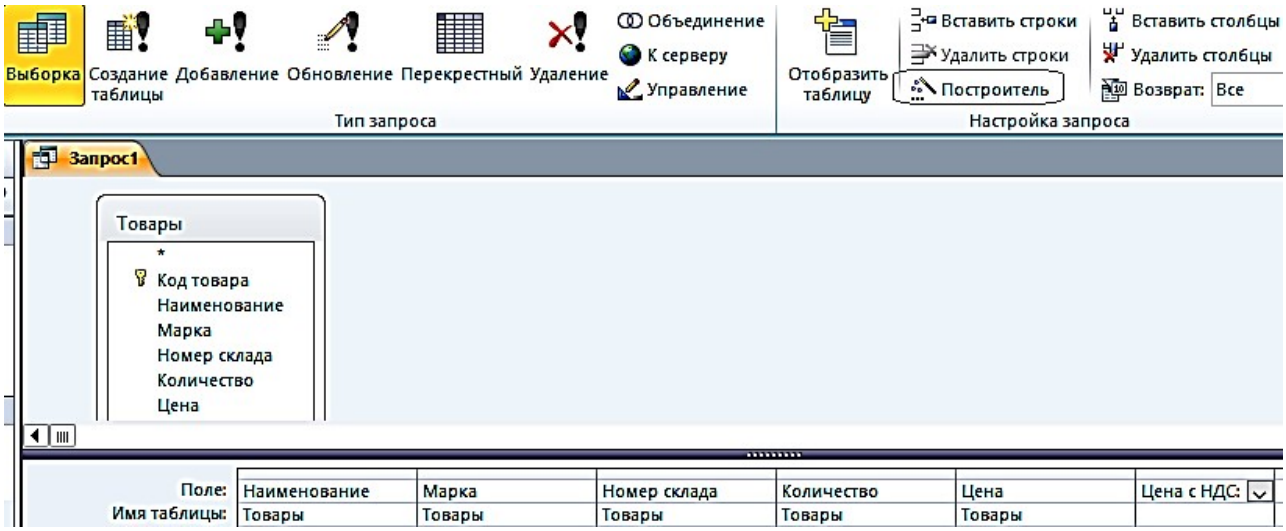



Рис. 2.7. Запрос с вычисляемым полем

**Задание 4.** В таблице «Товар» вычислить Цену с НДС, при ставке НДС 35 %

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблицы «Товары». Перетащите в бланк запроса поля **Наименование, Марка, Номер склада, Количество, Цена** (рис. 2.8).

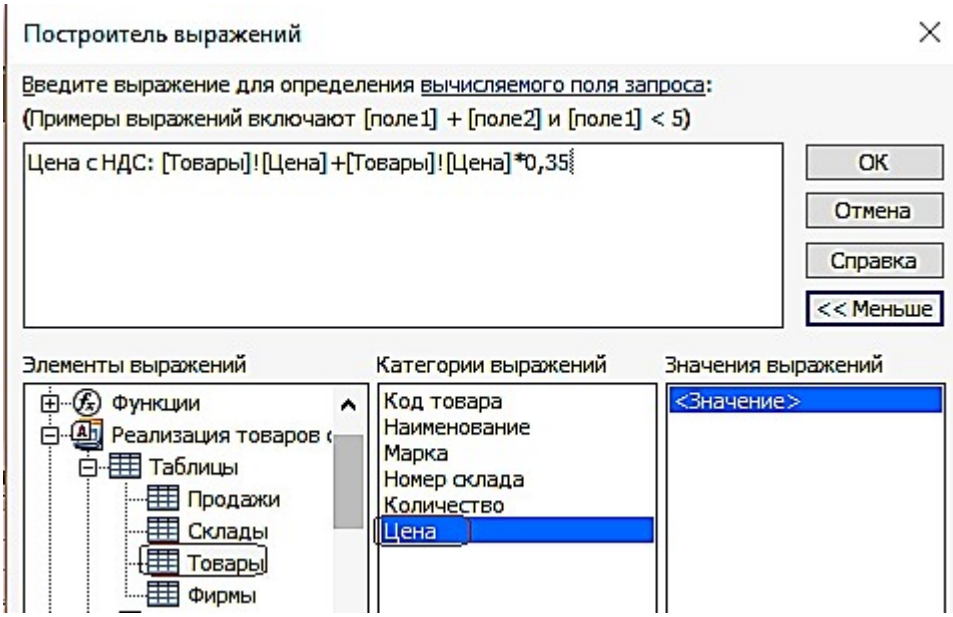



Рис. 2.8. Построитель выражений

2. Для подсчета цены с учетом НДС создайте после поля Цена вычисляемое поле **Цена с НДС** (с правой стороны) при помощи построителя.

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель** в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения.

4. В левой верхней части окна **Построитель выражений** (см. рис. 2.8) выберите свою базу данных «Реализация товаров со складов», далее выберите таблицу «**Товары**», на которой построен запрос. Справа отобразится список её полей. Последовательно выбирайте нужные поля и операторы, двойным щелчком вставляя в выражение. Выражение сформируется в верхней части окна. Обратите внимание – построитель перед именем поля указал имя таблицы, которой оно принадлежит, и отделил его от имени поля восклицательным знаком.

5. Слово «Выражение» удаляйте, иначе оно выдает, синтаксическую ошибку.

Полученный запрос «**4_Цена с НДС**» в режиме «**Таблицы»** изображен на рис. 2.9.

4_Цена с НДС

| Наименование | Марка | Номер склада | Количество | Цена | Цена с НДС |
|---|---|---|---|---|---|
| Тахеометр | SP FOKUS 6 | 1 | 5 | 319 463,00 ₽ | 431 275,05 ₽ |
| Тахеометр | SP FOKUS 6W | 1 | 7 | 357 487,00 ₽ | 482 607,45 ₽ |
| Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 2 | 6 | 225 000,00 ₽ | 303 750,00 ₽ |
| Тахеометр | Soutn NTS-362 R | 2 | 5 | 240 000,00 ₽ | 324 000,00 ₽ |
| Теодолит | 3Т2КП | 3 | 9 | 84 193,00 ₽ | 113 660,55 ₽ |
| Теодолит | 4Т15П | 3 | 5 | 58 764,00 ₽ | 79 331,40 ₽ |
| Теодолит | 4Т30П | 3 | 8 | 50 625,00 ₽ | 68 343,75 ₽ |
| Теодолит | VEGA TEO 5 | 3 | 10 | 30 000,00 ₽ | 40 500,00 ₽ |
| Нивелир | 4Н -2КЛ | 4 | 15 | 16 680,00 ₽ | 22 518,00 ₽ |
| Нивелир | 4Н-3КЛ | 4 | 18 | 12 500,00 ₽ | 16 875,00 ₽ |

Рис. 2.9. Просмотр запроса «**4_Цена с НДС**» в режиме «**Таблицы»**

**Задание 5.** В вычисляемых полях и условиях отбора можно использовать встроенные функции. Необходимо выбрать количество продаж, в заданном месяце

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку по таблице «Продажи».

2. Создайте вычисляемое поле **Заданный месяц** (в правой) пустой ячейке строки, записав туда одно из выражений: a Format([Продажи]![Дата продажи];"mmmm") – эта функция возвратит полное название месяца;

   b или Format([Продажи]![Дата продажи];"mm") – эта функция возвратит номер месяца;

3. Для отбора продаж в заданном месяце, в вычисляемом поле в строку **Условие отбора** введите название месяца, например, – Январь, или номер месяца, например, 1, в соответствии с параметром в функции Format (рис. 2.10, 2.11).

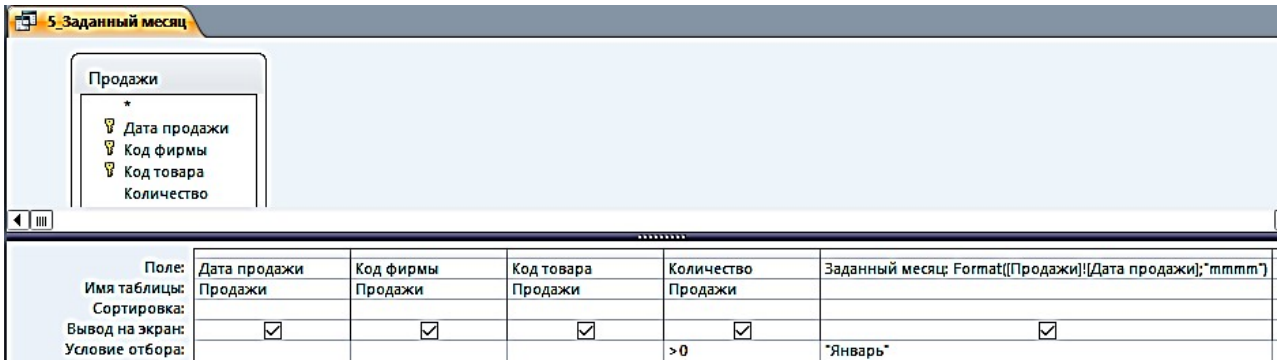



Рис. 2.10. Запрос с функцией выделения из даты полного названия месяца в вычисляемом поле

5_Заданный месяц

| Дата продажи | Код фирмы | Код товара | Количество | Заданный месяц |
|---|---|---|---|---|
| 15.01.2018 | 4 | 10 | 10 | Январь |
| 19.01.2018 | 1 | 2 | 6 | Январь |
| 20.01.2018 | 3 | 5 | 8 | Январь |
| 25.01.2018 | 2 | 4 | 4 | Январь |
| 27.01.2018 | 1 | 1 | 4 | Январь |
| 30.01.2018 | 3 | 7 | 4 | Январь |

Рис. 2.11. Просмотр запроса «**5_Заданный месяц**» в режиме «**Таблицы**»

### *Параметры в запросах*

При решении практических задач удобнее вводить выражение в условие отбора в процессе выполнения запроса в диалоге с пользователем, не переходя в режим конструктора. Обеспечить такой диалог можно с помощью *параметра запроса.* Имя параметра запроса задается в строке **Условие отбора** в квадратных скобках. При выполнении запроса это имя появиться в диалоговом окне **Введите значение параметра.**

**Задание 6.** Скопируйте запрос «5_Заданный месяц» и переименуйте его в «6_Параметрический запрос»

1. Замените в условии отбора рассмотренного запроса название месяца Январь на имя параметра – [Название месяца].
2. Выполните запрос. Открывшееся диалоговое окно (рис. 2.12) позволит ввести значение параметра запроса – **Название месяца**.
3. Введите Январь и получите результат.

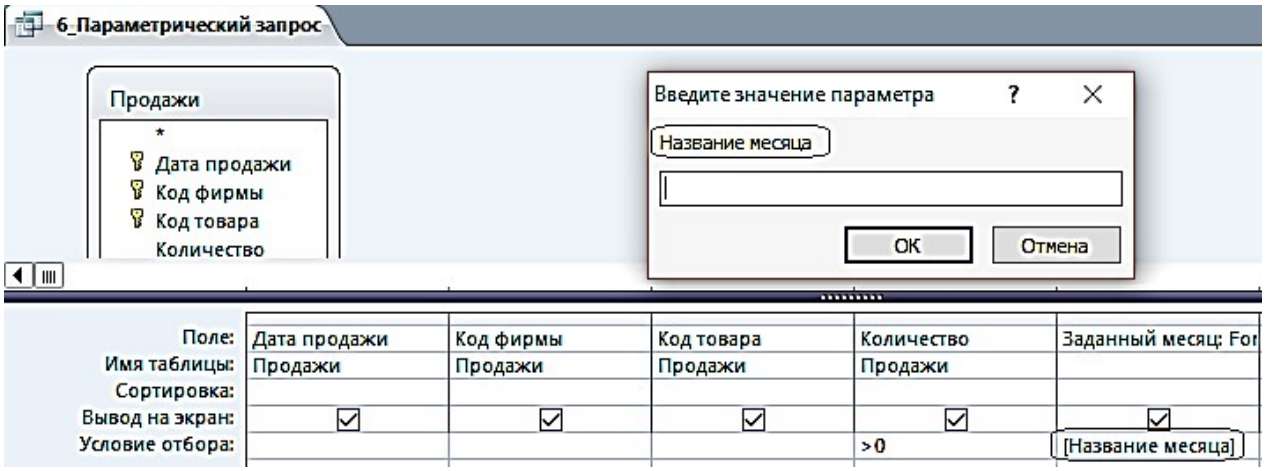



Рис. 2.12. Диалоговое окно ввода значения параметра

Параметры запроса могут быть использованы не только в выражениях условий отбора, но и для ввода значений операндов в вычисляемых полях.

**Задание 7.** Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблицы «Товар»

Перетащите в бланк запроса поля Наименование и Цена. Для увеличения цены на заданный процент в вычисляемое поле запишите выражение с параметром запроса [На сколько процентов увеличить?]/100 (рис. 2.13).

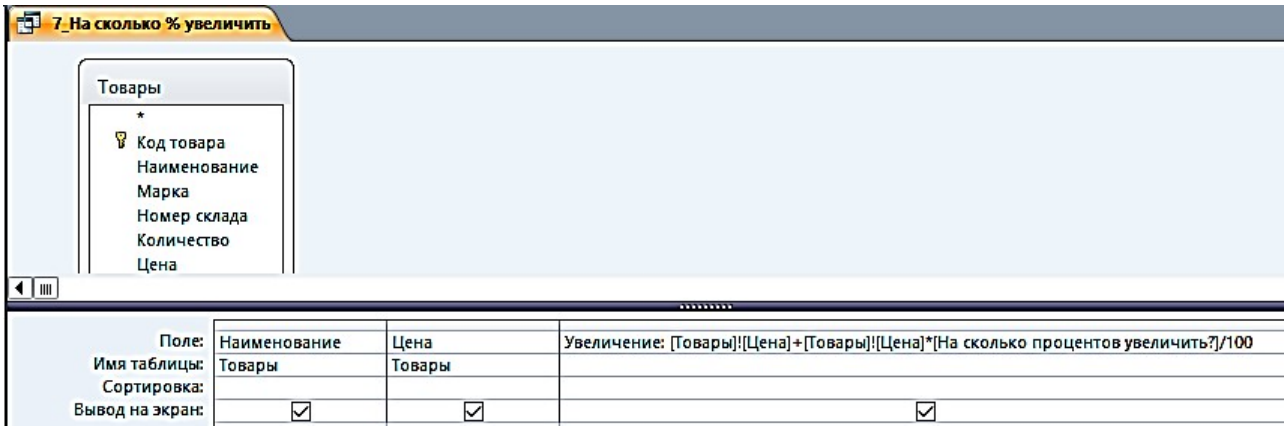



Рис. 2.13. Использование параметра в выражении вычисляемого поля

**Задание 8.** Скопируйте запрос «**7_На сколько % увеличить**» и переименуйте его в «**8_Проценты**» (рис. 2.14)

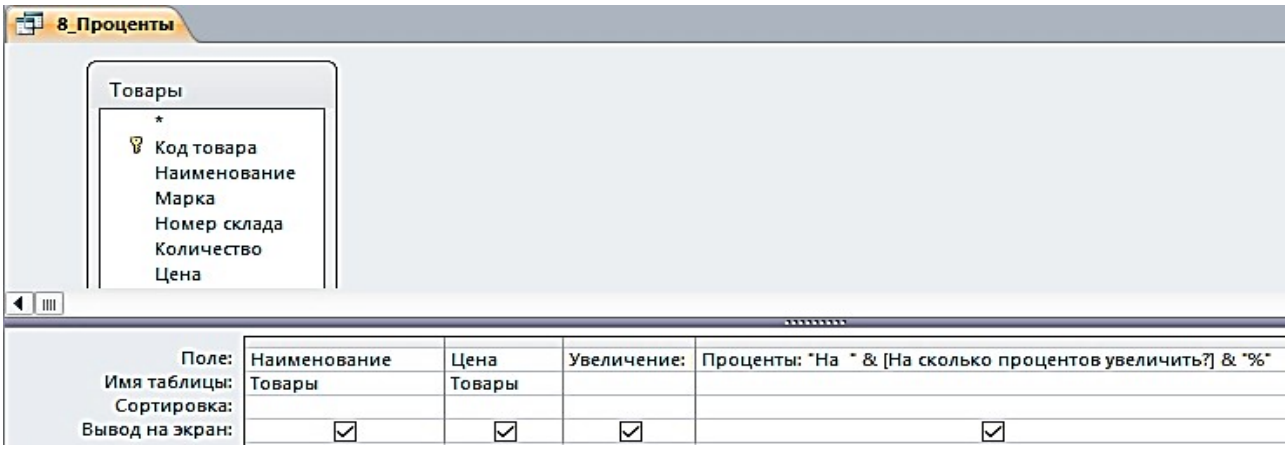



Рис. 2.14. Использование параметра в выражении вычисляемого поля «**Проценты**»

После выполнения предыдущего запроса в таблице отображается результат вычисления с использованием введенного значения параметра. Однако значение параметра при этом не выводится. Для отображения в таблице запроса введенного значения параметра дополните запрос ещё одним вычисляемым полем, в котором запишите выражение:

Проценты: "На " & [На сколько процентов увеличить?] & "%".

Теперь в таблице запроса появится поле «**Проценты»**, в котором будет записано, например, при вводе 35 – **На 35 %** (рис. 2.15).

8_Проценты

| Наименование | Цена | Увеличение | Проценты |
|---|---|---|---|
| Тахеометр | 319 463,00 ₽ | 431 275,05 ₽ | На 35% |
| Тахеометр | 357 487,00 ₽ | 482 607,45 ₽ | На 35% |
| Тахеометр | 225 000,00 ₽ | 303 750,00 ₽ | На 35% |
| Тахеометр | 240 000,00 ₽ | 324 000,00 ₽ | На 35% |
| Теодолит | 84 193,00 ₽ | 113 660,55 ₽ | На 35% |
| Теодолит | 58 764,00 ₽ | 79 331,40 ₽ | На 35% |
| Теодолит | 50 625,00 ₽ | 68 343,75 ₽ | На 35% |
| Теодолит | 30 000,00 ₽ | 40 500,00 ₽ | На 35% |
| Нивелир | 16 680,00 ₽ | 22 518,00 ₽ | На 35% |
| Нивелир | 12 500,00 ₽ | 16 875,00 ₽ | На 35% |

Рис. 2.15. Просмотр запроса «**8_Проценты**» в режиме «**Таблицы**»

### *Групповые операции в запросах*

Групповые операции позволяют выделить группы записей с одинаковыми значениями в указанных полях и вычислить итоговые данные для каждой из групп по др. полям, используя одну из статистических функций. Статистиче-

ские функции применимы к полям с типом данных **Числовой, Денежный, Дата и время**.

**Задание 9.** Запрос с функцией **Sum**

Определите суммарное количество и цену каждого из товаров.

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку из таблицы «**Товары**».

2. Из списка таблицы перетащите в бланк запроса поле «**Наименование**». По этому полю будет производиться группировка записей таблицы.

3. Перетащите в бланк запроса поля «**Количество**» и «**Цена**», по которым будет подсчитываться суммарное количество каждого из товаров.

4. Выполните команду **Итоги** из группы **Показать или Скрыть**. В бланке запроса появится новая строка **Групповая операция** со значением **Группировка** во всех полях запроса.

5. В столбцах «**Количество**» и «**Цена**» замените слово **Группировка** на функцию **Sum**. Для этого вызовите раскрывающийся список и выберите эту функцию (рис. 2.16).

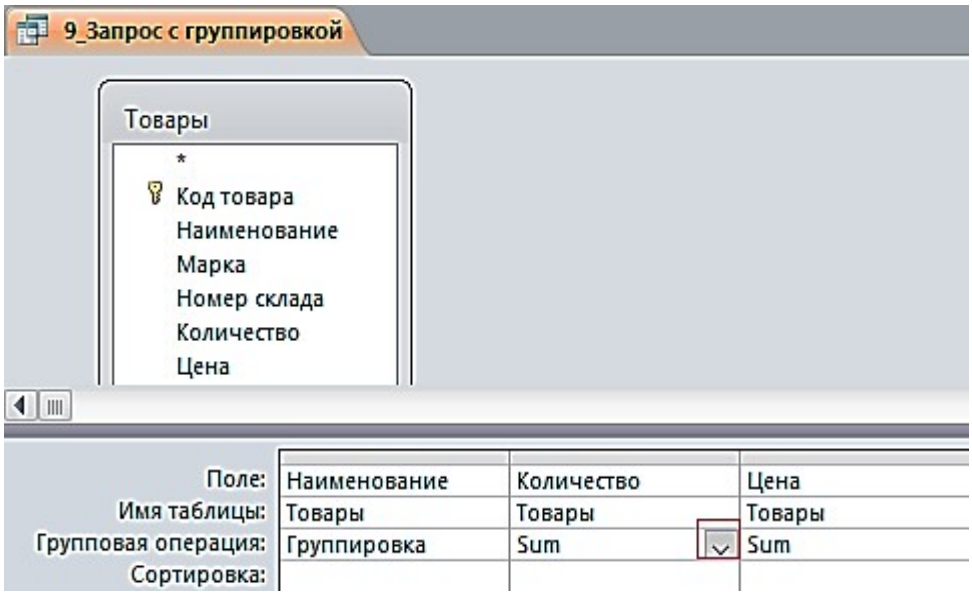



Рис. 2.16. Запрос с группировкой по коду товара и суммированием количества и цены в группе

6. Для отображения результата запроса (рис. 2.17) щелкните по кнопке **Выполнить** в группе **Результаты**.

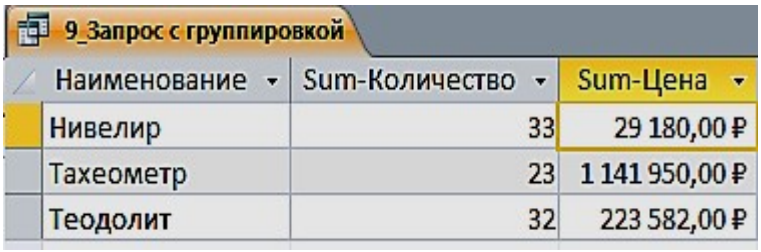



Рис. 2.17. Результат подсчета суммарного количества и цены

**Задание 10.** Запрос с функцией **Count**

Определите, сколько раз продавался товар по коду фирмы.

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку из таблицы «Продажи».

2. Из списка таблицы перетащите в бланк запроса поле «**Код фирмы**». По этому полю будет производиться группировка записей таблицы.

3. Перетащите в бланк запроса поле «**Количество**», по которому будет происходить подсчет числа товаров с одинаковыми номерами фирм.

4. Выполните команду **Итоги** из группы **Показать или Скрыть**. В бланке запроса появится новая строка **Групповая операция** со значением **Группировка** во всех полях запроса.

5. В столбце «**Количество**» замените слово **Группировка** на функцию Count. Для этого вызовите раскрывающийся список и выберите эту функцию
(рис. 2.18).

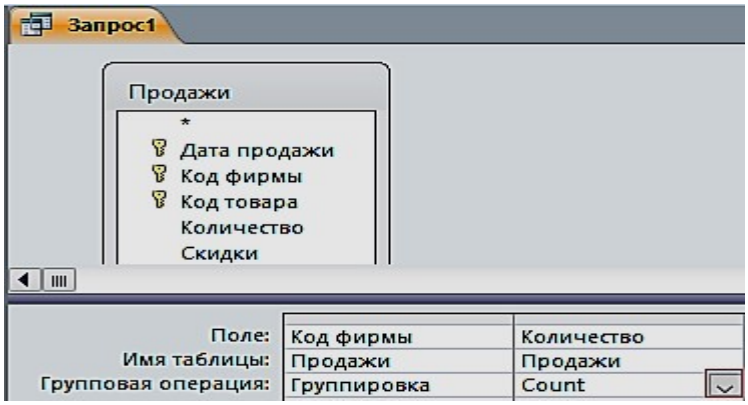



Рис. 2.18. Запрос для подсчета количества товара по коду фирмы

6. Сохраните запрос под именем «**10_Число продаж по коду фирмы**». Результат запроса показан на рис. 2.19.




Рис. 2.19. Результат подсчета количества товара по коду фирмы

**Задание 11.** Запрос с отображением строки итогов по столбцу

Строка итогов используется для быстрого расчета и отображения в столбце таблицы или запроса в режиме таблицы таких значений, как итоговая сумма, среднее, минимальное и максимальное, количество значений.

1. Для добавления строки итогов в таблицу запроса откройте запрос «**1_По наименованию тахеометр»** в режиме таблицы. На вкладке ленты **Главная** в группе **Записи** выполните команду **Итоги**. В таблице отобразится строка **Итог**.

2. В строке **Итог** нажмите кнопку раскрывающегося списка в столбце «**Цена**», для которого требуется выполнить расчет, и выберите в списке **Сумма** (рис. 2.20).

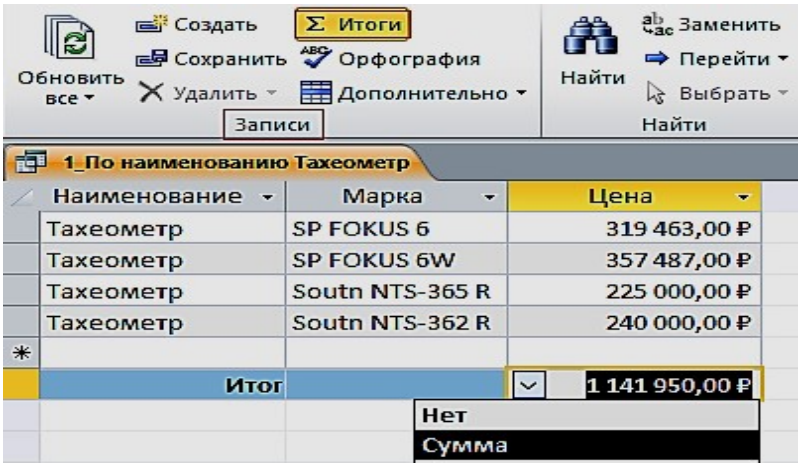



Рис. 2.20. Результат отображения строки итогов с расчетом суммы по столбцу

3. Для того, чтобы скрыть строку итогов, повторно выполните команду **Итоги**.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
## Работа с многотабличными запросами

Многотабличный запрос позволяет сформировать записи результата путем объединения взаимосвязанных записей из таблиц базы данных и выбора из них нужных полей и записей. Многотабличный запрос часто осуществляет

объединение данных, которые на этапе проектирования были разделены на множество таблиц, отвечающих требованиям нормализации.

При конструировании многотабличного запроса важнейшим условием является правильное представление о том, как идет объединение записей таблиц при формировании результата.

Рассмотрим технологию конструирования многотабличного запроса на выборку для расчета разности количества товаров и количества проданных товаров.

**Задание 1.** Запрос с вычисляемым полем «**Остаток**»

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблиц «**Товары**» и «**Продажи**». Перетащите в бланк запроса из таблицы «**Товары**» поля «**Наименование**», «**Марка**», «**Количество»**, и из таблицы «**Продажи**» поле «**Количество**».

2. Для подсчета разности количества товаров создайте после поля «**Количество**», вычисляемое поле «**Остаток**» (с правой стороны), при помощи построителя (рис. 3.1).

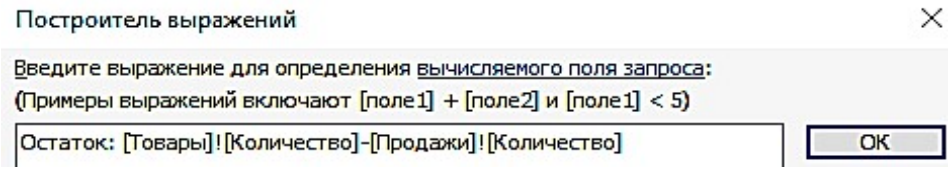



Рис. 3.1. Построитель выражений

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель** в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения (рис. 3.2).

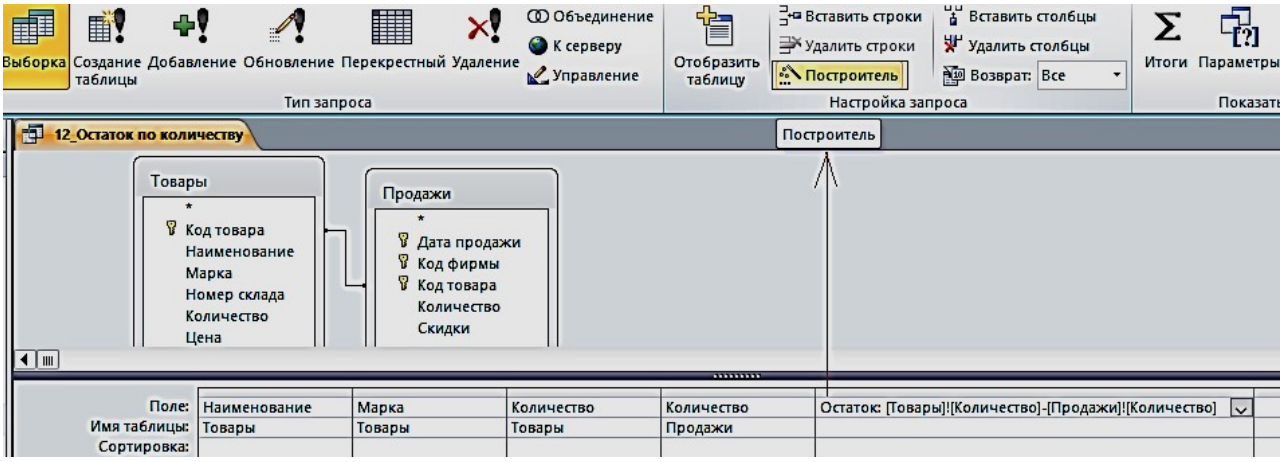



Рис. 3.2. Запрос с вычисляемым полем

4. В левой части окна **Построитель выражений** выберите свою базу данных «**Реализация товаров со складов**», далее выберите таблицу «**Товары**». Справа отобразится список её полей. Выберите поле «**Количество**» и знак минус, двойным щелчком вставляя в выражение. Снова выберите таблицу «**Продажи**» и поле «**Количество**» (рис. 3.3).

12_Остаток по количеству

| Наименование | Марка | Товары.Количество | Продажи.Количество | Остаток |
|---|---|---|---|---|
| Тахеометр | SP FOKUS 6 | 5 | 4 | 1 |
| Тахеометр | SP FOKUS 6W | 7 | 6 | 1 |
| Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 6 | 5 | 1 |
| Тахеометр | Soutn NTS-362 R | 5 | 4 | 1 |
| Теодолит | 3Т2КП | 9 | 8 | 1 |
| Теодолит | 3Т2КП | 9 | 8 | 1 |
| Теодолит | 4Т30П | 8 | 4 | 4 |
| Теодолит | VEGA TEO 5 | 10 | 9 | 1 |
| Нивелир | 4Н -2КЛ | 15 | 10 | 5 |
| Нивелир | 4Н-3КЛ | 18 | 10 | 8 |

Рис. 3.3 Результат запроса «**Остаток по количеству**»

5. Слово «Выражение» удаляйте, оно выдает, синтаксическую ошибку.

**Задание 2.** Формирование запроса об увеличении цены на 15 % в феврале месяце

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблиц «**Товары**» и «**Продажи**». Перетащите в бланк запроса из таблицы «**Продажи**» поле «**Дата продажи**», а из таблицы «**Товары**» поля «**Наименование**», «**Марка**», «**Номер склада**», «**Количество**», «**Цена**».

2. Создайте новое поле «**Новая цена**». Для этого создайте после поля Цена, вычисляемое поле «**Новая Цена**» (с правой стороны) при помощи построителя.

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель** в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения. В окне «**Построительвыражений**» выбрать «**Элементы выражений**», в нем найти название своей базы данных, затем Таблицы «**Товары**» и в поле «**Категории выражений**» выбрать «**Цена**», а с клавиатуры набрать «*1,05».

4. В поле «**Дата продажи**» введите условие отбора >=01.02.2018 (рис. 3.4).

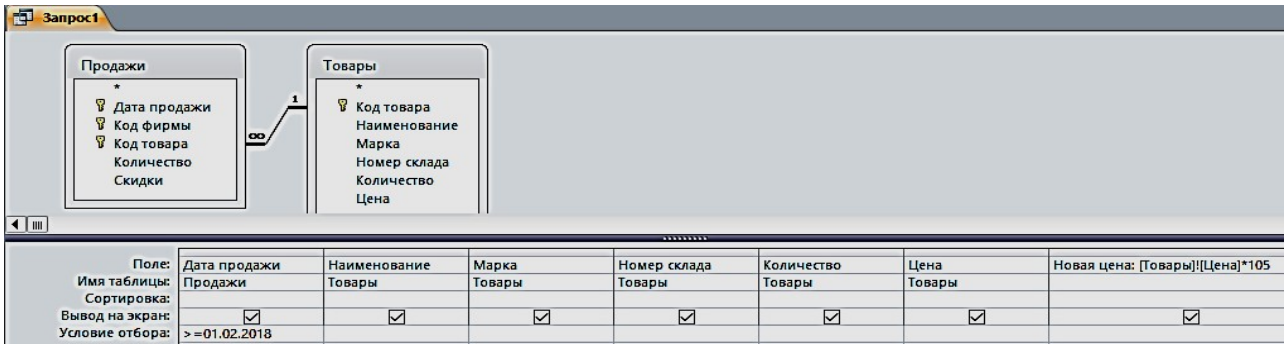



Рис. 3.4. Запрос «**Новая цена**» в режиме конструктора

5. Сохранить запрос с именем «**Новая цена**» (рис. 3.5).

13_Цена в феврале

| Дата прода | Наименование | Марка | Номер склада | Количество | Цена | Новая цена |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 02.02.2018 | Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 2 | 6 | 225 000,00 ₽ | 23 625 000,00 ₽ |
| 15.02.2018 | Теодолит | 3Т2КП | 3 | 9 | 84 193,00 ₽ | 8 840 265,00 ₽ |
| 10.02.2018 | Теодолит | VEGA TEO 5 | 3 | 10 | 30 000,00 ₽ | 3 150 000,00 ₽ |
| 05.02.2018 | Нивелир | 4Н -2КЛ | 4 | 15 | 16 680,00 ₽ | 1 751 400,00 ₽ |

Рис. 3.5. Результат запроса «**Новая цена**»

**Задание 3.** Создание запроса о товарах на складе в г. Екатеринбурге (рис. 3.6, 3.7)

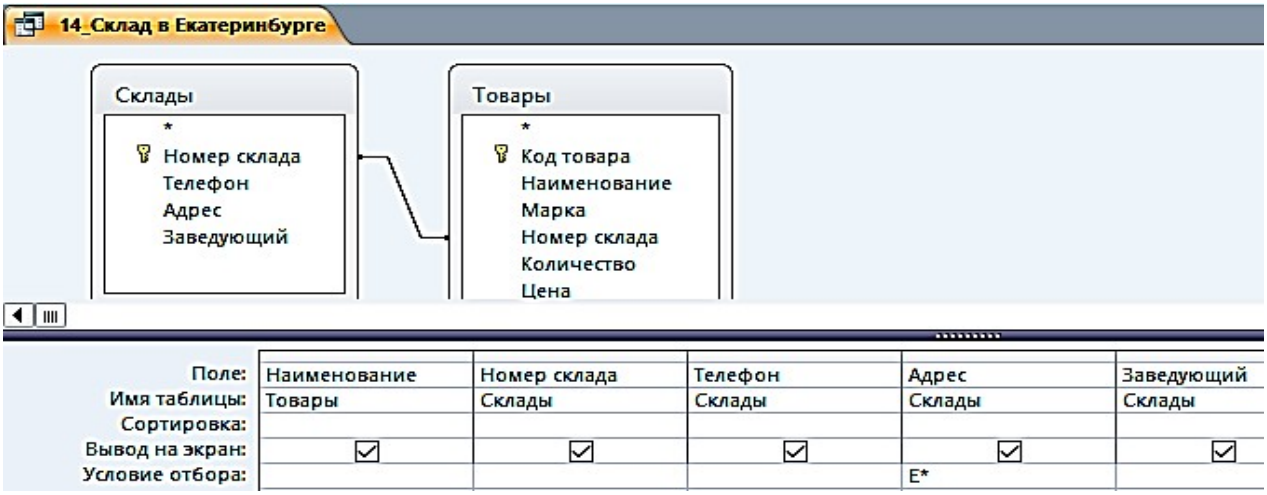



Рис. 3.6. Запрос «**Склад в Екатеринбурге**» в режиме Конструктора

14_Склад в Екатеринбурге

| Наименование | Номер склада | Телефон | Адрес | Заведующий |
|---|---|---|---|---|
| Тахеометр | 1 | (343)381-88-88 | Екатеринбург, пер. Базовый, 7 | Амелина И.В. |
| Тахеометр | 1 | (343)381-88-88 | Екатеринбург, пер. Базовый, 7 | Амелина И.В. |
| Теодолит | 3 | (343)275-18-22 | Екатеринбург, Монтажников, 18а | Куликова А.Н. |
| Теодолит | 3 | (343)275-18-22 | Екатеринбург, Монтажников, 18а | Куликова А.Н. |
| Теодолит | 3 | (343)275-18-22 | Екатеринбург, Монтажников, 18а | Куликова А.Н. |
| Теодолит | 3 | (343)275-18-22 | Екатеринбург, Монтажников, 18а | Куликова А.Н. |
| Нивелир | 4 | (343)310-22-22 | Екатеринбург, Радищева, 4 | Ромашенко К.Д. |
| Нивелир | 4 | (343)310-22-22 | Екатеринбург, Радищева, 4 | Ромашенко К.Д. |

Рис. 3.7. Результат запроса «**Склад в Екатеринбурге**»

**Задание 4.** Создание запроса о товарах в феврале, с вычисляемым полем «**Сумма**» и отображения строки итогов с расчетом суммы по этому столбцу (рис. 3.8, 3.9)

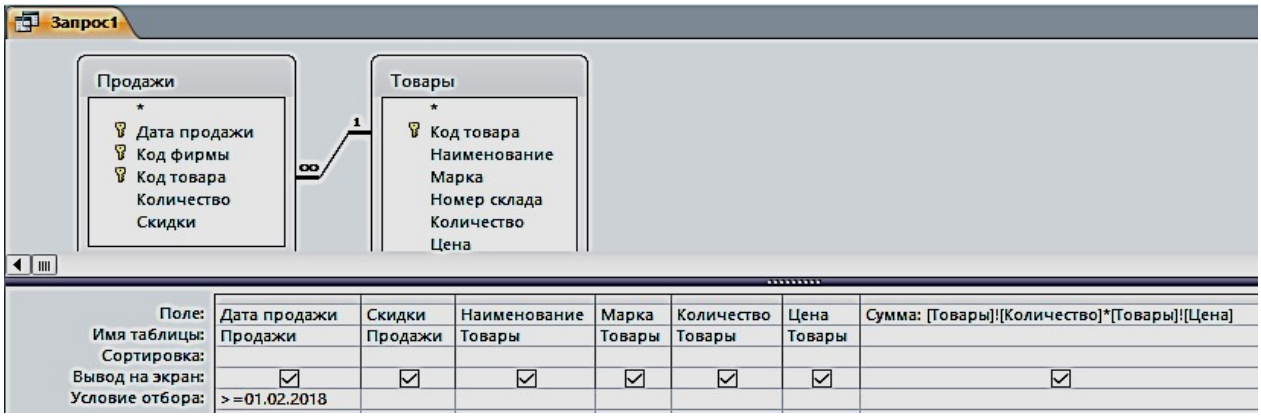



Рис. 3.8. Запрос «**Стоимость**» в режиме Конструктора

15_Стоимость

| Дата прода | Скидки | Наименование | Марка | Количество | Цена | Сумма |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 02.02.2018 | 5 | Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 6 | 225 000,00 ₽ | 1 350 000,00 ₽ |
| 15.02.2018 | 10 | Теодолит | 3Т2КП | 9 | 84 193,00 ₽ | 757 737,00 ₽ |
| 10.02.2018 | 10 | Теодолит | VEGA TEO 5 | 10 | 30 000,00 ₽ | 300 000,00 ₽ |
| 05.02.2018 | 10 | Нивелир | 4Н -2КЛ | 15 | 16 680,00 ₽ | 250 200,00 ₽ |
| | | | | | | |
| Итог | | | | | | 2 657 937,00 ₽ |

Нет
Сумма

Рис. 3.9. Результат запроса «**Стоимость**» и итог с расчетом суммы по столбцу

**Задание 5.** Создание запроса из четырех таблиц (рис. 3.10, рис. 3.11)

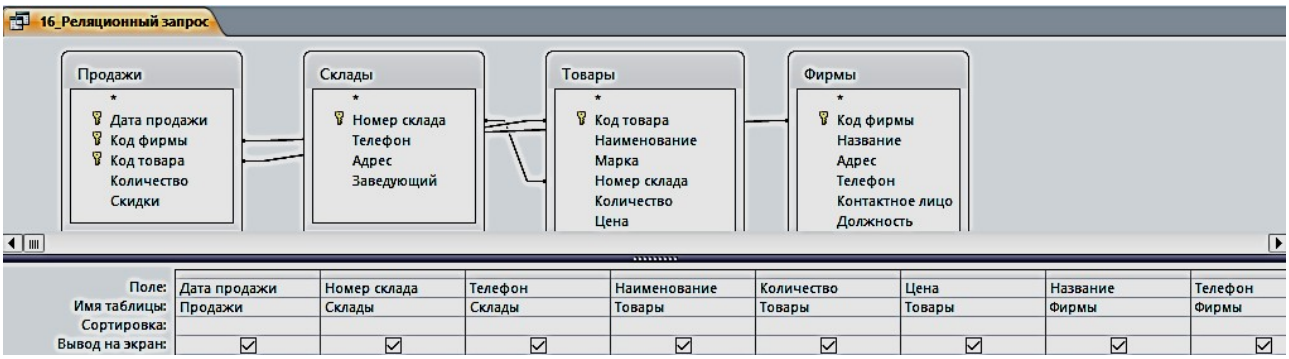



Рис. 3.10. Реляционный запрос в режиме Конструктора

16_Реляционный запрос

| Дата продажи | Номер склада | Склады.Телефон | Наименование | Количество | Цена | Название | Фирмы.Телефон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15.01.2018 | 4 | (343)310-22-22 | Нивелир | 18 | 12 500,00 ₽ | ГеоСтройПрибор | (473)271-21-44 |
| 19.01.2018 | 1 | (343)381-88-88 | Тахеометр | 7 | 357 487,00 ₽ | ООО "Геомар Недра" | (495)618-05-10 |
| 20.01.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 9 | 84 193,00 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |
| 25.01.2018 | 2 | (343)379-51-62 | Тахеометр | 5 | 240 000,00 ₽ | ООО "Навгеоком" | (343)253-53-55 |
| 27.01.2018 | 1 | (343)381-88-88 | Тахеометр | 5 | 319 463,00 ₽ | ООО "Геомар Недра" | (495)618-05-10 |
| 30.01.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 8 | 50 625,00 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |
| 02.02.2018 | 2 | (343)379-51-62 | Тахеометр | 6 | 225 000,00 ₽ | ООО "Навгеоком" | (343)253-53-55 |
| 05.02.2018 | 4 | (343)310-22-22 | Нивелир | 15 | 16 680,00 ₽ | ГеоСтройПрибор | (473)271-21-44 |
| 10.02.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 10 | 30 000,00 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |
| 15.02.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 9 | 84 193,00 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |

Рис. 3.11. Результат сложного запроса

## *Запросы на изменение*

К запросам на изменение относятся запросы на обновление данных в записях таблицы базы, на добавление и удаление записей из таблицы, а также запросы на создание таблицы из записей, сформированных в нем.

**Задание 6**. Создать запрос на обновление таблицы «Товары». Увеличьте цену товара на 20 %:

1. Создайте запрос на выборку, путем отбора соответствующих полей. Присвойте ему имя «**17_Обновление**».

2. Откройте этот запрос в режиме Конструктора. Выполните команду **Запрос – Обновление** – Введите в строке «**Обновление**» выражение для новых значений [Цена]*1,2 (рис. 3.12). Закройте запрос. У запроса изменится вид значка. Проверьте правильность его выполнения (рис. 3.13).

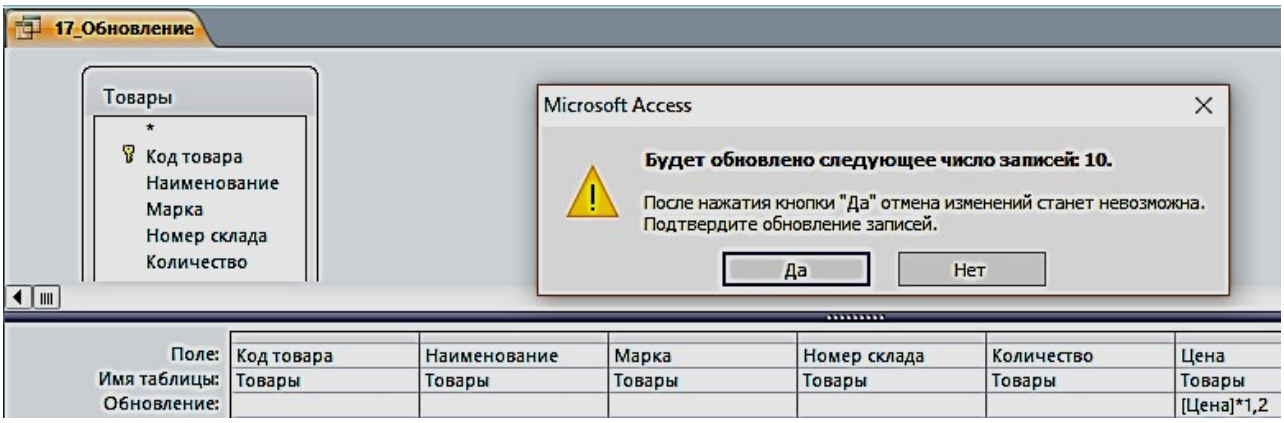



Рис. 3.12. Запрос на обновление в режиме Конструктора

Рис. 3.13. С правой стороны результат обновления таблицы

| Цена |
|---|
| 319 463,00 ₽ |
| 357 487,00 ₽ |
| 225 000,00 ₽ |
| 240 000,00 ₽ |
| 84 193,00 ₽ |
| 58 764,00 ₽ |
| 50 625,00 ₽ |
| 30 000,00 ₽ |
| 16 680,00 ₽ |
| 12 500,00 ₽ |

17_Обновление

| Цена |
|---|
| 383 355,60 ₽ |
| 428 984,40 ₽ |
| 270 000,00 ₽ |
| 288 000,00 ₽ |
| 101 031,60 ₽ |
| 70 516,80 ₽ |
| 60 750,00 ₽ |
| 36 000,00 ₽ |
| 20 016,00 ₽ |
| 15 000,00 ₽ |

**Задание 6**. Создать запрос на создание новой таблицы «18_Создание таблицы»:

1. Создайте запрос на выборку по всем таблицам путем отбора нужных полей. Присвойте ему имя и проверьте правильность его выполнения.
2. В области навигации выделите названный запрос и с помощью команды контекстного меню откройте его в режиме Конструктора.
3. Преобразуйте этот запрос на выборку в запрос на создание таблицы, выполнив команду **Создание таблицы** в группе **Тип запроса** на вкладке Конструктора, или выбрав команду контекстного меню запроса **Тип запроса – Создание таблицы.**
4. В окне **Создание таблицы** введите имя создаваемой таблицы «Объединенная» (рис. 3.14).
5. Для того чтобы просмотреть, какие записи будут помещены в новую таблицу, щелкните по кнопке **Режим** на ленте Конструктора запросов в группе **Результаты**.

6. Выполните запрос. Откроется окно сообщений с запрашиваемым разрешением (рис. 3.15). Подтвердите согласие на создание новой таблицы. После этого таблицу можно увидеть в списке таблиц области навигации (рис. 3.16).

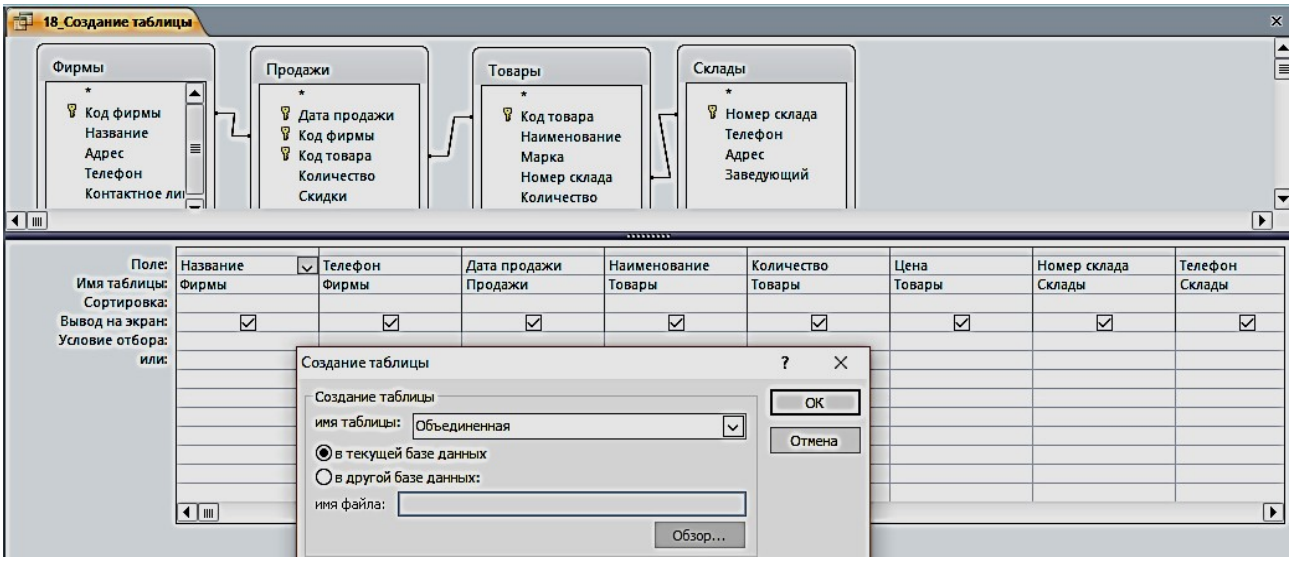



Рис. 3.14. Определение имени таблицы, создаваемой в запросе

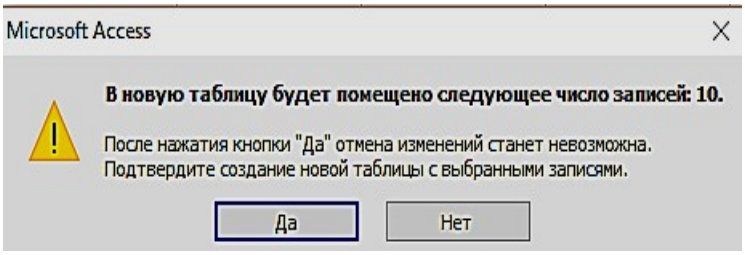



Рис. 3.15. Окно сообщений

Объединенная

| Название | Фирмы_Телефон | Дата продажи | Наименование | Количество | Цена | Номер склада | Склады_Телефон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ООО "Геомар Недра" | 4956180510 | 19.01.2018 | Тахеометр | 7 | 428 984,40 ₽ | 1 | 3433818888 |
| ООО "Геомар Недра" | 4956180510 | 27.01.2018 | Тахеометр | 5 | 383 355,60 ₽ | 1 | 3433818888 |
| ООО "Навгеоком" | 3432535355 | 25.01.2018 | Тахеометр | 5 | 288 000,00 ₽ | 2 | 3433795162 |
| ООО "Навгеоком" | 3432535355 | 02.02.2018 | Тахеометр | 6 | 270 000,00 ₽ | 2 | 3433795162 |
| ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | 20.01.2018 | Теодолит | 9 | 101 031,60 ₽ | 3 | 3432751822 |
| ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | 30.01.2018 | Теодолит | 8 | 60 750,00 ₽ | 3 | 3432751822 |
| ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | 10.02.2018 | Теодолит | 10 | 36 000,00 ₽ | 3 | 3432751822 |
| ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | 15.02.2018 | Теодолит | 9 | 101 031,60 ₽ | 3 | 3432751822 |
| ГеоСтройПрибор | 4732712144 | 15.01.2018 | Нивелир | 18 | 15 000,00 ₽ | 4 | 3433102222 |
| ГеоСтройПрибор | 4732712144 | 05.02.2018 | Нивелир | 15 | 20 016,00 ₽ | 4 | 3433102222 |

Рис. 3.16. Результат запроса на создание новой таблицы

## *Задание для самостоятельной работы*

1. По таблице «Товары» сформировать запрос по наименованию товаров на букву Т.

2. По таблице «Товары» сформировать запрос на выборку товаров, цена которых более 100 000 рублей и количество больше или равно 5.

3. По таблице «Продажи» сформировать запрос на выборку товаров, скидки которых равны 5, за период меньше или равный 02 февраля 2018 г.

4. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, вычислить цену с НДС, при ставке 18 %.

5. Создать параметрический запрос, в котором выдавалось бы сообщение «**Введите наименование товара**».

6. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, об увеличении цены на 10 % в январе месяце.

7. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, вычислить сумму за январь.

8. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, найти увеличение количества нивелиров в 2 раза.

9. Создать новую таблицу, состоящую из таблиц «**Продажи**» и «**Фирмы**», с полями на ваш выбор (поле – количество обязательно).

10. По новой созданной таблице создать запрос на обновление количества товара в 3 раза.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
# Работа с формами

Формы являются основой разработки диалоговых приложений пользователя с базой данных. Работая с формой, пользователь может добавлять, удалять и изменять записи таблиц, получать расчетные данные. Форма состоит из элементов управления, которые отображают поля таблиц и графические элементы, не связанные с полями таблиц. Элементы управления предназначены для разработки макета формы: размещение полей таблиц и запросов, надписей, внедряемых объектов (рисунков, диаграмм), вычисляемых полей, кнопок, выполняющих печать и открывающих др. объекты или задачи.

Однотабличная форма предназначена для загрузки, просмотра и корректировки данных одной таблицы. Источником данных такой формы служит единственная таблица. Она может быть создана одним щелчком мыши с помощью команд автоматического создания формы: **Форма, Разделенная форма** или **Несколько элементов**, размещенных на вкладке **Создание** в группе **Формы** (рис. 4.1).

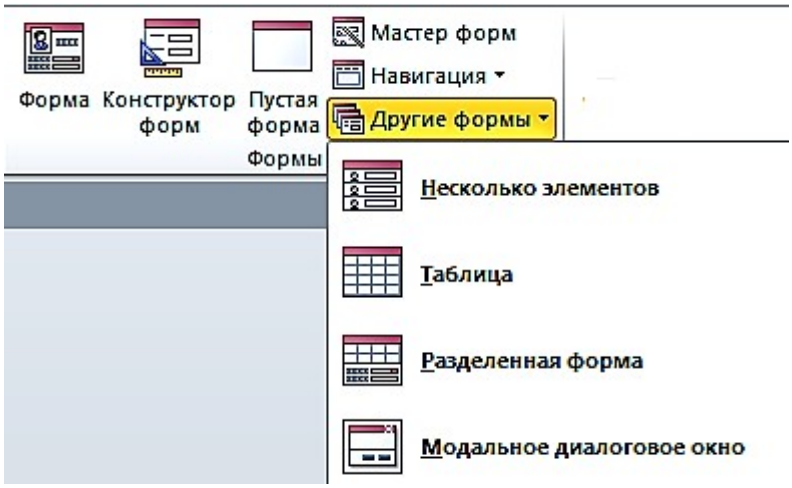



Рис. 4.1. Команды группы формы на вкладке ленты **Создание**

**Задание 1**. Создать однотабличную форму «**Товары для ввода, просмотра и корректировки данных**» таблицы «**Товары**». Чтобы источником записей формы стала таблица «**Товары**», выберите её в области навигации и выполните команду форма на вкладке **Создание**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе только выбранной таблицы (рис. 4.2).

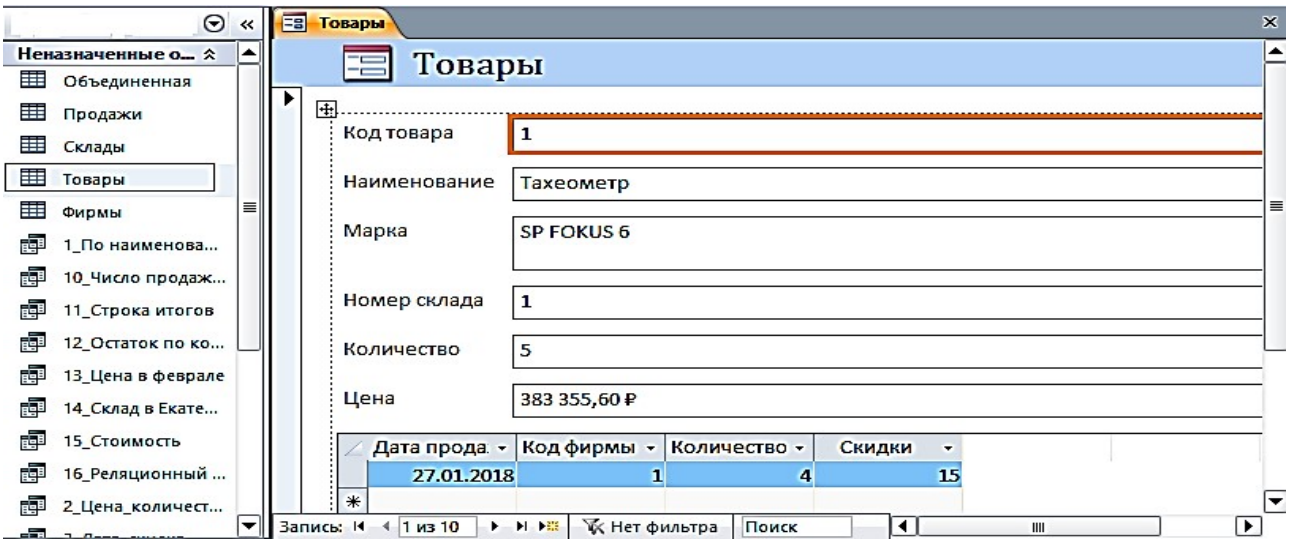



Рис. 4.2. Форма, полученная по команде **Форма**, для работы с таблицей «**Товары**»

### *Условное форматирование элементов управления*

Для изменения внешнего вида элемента управления в форме**,** в зависимости от одного или нескольких условий используйте условное форматирование.

**Задание 2**. Изменить в форме «**Товары**» цвет денежных значений в поле «**Цена**» на красный, заливку на желтый, шрифт жирный, когда они оказываются выше заданной величины, например, 100 000 руб.

1. Выберите поле Цена, в котором нужно произвести изменения. На вкладке ленты **Формат** в группе **Форматирование элементов управления** выберите команду **Условное форматирование**. Откроется диалоговое окно **Диспетчер правил условного форматирования** (рис. 4.3).

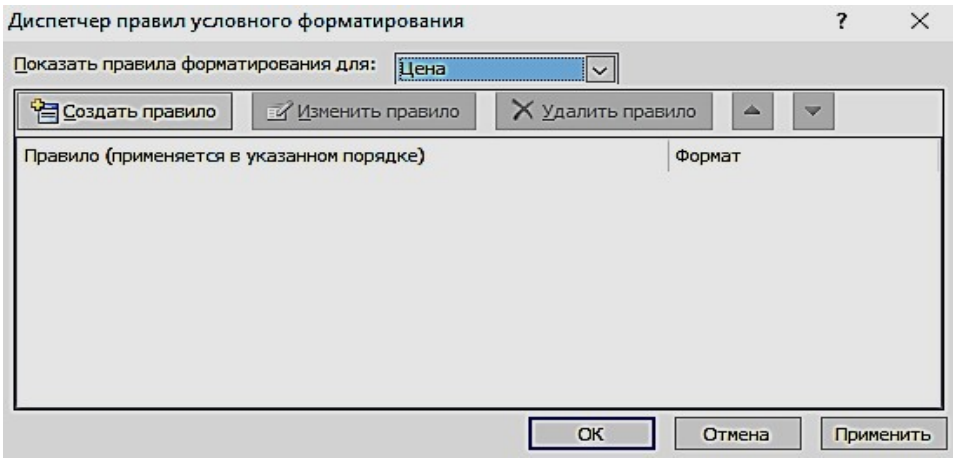



Рис. 4.3. Окно с пустым списком правил форматирования

2. Чтобы создать первое правило условного форматирования щелкните по кнопке **Создать правило**.

3. В окне **Новое правило форматирования** выберите тип правила и сформируйте описание правил, согласно которым будет производиться заданное форматирование поля.

4. В первом поле со списком выберите пункт **Значения поля**, во втором выберите тип сравнения – **больше** и введите постоянное значение в третье поле – 100000, не используя знака денежных единиц.

5. Выберите начертание шрифта, цвет и другие параметры форматирования. Нажмите кнопку ОК (рис. 4.4).

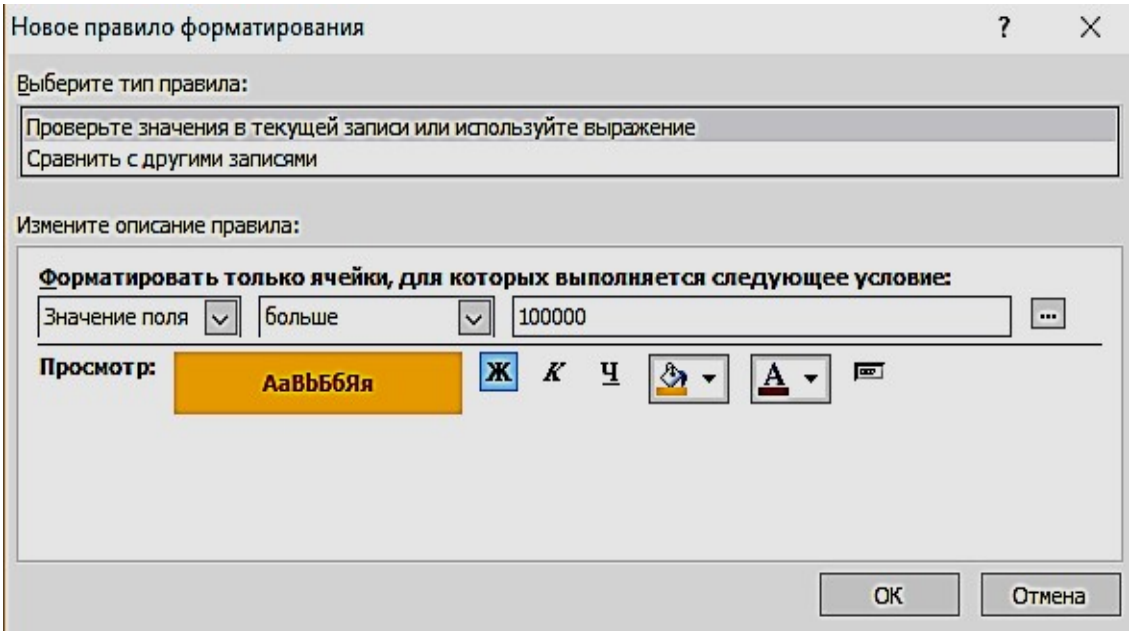



Рис. 4.4. Окно определения условий форматирования

**Задание 3**. Создать однотабличную форму «**Склады**». Для создания выбрать таблицу «**Склады**», использовать команду **Форма**, автоматически будет создана форма, содержащая встроенную подчиненную таблицу «**Товары**». Источником записей главной формы будет таблица «**Склады**». Такое поведение команды **Форма** вызвано тем, что таблица «**Склады**» имеет подчиненную таблицу «**Товары**», с которой она находиться в отношении 1**:**∞, и эта связь определена в схеме данных (рис. 4.5).

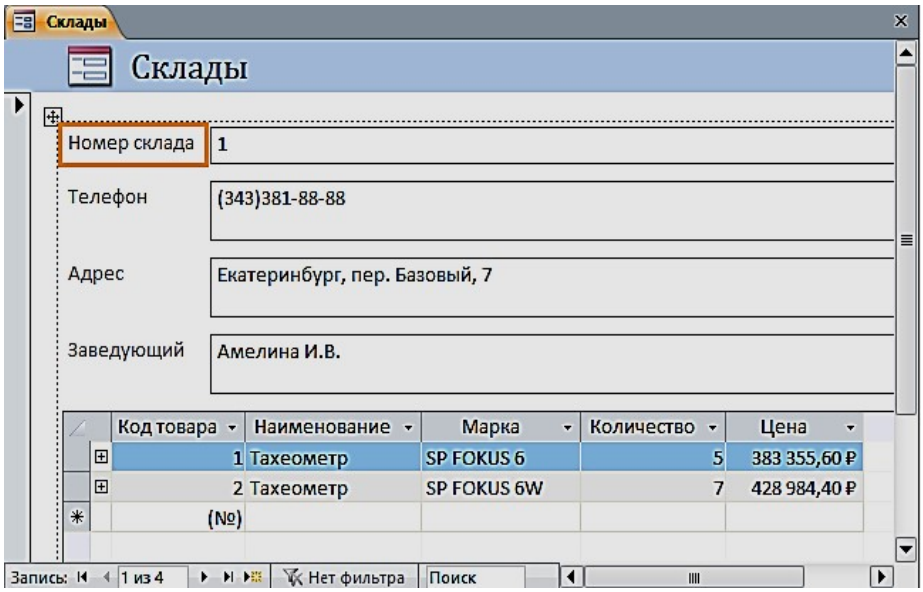



Рис. 4.5. Форма по таблице «**Склады**» с встроенной подчиненной «**Товары**»

### *Создание разделенной формы*

Разделенная форма позволяет синхронно отображать данные одного источника в двух представлениях: в режиме формы и в режиме таблицы.

**Задание 4**. Создать однотабличную разделенную форму для работы с данными таблицы «**Продажи**». Выберите таблицу «**Продажи**» в области навигации и выполните команду **Разделенная форма** на вкладке ленты **Создание** в группе **Формы**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе только одной выбранной таблицы. Созданная форма отобразится в режиме макета (рис. 4.6).

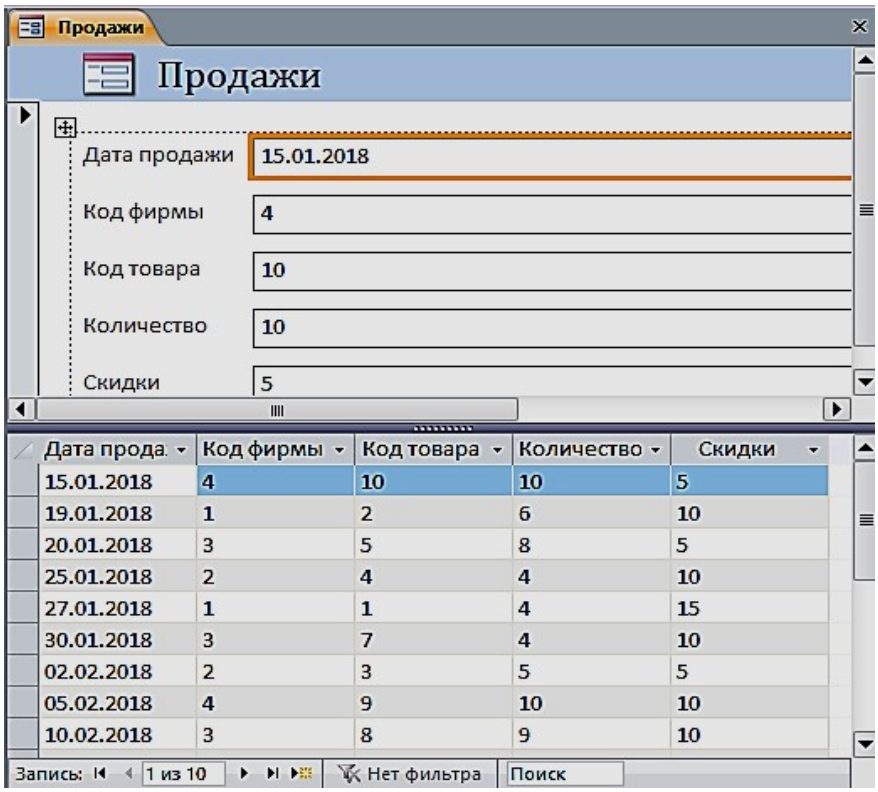


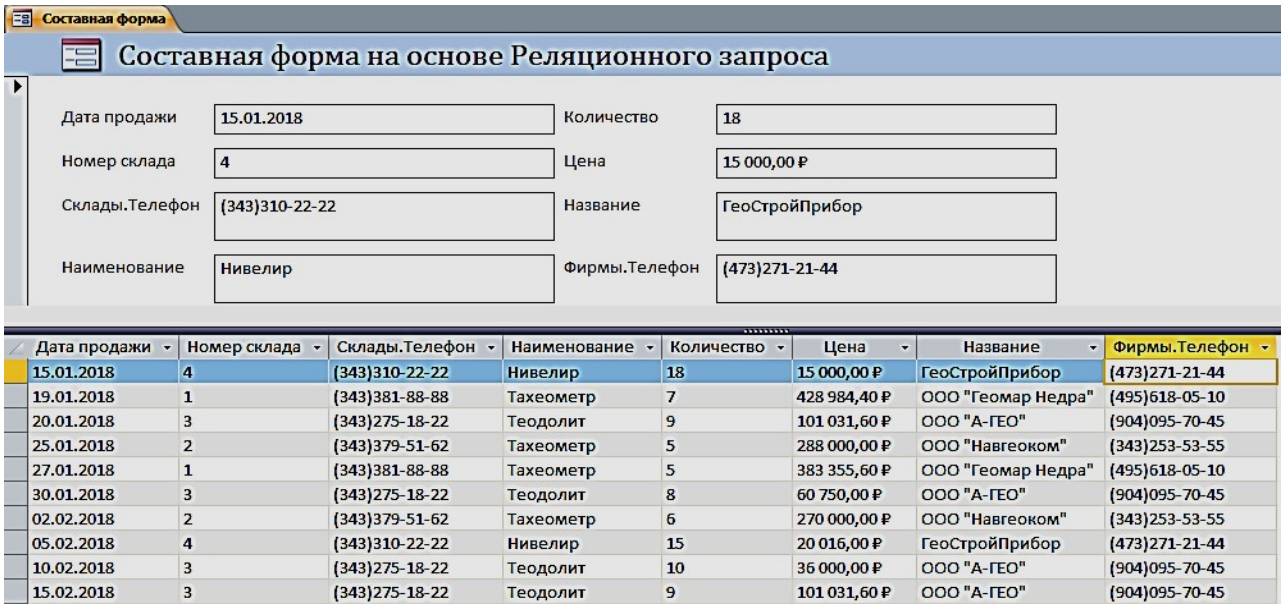
Рис. 4.6. Разделенная форма «**Продажи**»

### *Многотабличные формы*

Многотабличная форма создается для работы с данными нескольких взаимосвязанных таблиц. Источником данных такой формы является многотабличный запрос. При этом форма может быть простой, отображающей одну запись в столбик, или ленточной, отображающей все записи в табличном виде с надписями в заголовке формы. Для такой формы могут быть использованы команды **Форма** или **Несколько элементов**.

Многотабличная форма может быть составной: состоять из главной формы и одной или нескольких подчиненных включаемых форм.

**Задание 5**. Создать составную форму воспользовавшись реляционным запросом. Выберите запрос «**16_реляционный запрос**» в области навигации и выполните команду **Форма** на вкладке **Создание**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе выбранного запроса (рис. 4.7). В режиме Конструктора можно изменить заголовок.




| Дата продажи | Номер склада | Склады.Телефон | Наименование | Количество | Цена | Название | Фирмы.Телефон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15.01.2018 | 4 | (343)310-22-22 | Нивелир | 18 | 15 000,00 ₽ | ГеоСтройПрибор | (473)271-21-44 |
| 19.01.2018 | 1 | (343)381-88-88 | Тахеометр | 7 | 428 984,40 ₽ | ООО "Геомар Недра" | (495)618-05-10 |
| 20.01.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 9 | 101 031,60 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |
| 25.01.2018 | 2 | (343)379-51-62 | Тахеометр | 5 | 288 000,00 ₽ | ООО "Навгеоком" | (343)253-53-55 |
| 27.01.2018 | 1 | (343)381-88-88 | Тахеометр | 5 | 383 355,60 ₽ | ООО "Геомар Недра" | (495)618-05-10 |
| 30.01.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 8 | 60 750,00 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |
| 02.02.2018 | 2 | (343)379-51-62 | Тахеометр | 6 | 270 000,00 ₽ | ООО "Навгеоком" | (343)253-53-55 |
| 05.02.2018 | 4 | (343)310-22-22 | Нивелир | 15 | 20 016,00 ₽ | ГеоСтройПрибор | (473)271-21-44 |
| 10.02.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 10 | 36 000,00 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |
| 15.02.2018 | 3 | (343)275-18-22 | Теодолит | 9 | 101 031,60 ₽ | ООО "А-ГЕО" | (904)095-70-45 |

Рис. 4.7. Составная форма

## *Создание многотабличной формы с помощью мастера*

Основным средством создания многотабличной формы можно считать мастер форм, который, запросив у пользователя сведения о включаемых в форму полях из нескольких взаимосвязанных таблиц и запросов, создает составную или одиночную форму.

**Задание 6**. С помощью мастера создайте форму для работы с данными о продажах товаров

Для вызова мастера форм выполните на вкладке ленты **Создание** в группе **Формы** команду **Мастер форм**. Отобразится окно мастера **Создания форм**, представленное на рис. 4.8.

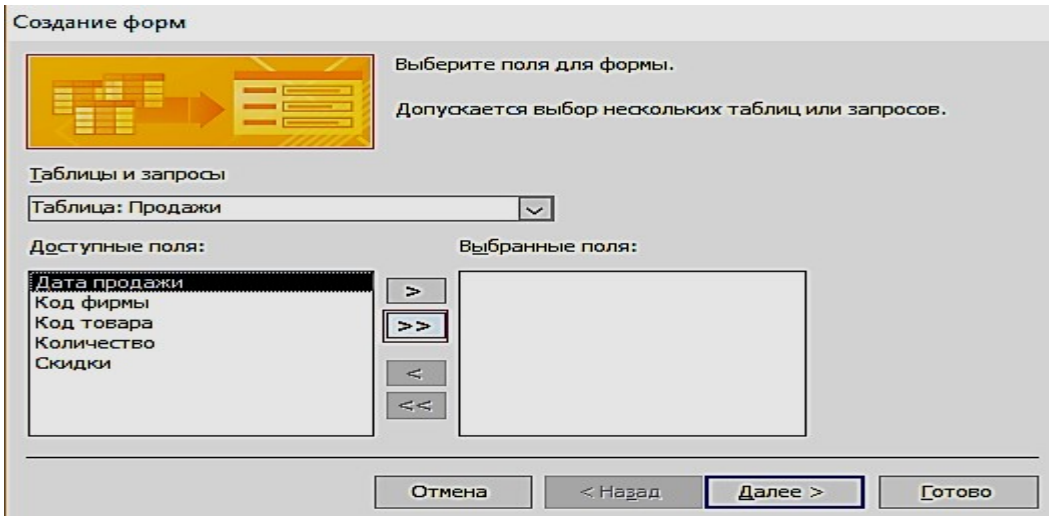


Рис. 4.8. Выбор таблиц и полей для создаваемой формы

Если предварительно в области навигации не была выбрана таблица «**Продажи**», выберите её в раскрывающемся списке **Таблицы и запросы** диалогового окна мастера. Затем отберите из списка **Доступные поля,** в нашем случае все, кроме поля «**Скидки**» (рис. 4.9).

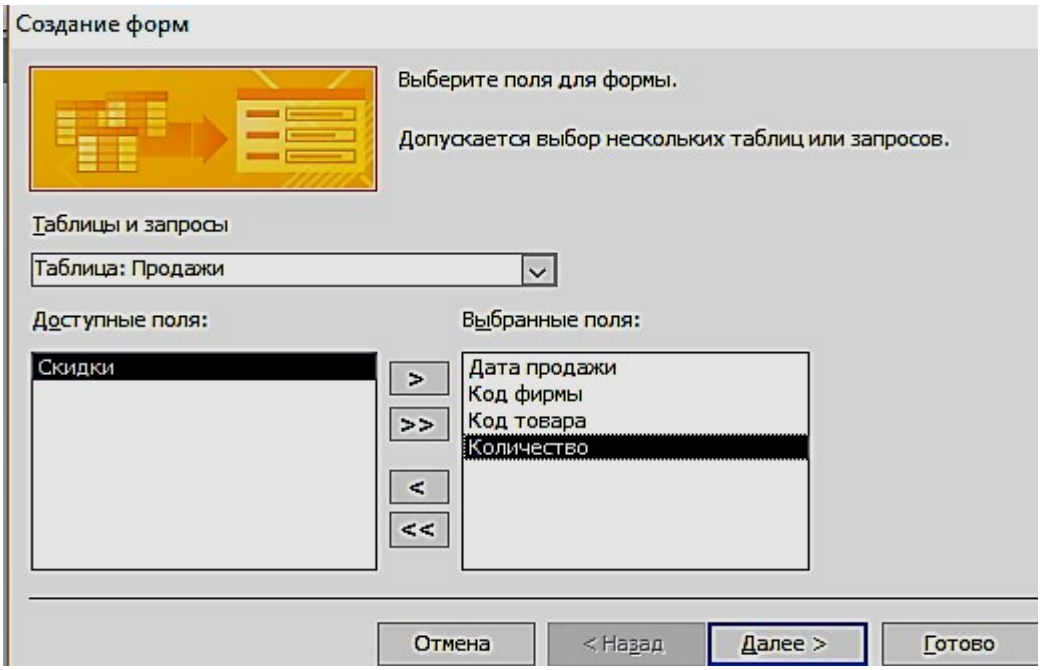



Рис. 4.9. Выбранные поля таблицы «**Продажи**» для создаваемой формы

Переходим к выбору полей из таблицы «**Товары**». Перетаскиваем все поля, кроме поля Код товара. После выбора полей для обеих таблиц и нажатия кнопки Далее в окне создание форм в списке **Выберите тип представления данных** надо выделить имя таблицы Продажи и щелкнуть по кнопке «**Далее**» (рис.
4.10).

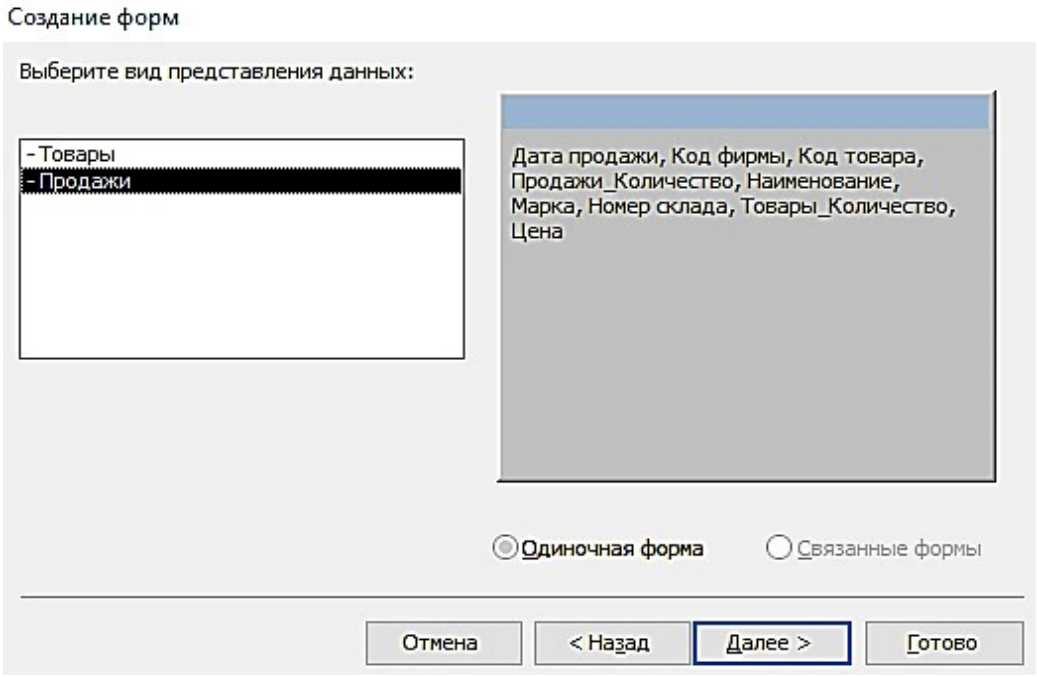



Рис. 4.10. Выбор вида представления данных

В следующем диалоговом окне предоставляется возможность выбрать внешний вид формы и нажать кнопку «**Готово**» (рис. 4.11).

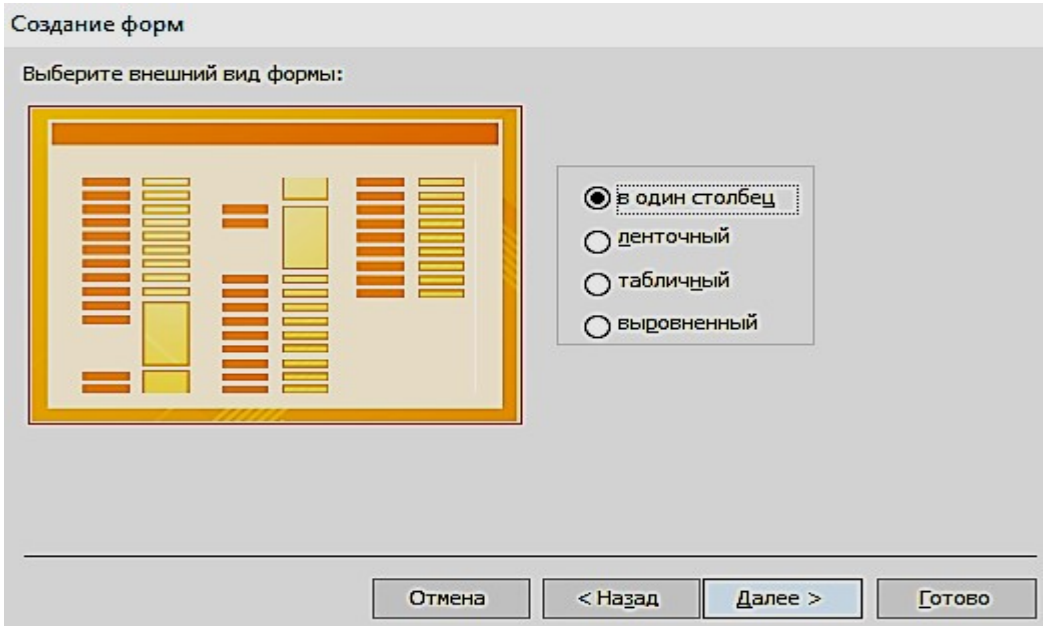



Рис. 4.11. Выбор вида формы в один столбец

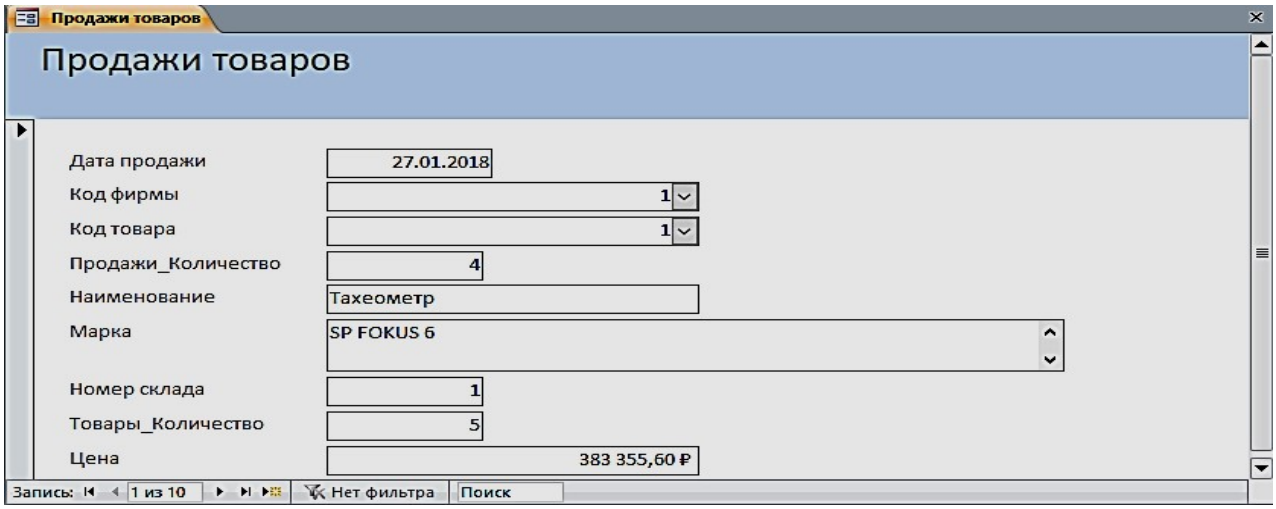



Рис. 4.12. Форма, открытая для просмотра, корректировки и ввода данных

### *Одиночная многотабличная форма*

Одиночную форму, включающую поля из нескольких связанных таблиц, позволяет быстро построить инструмент **Пустая форма.** Выполните команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**. Откроется пустая форма в режиме макета и отобразится область **Список полей**. В списке перечислены все таблицы базы данных, и предоставляется возможность открыть список полей каждой из них (рис. 4.13). Чтобы добавить поле в форму, щелкните на нем двойным щелчком или перетащите его в форму. Для отображения каждого поля Access создает в форме соответствующий элемент управления и привязывает его к полю. Кроме того, для элемента управления создается присоединенная надпись.

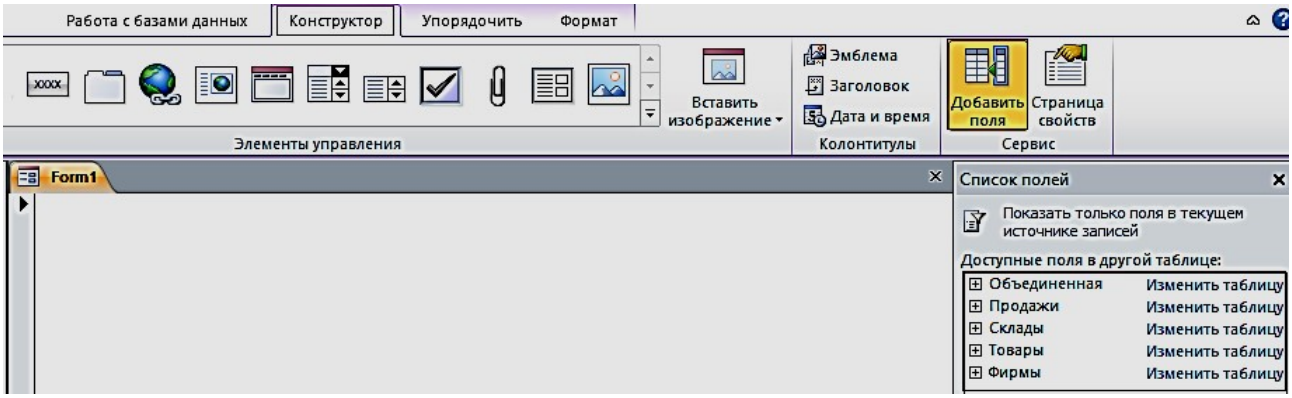



Рис. 4.13. Область **Список полей** при создании одиночной формы

**Задание 7**. Создать одиночную многотабличную форму для просмотра всех данных базы. Выполните команду **Пустая форма.** В области **Список полей** откройте список полей таблицы «**Продажи**», щелкнув знак «Плюс» рядом

с её именем. Добавьте в форму необходимые поля (Дата продажи, Код фирмы, Код товара, Количество, Скидки). Далее последовательно добавляйте поля из таблицы «**Товары**» (Наименование, Марка, Цена), затем из таблицы «**Склады**» (Номер склада, Телефон, Адрес, Заведующий) и из таблицы «**Фирмы поля**» – (Название, Адрес, Телефон, Контактное лицо, Должность). Сохранить форму под именем «Общие данные».

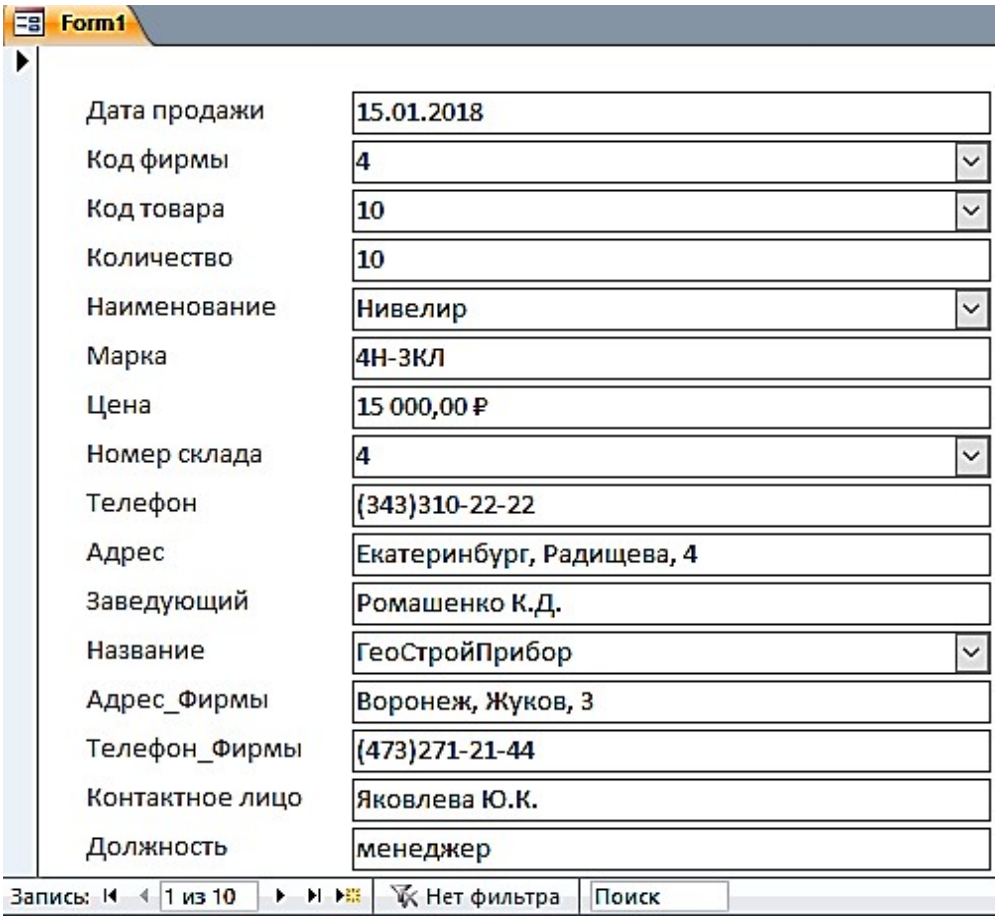
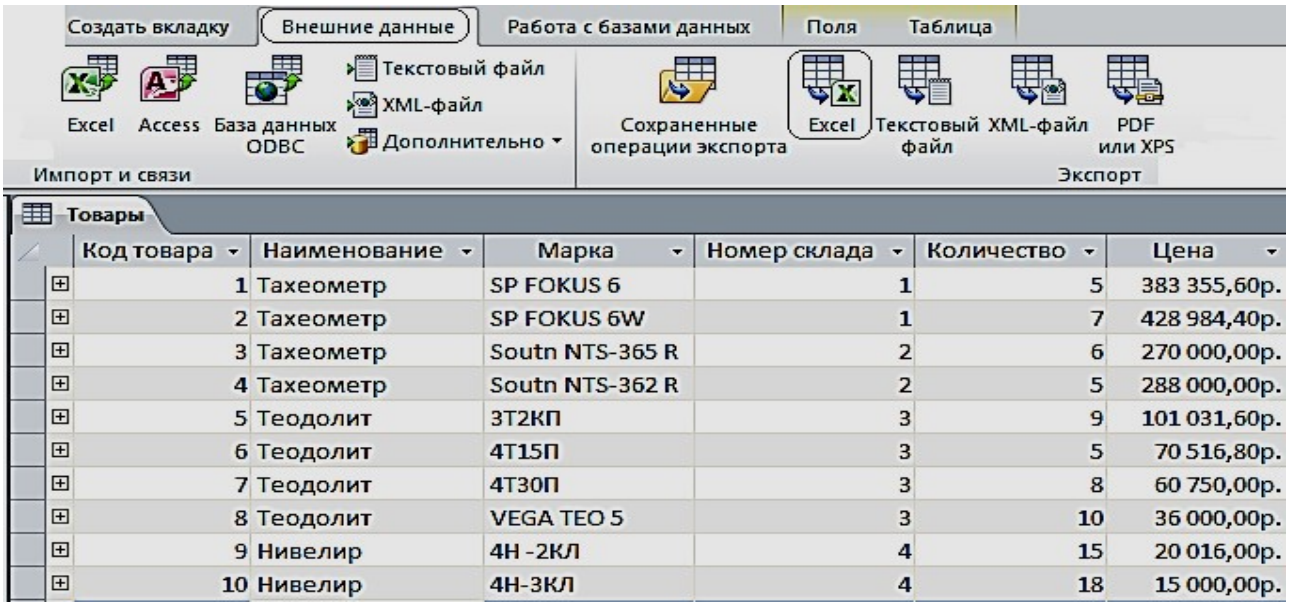



Рис. 4.14. Форма «**Общие данные**», созданная с помощью инструмента **Пустая форма**

**Задание 8**. Создать одиночную форму с помещенной в неё гистограммой

Для этого откройте таблицу «**Товары**». В группе **Импорт и связи** на вкладке **Внешние данные** выберите на ленте **Экспорт в таблицу Excel** (рис. 4.15).




| Код товара | Наименование | Марка | Номер склада | Количество | Цена |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Тахеометр | SP FOKUS 6 | 1 | 5 | 383 355,60р. |
| 2 | Тахеометр | SP FOKUS 6W | 1 | 7 | 428 984,40р. |
| 3 | Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 2 | 6 | 270 000,00р. |
| 4 | Тахеометр | Soutn NTS-362 R | 2 | 5 | 288 000,00р. |
| 5 | Теодолит | 3Т2КП | 3 | 9 | 101 031,60р. |
| 6 | Теодолит | 4Т15П | 3 | 5 | 70 516,80р. |
| 7 | Теодолит | 4Т30П | 3 | 8 | 60 750,00р. |
| 8 | Теодолит | VEGA TEO 5 | 3 | 10 | 36 000,00р. |
| 9 | Нивелир | 4Н -2КЛ | 4 | 15 | 20 016,00р. |
| 10 | Нивелир | 4Н-3КЛ | 4 | 18 | 15 000,00р. |

Рис. 4.15. Окно экспорта таблицы «**Товары**» на лист Excel

Выберите место назначения для экспорта таблицы «**Товары**», для этого нажмите на кнопку **Обзор**, выберите соответствующую папку (рис. 4.16, 4.17).

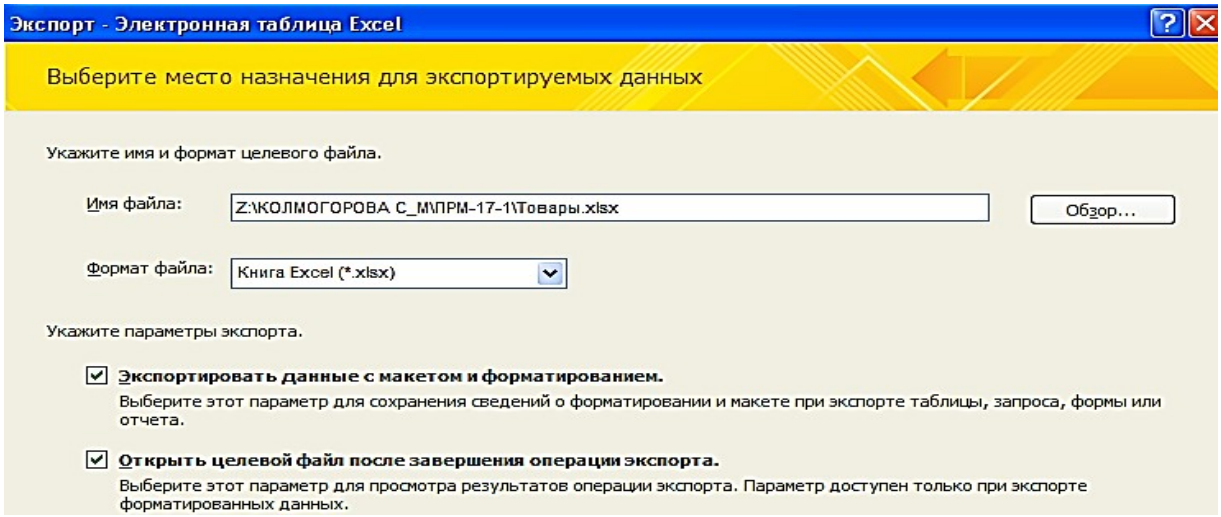



Рис. 4.16. Окно выбора места назначения для экспорта таблицы «**Товары**»

| | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Код товара | Наименование | Марка | Номер склада | Количество | Цена |
| 2 | 1 | Тахеометр | SP FOKUS 6 | 1 | 5 | 383 355,60р. |
| 3 | 2 | Тахеометр | SP FOKUS 6W | 1 | 7 | 428 984,40р. |
| 4 | 3 | Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 2 | 6 | 270 000,00р. |
| 5 | 4 | Тахеометр | Soutn NTS-362 R | 2 | 5 | 288 000,00р. |
| 6 | 5 | Теодолит | 3Т2КП | 3 | 9 | 101 031,60р. |
| 7 | 6 | Теодолит | 4Т15П | 3 | 5 | 70 516,80р. |
| 8 | 7 | Теодолит | 4Т30П | 3 | 8 | 60 750,00р. |
| 9 | 8 | Теодолит | VEGA TEO 5 | 3 | 10 | 36 000,00р. |
| 10 | 9 | Нивелир | 4Н -2КЛ | 4 | 15 | 20 016,00р. |
| 11 | 10 | Нивелир | 4Н-3КЛ | 4 | 18 | 15 000,00р. |

Рис. 4.17. Таблица «**Товары**» в Excel, экспортируемая из Access

Построение гистограммы по колонкам «**Наименование**» и «**Цена**» (рис. 4.18).

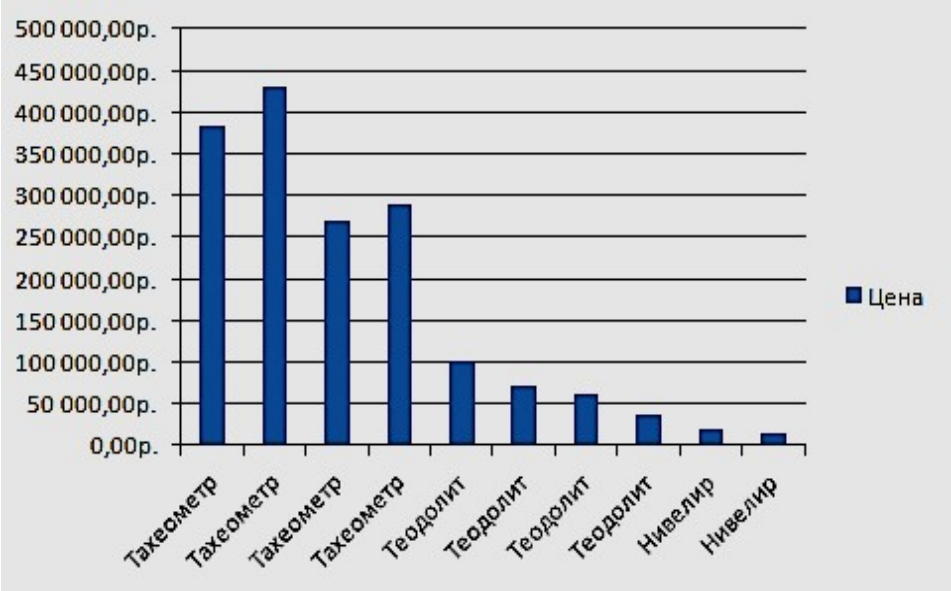



Рис. 4.18. Гистограмма, соответствующая таблице «**Товары**»

Скопируйте гистограмму в Excel. В Access выполните команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**. В режиме «**Конструктор**» произвести вставку гистограммы. Сохранить форму под названием **Гистограмма** (рис. 4.19).

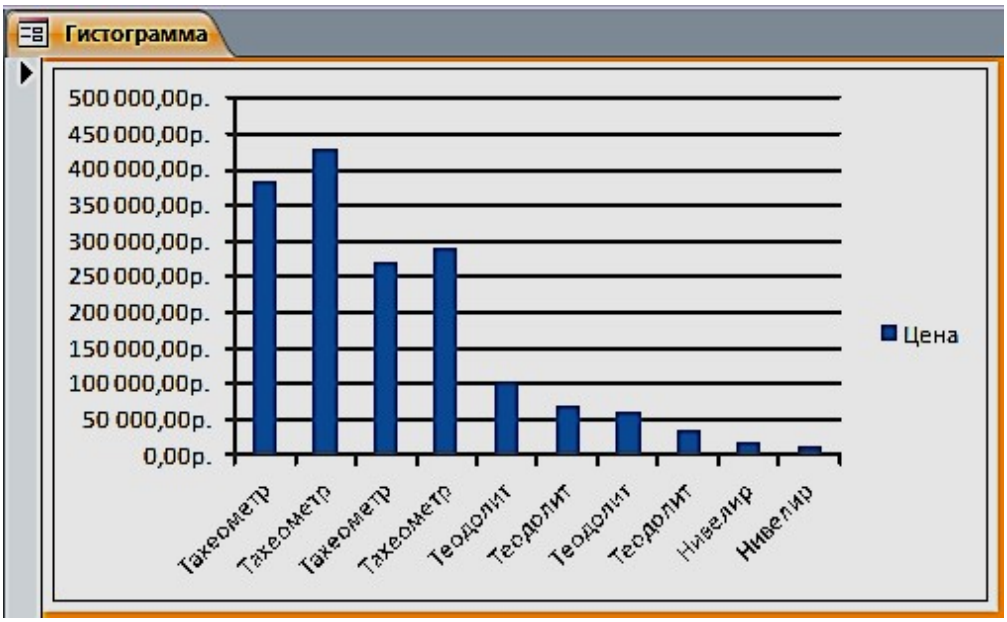



Рис. 4.19. Форма «Гистограмма»

### *Задание для самостоятельной работы*

1. Изменить в форме «**Товары**» цвет денежных значений в поле «**Цена**» на зеленый, заливку на светло-зеленый, начертание шрифта – жирный курсив, когда они оказываются меньше или равны 80000 руб.
2. Создать форму «**Фирмы**» с подчиненной «**Продажи**».

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5
## Работа с отчетами

Средства Access по разработке отчетов предназначены для конструирования макета отчета, в соответствии с которым осуществляется вывод данных из определенного источника записей в виде выходного печатного документа.

Отчет может создаваться с помощью Мастера или в режиме Конструктора отчетов.

**Задание 1**. Выберем в области навигации таблицу «**Фирмы**», данные из которой будут источником записей отчета. На вкладке ленты **Создание** в группе **Отчеты** выполнить команду **Отчет**.

Access создаст отчет и отобразит его в режиме макета (рис. 5.1). В отчете будут представлены все записи таблицы «**Фирмы**». Размещение полей таблицы – источника записей отчета – в разделах отчета представлено на рис. 5.2.

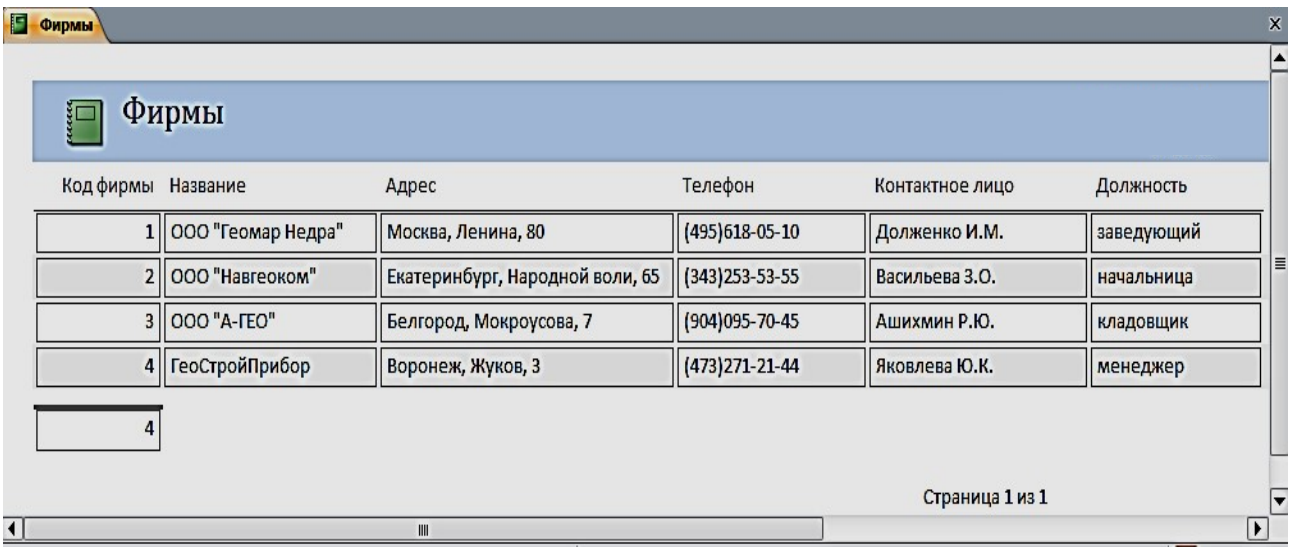



Рис. 5.1. Отчет в режиме «**Макета**»

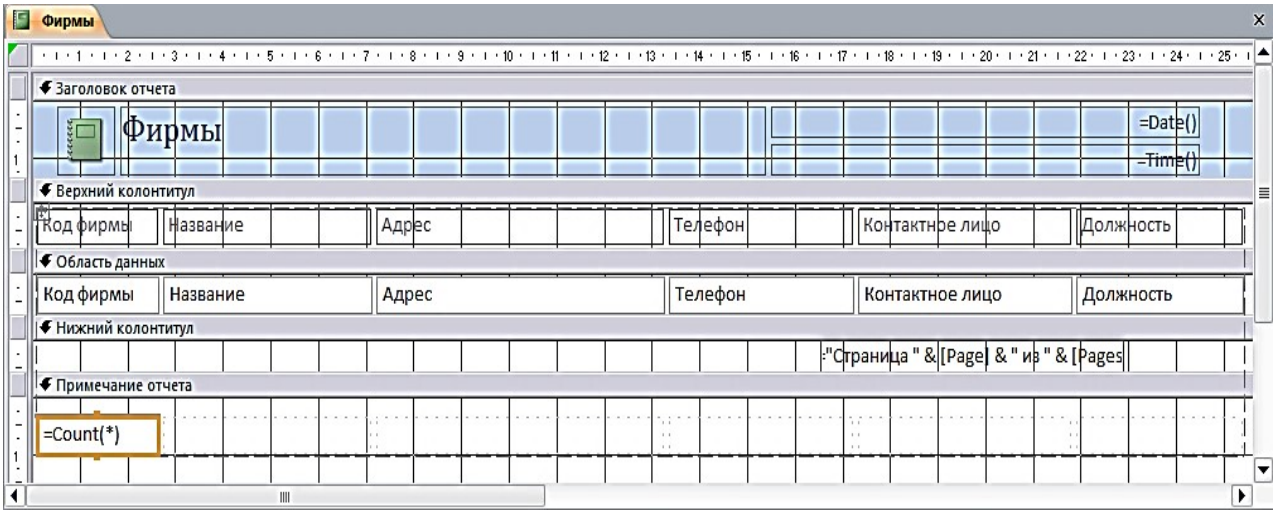



Рис. 5.2. Разделы однотабличного отчета в режиме Конструктора

В режиме макета легко привести созданный отчет в соответствие с заданными требованиями. Измените название отчета на «Контакты». Для этого выполните двойной щелчок на нем и введите новое название. Выделите макет отчета и измените заливку, размер шрифта, выбрав его на вкладке **Главная** в группе **Форматирование текста** или на вкладке **Формат** в группе **Шрифт.** Для изменения параметров страницы выполняйте команды соответствующей вкладки ленты. Пунктирной линией в отчете отмечена граница полей страницы. Отображение этой линии регулируется кнопкой **Показать поля** на вкладке ленты **Параметры страницы.** Для выбора размеров полей страницы может быть использована коллекция, отображаемая при нажатии кнопки **Поля.** На этой же вкладке можно выбрать размер бумаги, ориентацию страницы и ряд др. параметров (рис. 5.3).

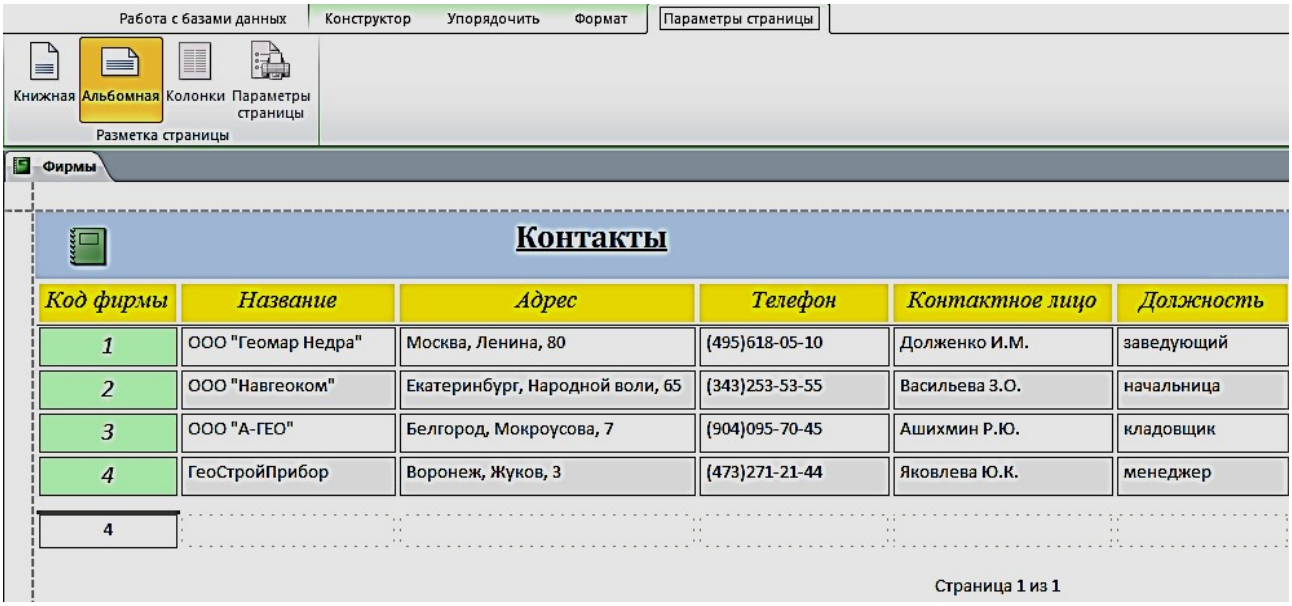



Рис 5.3. Отформатированный отчет в режиме Макета

**Задание 2**. Выберем в области навигации форму **Продажи товаров**, данные из которой будут источником записей отчета. На вкладке ленты **Создание** в группе **Отчеты** выполнить команду **Отчет**. Для группировки данных по дате продажи выполним команду **Группировка, сортировка и итоги.** Выберем для предлагаемого уровня группировки поле «**Дата продажи**». Откроем список, щелкнув на параметре **по кварталам**, и выберем **по месяцам.** Для закрытия списка щелкните на любом месте за его пределами (рис. 5.4, 5.5).

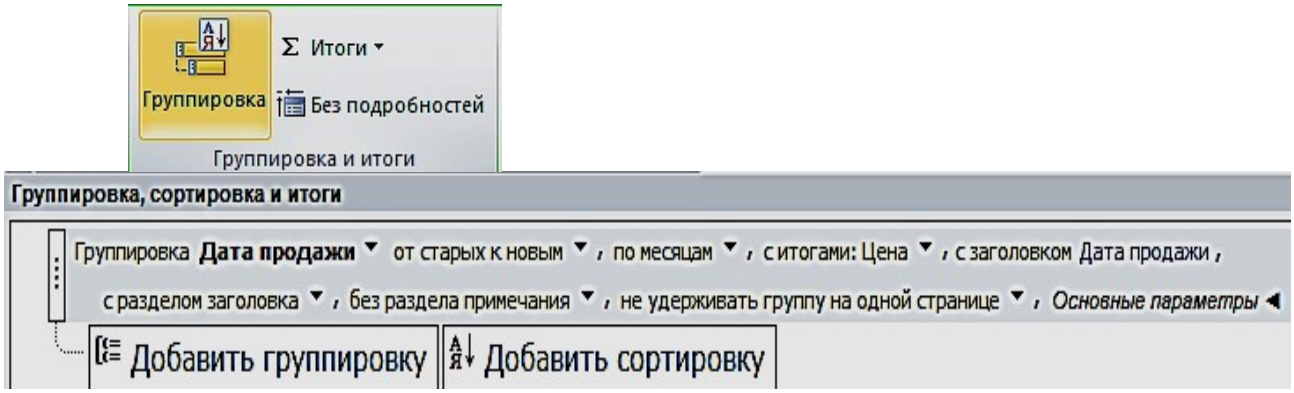
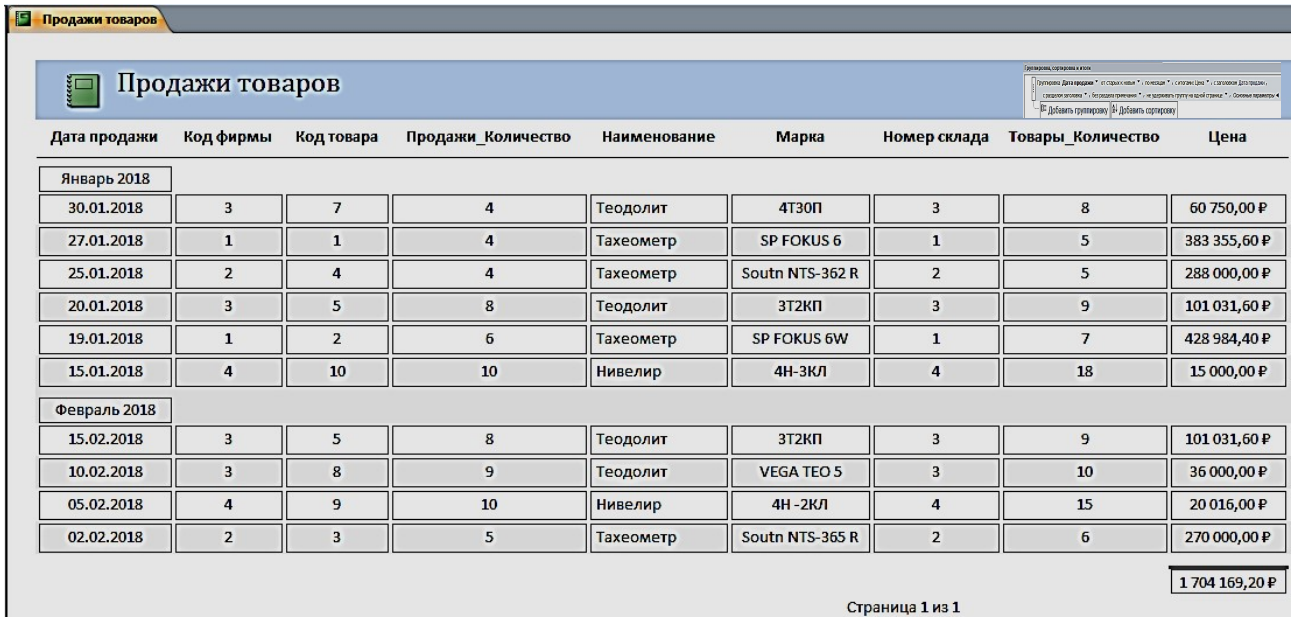



Рис. 5.4. Выбор для поля с датой группировки по месяцам




| Дата продажи | Код фирмы | Код товара | Продажи_Количество | Наименование | Марка | Номер склада | Товары_Количество | Цена |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Январь 2018 | | | | | | | | |
| 30.01.2018 | 3 | 7 | 4 | Теодолит | 4Т30П | 3 | 8 | 60 750,00 ₽ |
| 27.01.2018 | 1 | 1 | 4 | Тахеометр | SP FOKUS 6 | 1 | 5 | 383 355,60 ₽ |
| 25.01.2018 | 2 | 4 | 4 | Тахеометр | Soutn NTS-362 R | 2 | 5 | 288 000,00 ₽ |
| 20.01.2018 | 3 | 5 | 8 | Теодолит | 3Т2КП | 3 | 9 | 101 031,60 ₽ |
| 19.01.2018 | 1 | 2 | 6 | Тахеометр | SP FOKUS 6W | 1 | 7 | 428 984,40 ₽ |
| 15.01.2018 | 4 | 10 | 10 | Нивелир | 4Н-3КЛ | 4 | 18 | 15 000,00 ₽ |
| Февраль 2018 | | | | | | | | |
| 15.02.2018 | 3 | 5 | 8 | Теодолит | 3Т2КП | 3 | 9 | 101 031,60 ₽ |
| 10.02.2018 | 3 | 8 | 9 | Теодолит | VEGA TEO 5 | 3 | 10 | 36 000,00 ₽ |
| 05.02.2018 | 4 | 9 | 10 | Нивелир | 4Н -2КЛ | 4 | 15 | 20 016,00 ₽ |
| 02.02.2018 | 2 | 3 | 5 | Тахеометр | Soutn NTS-365 R | 2 | 6 | 270 000,00 ₽ |
| | | | | | | | | 1 704 169,20 ₽ |

Страница 1 из 1

Рис 5.5. Форма с датой группировки по месяцам

## *Задание для самостоятельной работы*

Создать отчет по таблице «**Объединенная**», изображенного на рис. 5.6.

**ОТЧЕТ ПРОДАЖИ**

| Дата продажи - по месяцам | Название | Фирмы_Телефон | Дата продажи | Наименование | Количество | Цена | Номер склада | Склады_Телефон |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Январь 2018* | | | | | | | | |
| | ГеоСтройПрибор | 4732712144 | *15.01.2018* | Нивелир | 18 | 15 000,00 ₽ | 4 | 3433102222 |
| | ООО "Геомар Недра" | 4956180510 | *19.01.2018* | Тахеометр | 7 | 428 984,40 ₽ | 1 | 3433818888 |
| | ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | *20.01.2018* | Теодолит | 9 | 101 031,60 ₽ | 3 | 3432751822 |
| | ООО "Навгеоком" | 3432535355 | *25.01.2018* | Тахеометр | 5 | 288 000,00 ₽ | 2 | 3433795162 |
| | ООО "Геомар Недра" | 4956180510 | *27.01.2018* | Тахеометр | 5 | 383 355,60 ₽ | 1 | 3433818888 |
| | ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | *30.01.2018* | Теодолит | 8 | 60 750,00 ₽ | 3 | 3432751822 |
| Итоги для 'Дата продажи' = 30.01.2018 (6 записей) | | | | | | | | |
| *Сумма* | | | | | 52 | 1 277 121,60 ₽ | | |
| *Февраль 2018* | | | | | | | | |
| | ООО "Навгеоком" | 3432535355 | *02.02.2018* | Тахеометр | 6 | 270 000,00 ₽ | 2 | 3433795162 |
| | ГеоСтройПрибор | 4732712144 | *05.02.2018* | Нивелир | 15 | 20 016,00 ₽ | 4 | 3433102222 |
| | ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | *10.02.2018* | Теодолит | 10 | 36 000,00 ₽ | 3 | 3432751822 |
| | ООО "А-ГЕО" | 9040957045 | *15.02.2018* | Теодолит | 9 | 101 031,60 ₽ | 3 | 3432751822 |
| Итоги для 'Дата продажи' = 15.02.2018 (4 записей) | | | | | | | | |
| *Сумма* | | | | | 40 | 427 047,60 ₽ | | |
| ИТОГО | | | | | 92 | 1 704 169,20 ₽ | | |

Рис. 5.6. Результат отчета

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

# Создание главной кнопочной формы с использованием макросов

Использования макросов для автоматизации управления реакцией приложения на действия пользователя в формах или отчетах позволяет создавать полноценные интерактивные приложения без написания кода *VBA*.

*Макрос* (от слова «макрокоманда») – программа, состоящая из последовательности макрокоманд. *Макрокоманда* – это инструкция, ориентированная на выполнение определенного действия над объектами Access и их элементами.

Например, макрокомандой можно открыть форму, отчет, напечатать отчет, запустить на выполнение запрос, применить фильтр, присвоить значение и т. д.

**Задание 1.** Создать главную форму управления приложением, в которой будут представлены:

- элементы для кнопочных форм запросов и гистограмма;
- макросы для таблиц и отчетов;
- макрос, с помощью которого будет закрыта база данных.

1. Выполним команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**, режим «**Конструктор**» (рис. 6.1).

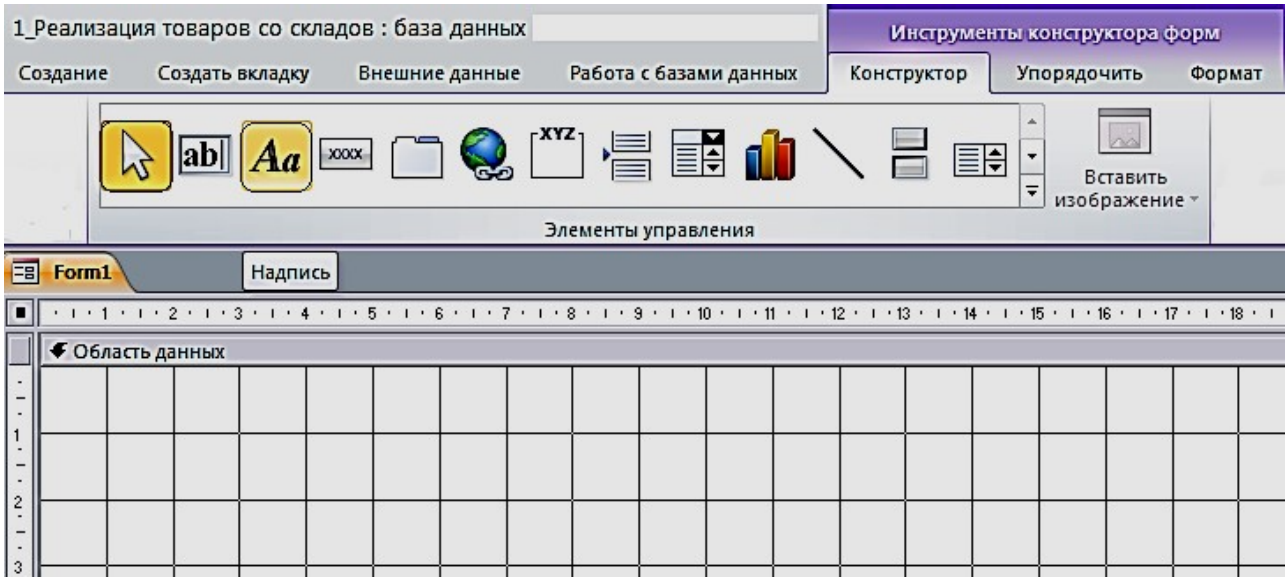



Рис. 6.1. Пустая форма в режиме «**Конструктор**» с элементами управления

2. Расположим в области **Формы** элемент **Надпись**, поместим в него название **Реализация товаров со складов** (рис. 6.2). Форматирование шрифта в надписях и кнопках осуществляется для выделенного объекта, при помощи **Инструмента конструктора форм**, в объекте **Формат**. Сохраним форму под именем «**Главная форма**».

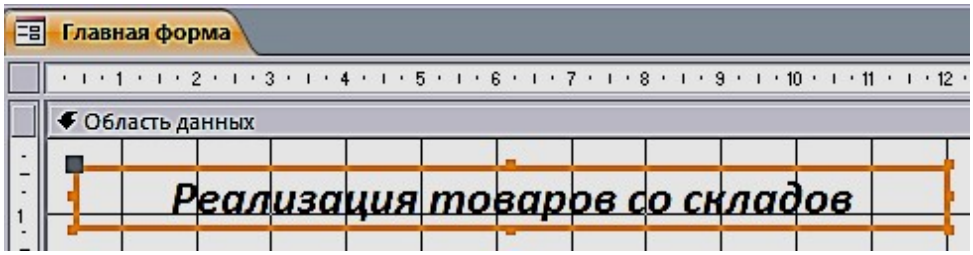



Рис. 6.2. Использование элемента управления **Надпись**

Создание макроса осуществляется в диалоговом режиме и сводится к записи в окне конструктора макроса последовательности макрокоманд, для которых задаются аргументы. Каждому макросу присваивается имя. При выполнении макроса макрокоманды выполняются последовательно в порядке их расположения. При этом используются объекты или данные, указанные в аргументах макрокоманд.

Создание макроса начинается с выполнением команды **Макрос** на вкладке ленты **Создание** в группе **Макросы и код**. В результате выполнения команды открывается окно макроса и каталог макрокоманд (рис. 6.3).

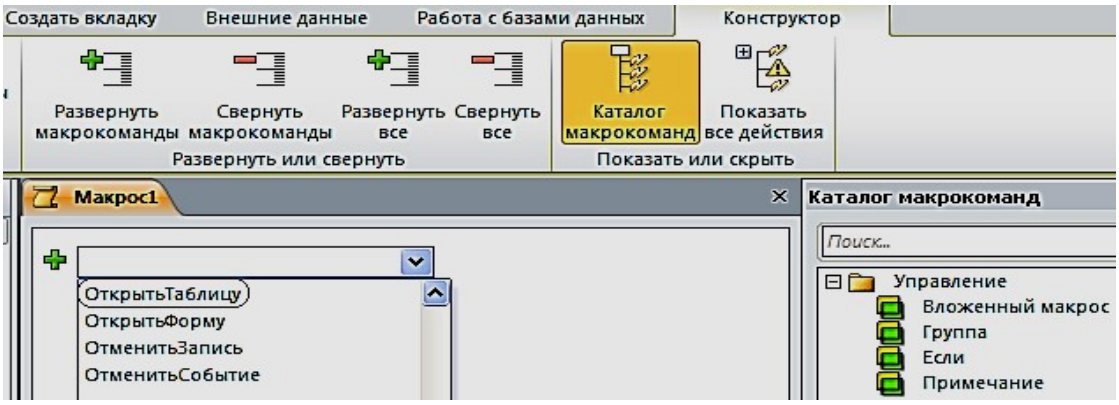



Рис. 6.3. Окно конструирования макроса с Каталогом макрокоманд

3. Создадим первый макрос **Таблицы**, при выполнении которого откроются четыре таблицы: «Продажи», «Склады», «Товары» и «Фирмы». Сохраним его под именем **Таблицы** (рис. 6.4).

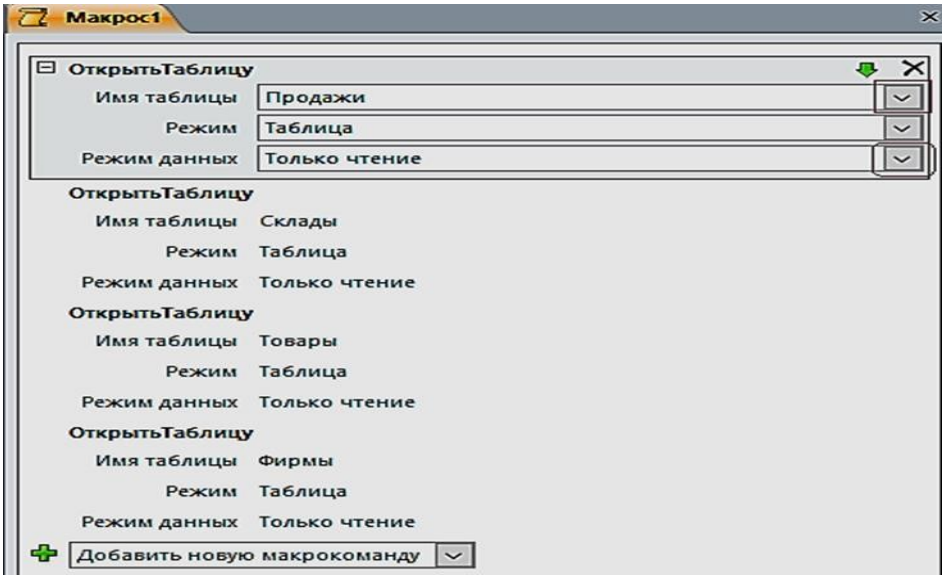



Рис. 6.4. Блок конструирования Макроса «**Таблицы**»

4. Создадим второй макрос, при выполнении которого откроется отчет «Продажи товаров» (рис. 6.5). Сохраним его под именем **Отчет**.

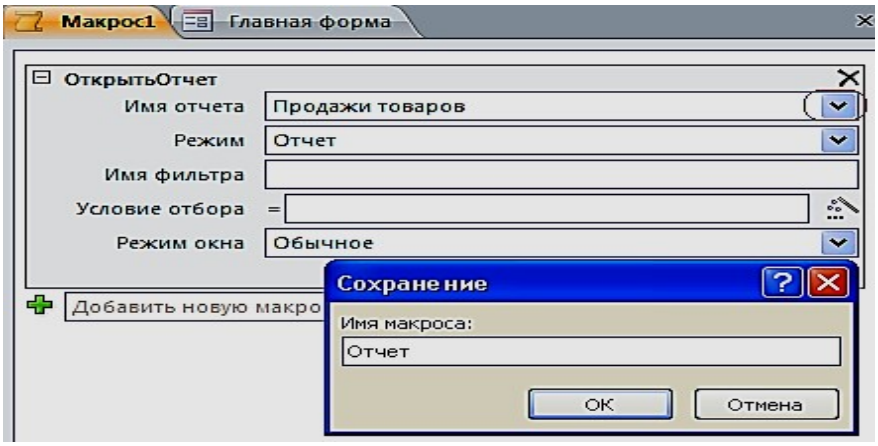


Рис. 6.5. Создание макроса **ОткрытьОтчет**

5. Создадим третий макрос, при выполнении которого откроется отчет «Продажи товаров» (рис. 6.6). Сохраним под именем **Выход**.




Рис. 6.6. Создание макроса **ЗакрытьБазуДанных**

### *Создание управляющих кнопок на экране*

1. Создадим кнопки: **Таблицы**, **Отчет** и **Выход из БД.** Расположим в области **Главной формы** три кнопки с ранее созданными макросами. Для размещения кнопок предусмотрим, чтобы все действия осуществлялись при нажатой кнопке **«Использовать мастера»**. Переместим элемент управления **Кнопка** на форму, появится окно для создания кнопок. Выберем категорию: **Разное**, затем – действия: **Выполнить макрос,** нажмем кнопку **Далее** (рис. 6.7).

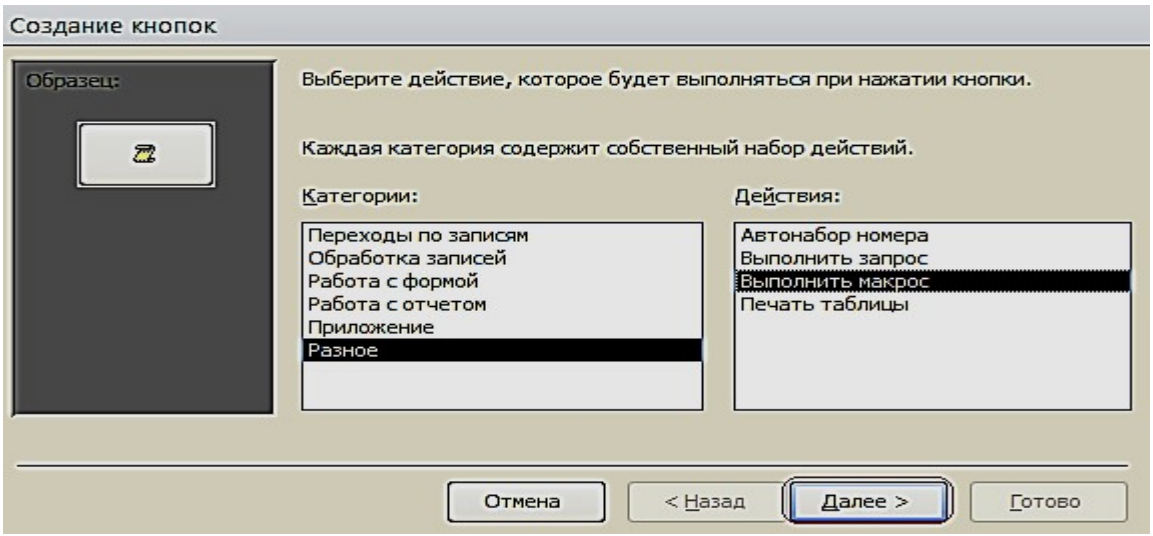



Рис. 6.7. Окно создания кнопок при работе с **Макросами**

2. Выберем соответствующий макрос (рис. 6.8). Разместим текст на кнопке.

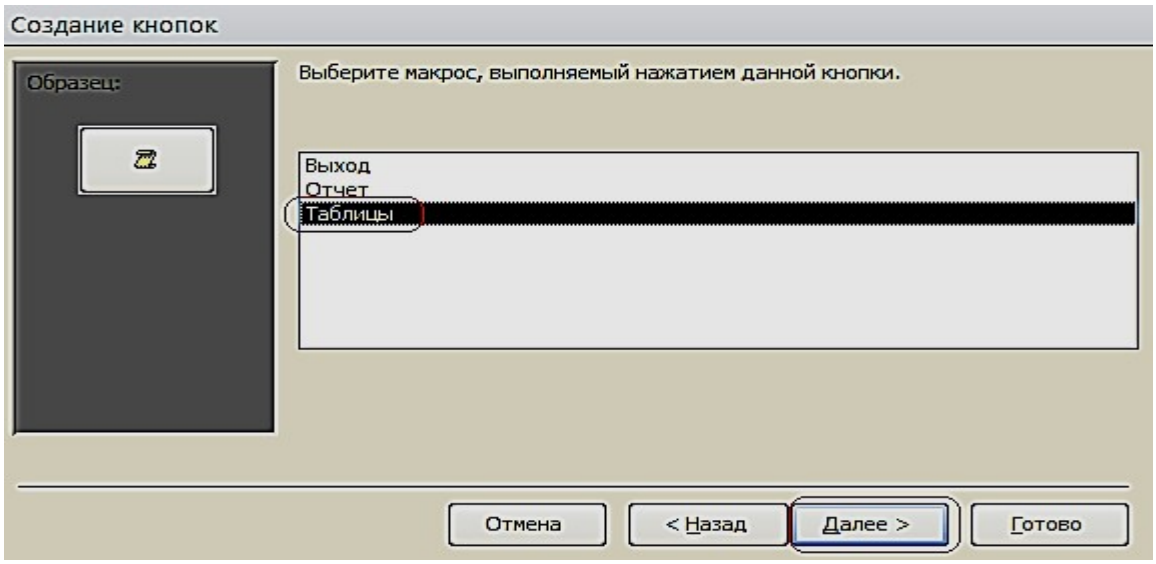



Рис. 6.8. Окно выбора макроса

3. В тексте напишем название **Таблицы** и выполним действия, указанные по кнопке **Далее** (рис. 6.9).

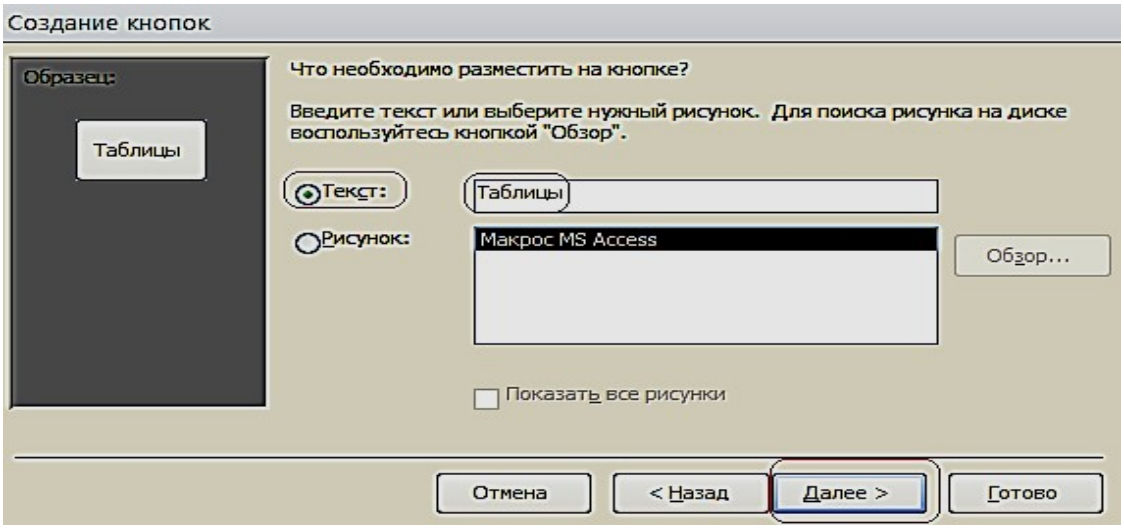



Рис. 6.9. Размещение текста на кнопке

4. Таким образом, создадим все кнопки, которые будут открываться с помощью макросов (рис. 6.10).

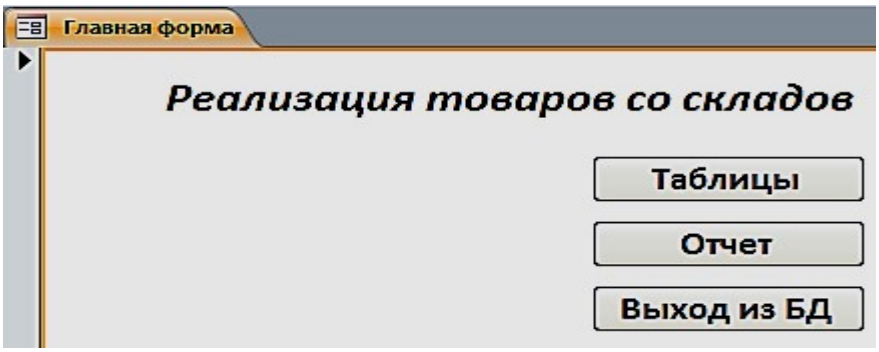



Рис. 6.10. Главная форма в режиме Макета

5. Расположим в области **Главной формы** три кнопки: **Составная форма**, **Общие данные** и **Гистограмма**. Переместим элемент управления **Кнопка** на форму, появится окно для создания кнопок. Выберем категорию: **Работа с формой**, действия: **Открыть форму,** нажмем кнопку **Далее** (рис. 6.11).

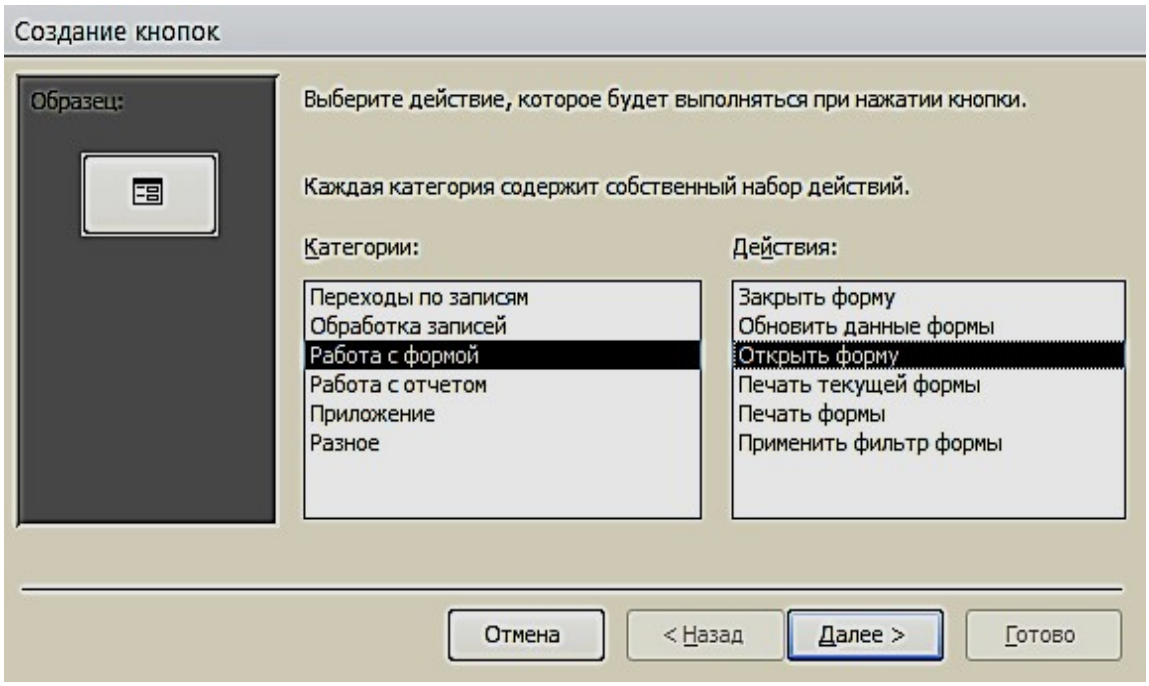



Рис. 6.11. Окно создания кнопок при работе с формами

6. Выберем соответствующую форму (рис. 6.12).

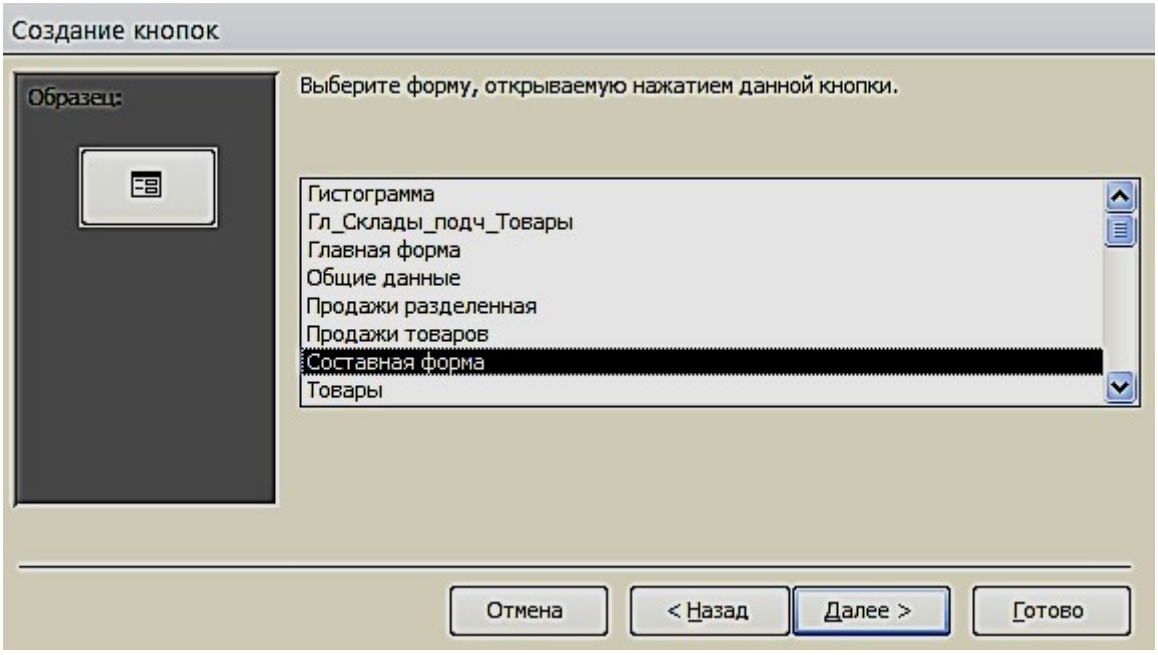



Рис. 6.12. Окно выбора формы

Поместим текст на кнопке (рис. 6.13). В тексте напишем название **Гистограмма** и выполним действия, указанные по кнопке **Далее**. Таким образом, создадим все кнопки, которые будут открываться с помощью Форм.

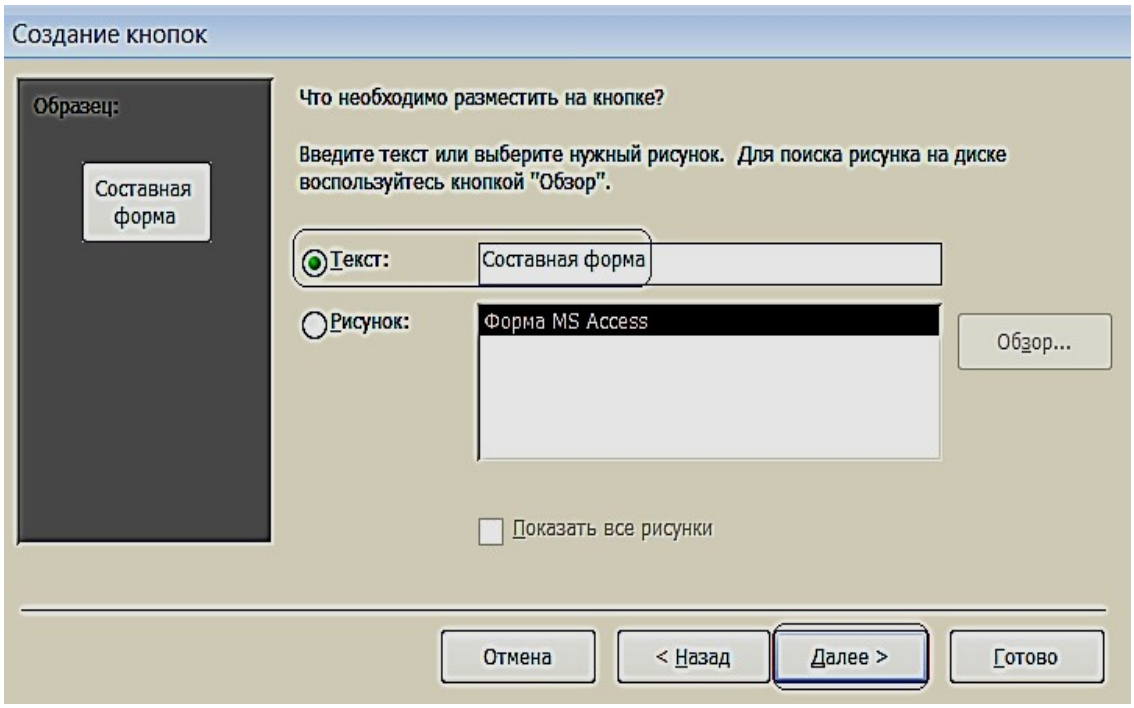



Рис. 6.13. Размещение текста на кнопке

7. Для создания картинки воспользуемся элементом управления «**Рисунок**».

8. По завершению разработки приложения, сохраним и закроем форму. Затем откроем и проверим работоспособность всех её элементов (рис. 6.14).

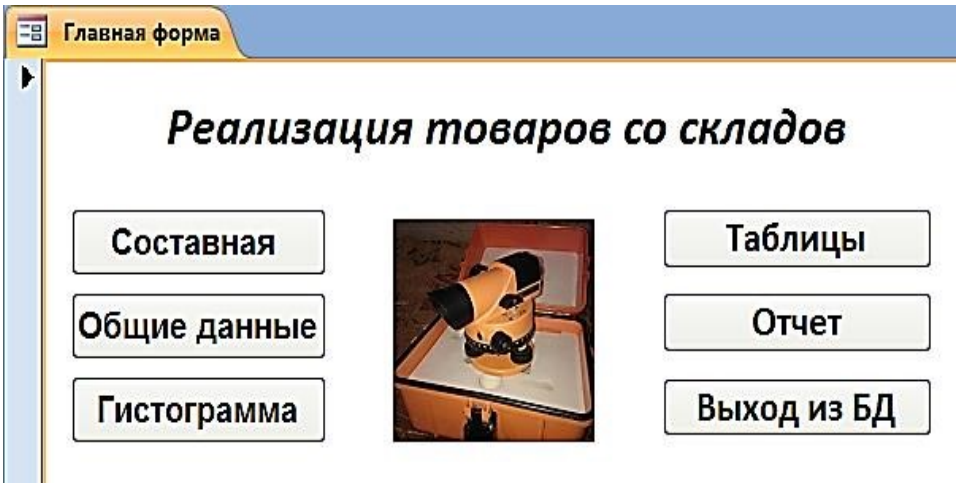



Рис. 6.14. Управляющая форма в режиме «**Формы**»

# ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

## *Указания к выполнению работы*

- Создать логическую модель базы данных: для заданной предметной области, представленной в виде перечня реквизитов, сформировать таблицы, определить в них ключевые поля, описать имена, типы и свойства полей и создать связи между таблицами.
- Создать формы для ввода данных в таблицы (простая и сложная формы). Заполнить таблицы. Каждая таблица должна содержать не менее 7 строк.
- Создать запросы по пунктам вариантов задания.
- Создать кнопочную форму для вызова созданных объектов.

## *Варианты заданий*

**Вариант № 1**

*Исходные данные:*

- ***Рабочие***: табельный номер, фамилия, имя, отчество, дата рождения.
- ***Цеха:*** наименование цеха, категория производства (основное, управление, вспомогательное).
- ***Движение по службе***: должность, оклад, тип работы (штатный, совместитель, почасовик). ○*Вычислить* общую сумму выплат за месяц по выбранному цеху, а

  также среднемесячный заработок этого цеха.

  ○ *Создать* ведомость для начисления заработной платы рабочих этого цеха.

**Вариант № 2***Исходные*

*данные:*

- ***Сотрудники:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу
- ***Оплата труда:*** должность, оклад
- ***Отделы:*** номер отдела, фамилия сотрудника *Определить:* ○ возраст сотрудников (количество полных лет) при поступлении

на работу и на текущее время; ○ количество сотрудников заданного отдела младше 30 лет; ○ минимальный размер оклада.

- ***Создать таблицу,*** которая содержит сведения о 5-и самых высокооплачиваемых сотрудниках фирмы.

**Вариант № 3**

*Исходные данные:*

***Работники:*** фамилия, имя, отчество, цех.

- ***Изделия:*** наименование изделия, категория изделия (A, B, C), стоимость изготовления.
- ***Итоги:*** шифр сборщика, количество изготовленных изделий по категориям.

*Рассчитать:* ○ общее количество изделий каждой категории;

○ общее количество изделий, собранных всеми рабочими заданного цеха;

- *Создать ведомость* для начисления заработной платы рабочих заданного цеха. Определить средний размер заработной платы работников этого цеха.

**Вариант № 4**

*Исходные данные:*

- ***Абоненты:*** фамилия, имя, отчество, телефон, дата установки.
- ***Расценки:*** тип заказа (по городу, область, Украина, Европа, …), цена 1 мин. разговора.
- ***Заказ:*** телефон вызова, вызываемый пункт, время в минутах.

○ *Рассчитать* общее количество телефонов, установленных начиная с заданного года по сегодняшний день. Выдавать по вводимой фамилии абонента номер его телефона. ○ *Создать таблицу*, которая содержит фамилии задолжников и их телефоны.

**Вариант № 5**

*Исходные данные:*

- ***Поставка:*** поставщик, дата поставки, объем поставки.
- ***Игрушки:*** артикул, наименование, цена, нижняя и верхняя возрастные границы.
- ***Чеки: номер чека, дата продажи, сумма.***

- *Определить* стоимость наиболее дорогой игрушки и ее наименование. По введенному значению *A, B* и *X*, выводить названия игрушек, которые по стоимости не превышают *X* и подходят ребенку от *A* до *B* лет. *Создать таблицу*, которая содержит следующую информацию:

наименование игрушек, которые подходят детям от *1* до *3* лет и их цены.

**Вариант № 6** *Исходные данные:*

- ***Студенты:*** фамилия, имя отчество студента; код группы, дата рождения.
- ***Предметы:*** наименование предмета, категория предмета (фундаментальный, профессионально-ориентированный, на выбор), тип аттестации (зачет, экзамен).

***Журнал:*** оценки по 5 экзаменам, признак участия в общественной работе. *Определить* общее число активистов в списке.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о начислении стипендии студентам заданной группы. Рассчитать размер стипендии по следующему алгоритму: студенту, который получил все оценки «*5*» и активно принимает участие в общественной работе, назначается повышенная стипендия – доплата 50 %; студенту, который получил «*4*» и «*5*», назначается обычная стипендия – ее необходимо задать; студенту, который получил одну оценку «*3*», но активно занимается общественной работой, также назначается обычная стипендия; другим студентам стипендия не назначается.

**Вариант № 7**

*Исходные данные:*

- ***Авторы:*** фамилия, имя отчество, название книги.
- ***Книги:*** год издания, количество экземпляров.
- ***Местоположение:*** шифр книги, номер стеллажа, номер шкафа, номер полки. *Определить* общее количество книг в коллекции, а также число книг заданного года издания. По заданному автору и названию книги выдать информацию о местонахождении книги. *Создать таблицу*, которая содержит информацию о книгах за-

данного автора, которые находятся в коллекции.

**Вариант № 8**

*Исходные данные:*

- ***Группа:*** факультет, шифр группы, фамилия куратора, должность.
- *Студент*. Фамилия студента, шифр группы, номер зачетной книжки, дата рождения, дата поступления.
- ***Результаты сессии:*** оценки по *5*-и экзаменам и результаты сдачи 5 зачетов («З» – зачет, «Н» – незачет). ○*Вычислить* средний балл, полученный каждым студентом за-

данной группы, и средний балл этой группы по каждому предмету. Определить общее количество задолженностей (по экзаменам и зачетам в сумме) каждого студента заданной группы и общее число студентов-должников той же группы.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о неуспевающих студентах: группу, фамилия и количество задолженностей.

**Вариант № 9***Исходные данные:*

- ***Рейсы:*** номер рейса, пункт назначения, время вылета, время прибытия, стоимость билета.

***Самолеты:*** шифр самолета, марка, количество посадочных мест, срок службы.

- ***Билеты:*** дата вылета, количество свободных мест в самолете.

*Определить:* ○ номера рейсов и время отправления самолетов в заданный го-

род; ○ по заданному городу и времени отправления наличие свободных мест на рейс; ○общее количество рейсов через сутки в заданный город. □*Создать таблицу,* которая содержит номера рейсов и время отправления самолетов в заданный город.

**Вариант № 10***Исходные данные:*

- ***Поставка:*** артикул обуви (артикул начинается с буквы *Ж* – для женской обуви, *М* – для мужской, *Д* – для детской обуви, например: *Д0321*), наименование, объем поставки.
- ***Обувь:*** цвет, стоимость.
- *Наличие*: размер, количество*.*

*Определить:*

- стоимость обуви заданного артикула, и какие размеры есть в

наличии; ○ общее количество пар детской обуви, имеющейся в магазине, и

ее суммарную стоимость.

- *Создать таблицу*, которая содержит информацию обо всех моделях женской обуви.

**Вариант №**

**11***Исходные данные:*

- ***Игроки:*** фамилия, имя, отчество, год рождения, название футбольного клуба.
- ***Футбольный клуб:*** название клуба, фамилия директора, фамилия главного тренера.
- ***Результаты:*** шифр игрока, число заброшенных им шайб, число сделанных им голевых передач, заработанное штрафное время.○*Вычислить* общее число шайб, забитых хоккеистами каждой ко-

манды, и суммарное штрафное время. ○*Создать таблицу*, которая содержит фамилии шести лучших

игроков, и сумму очков каждого игрока (голы + передачи).

**Вариант № 12**

*Исходные данные:*

- ***Студенты:*** фамилия, имя, дата рождения дата поступления.

***Выбор дисциплины:*** код студента, наименование пяти дисциплин (выбираемая дисциплина отмечается символом «*1*», иначе – *пробел*).

- ***Успеваемость:*** средний балл, наличие задолженности.

○ *Вычислить* количество слушателей каждой дисциплины. Определить число слушателей заданной дисциплины, у которых средний балл превышает заданный. ○*Создать таблицу*, которая содержит фамилию, группу и сред-

ний балл всех слушателей заданной дисциплины. Если число их превысит заданное, то отобрать студентов, которые имеют более высокий средний балл успеваемости.

**Вариант № 13** Исход-

ные данные:

- ***Рейсы:*** номер поезда, станция назначения, время отправления, время прибытия, стоимость билета в вагоны каждого вида отдельно.

- ***Поезда:*** количество посадочных мест в купейных вагонах, плацкартных, количество мест в вагоны повышенной комфортности.
- ***Билеты:*** дата отправления, номер поезда, наличие билетов в вагоны каждого вида отдельно.

*Определить:*

- количество свободных мест в купейные вагоны поезда с заданным номером; ○ количество поездов, которые отправляются к заданной станции

назначения.

- *Создать таблицу**,*** содержащую информацию о поездах, которые отправляются к заданной станции в заданном интервале времени (временной интервал задать двумя значениями, например, *13:00* и *18:30*).

**Вариант №**

**14***Исходные данные:*

- ***Сотрудники:*** табельный номер фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу.
- ***Отделы:*** номер отдела, количество сотрудников, фамилия начальника.
- ***Движение по службе***: должность, оклад, тип работы (штатный, совместитель, почасовик). ○*Рассчитать* стаж работы всех сотрудников; средний стаж работы сотрудников заданного отдела; количество сотрудников с окладом ниже заданного. ○*Создать таблицу*, которая содержит список сотрудников пен-

сионного возраста (на сегодняшний день) с указанием стажа работы.

○*Определить разницу* в стаже работы женщин и мужнин пенсионного возраста.

**Вариант №**

**15***Исходные данные:*

- ***Пациенты:*** фамилия, имя, отчество, пол, дата рождения, местожительство (город).
- ***Палата:*** количество мест в палате.
- ***Учет:*** дата поступления, диагноз поступления, уточненный диагноз, дата выписки, если выписался).

*Определить:* ○ количество иногородних граждан, прибывших в клинику; ○ количество пациентов с заданным диагнозом; ○ количество пациентов пенсионного возраста.

- *Создать таблицу*, которая содержит список пациентов старше заданного возраста с заданным диагнозом.

**Вариант № 16**

*Исходные данные:*

- ***Пассажир:*** фамилия, шифр багажа.
- ***Багаж:*** количество вещей, вес.
- ***Учет:*** дата сдачи, время сдачи, номер секции, номер стойки.

*Определить:* ○ общий средний вес одной вещи;

○ багаж, у которого средний вес одной вещи отличается не больше чем на 0,3 кг от общего среднего веса одной вещи; ○количество пассажиров, которые имеют больше 2 вещей. □*Создать таблицу,* содержащую информацию о багаже, вес которого превышает заданный.

**Вариант №**

**17***Исходные данные:*

- ***Компания:*** наименование компании, дата создания компании, фамилия директора, номинал акции.
- ***Курс:*** дата, продажа, покупка.
- ***Учет:*** количество проданных акций, количество купленных акций.

*Определить:* ○среднее количество проданных и купленных акций; ○максимальное различие между курсом продажи и покупки акций; ○суммарное количество акций, проданных всеми фирмами, и общую сумму, на которую они проданы.

- *Создать таблицу*, которая содержит наименование фирмы и стоимость проданных акций.

**Вариант № 18**

*Исходные данные:*

- ***Заказчик:*** фамилия, адрес, телефон.
- ***Ремонт:*** номер заказа, наименование оборудования, вид ремонта, стоимость.
- ***Учет:*** фамилия мастера, дата начала ремонта, дата окончания ремонта.

*Определить:* ○ суммарную стоимость всех заказов; ○ количество заказов на ремонт заданного вида; ○ минимальная стоимость ремонта.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о продолжительности ремонта заказов, оформленных весной: номер заказа, фамилия заказчика, наименование оборудования, продолжительность заказа.

**Вариант № 19**

*Исходные данные:*

- ***Абоненты:*** фамилия, имя, отчество, телефон, дата установки.
- ***Расценки:*** код города, стоимость *1* минуты разговора.
- ***Заказ:*** дата разговора, телефон вызова, вызываемый пункт, продолжительность в минутах. *Определить:* ○максимальную стоимость разговора; ○суммарную стоимость всех разговоров; ○общее количество разговоров в город с заданным кодом. □*Создать таблицу*, которая содержит сведения о стоимости разговоров, которые состоялись в интервале между двумя заданными датами.

**Вариант №**

**20***Исходные данные:*

- ***Товары:*** шифр товара, наименование товара, категория (*A, B, C*), страна-производитель.
- ***Поставка:*** дата поставки, поставщик (наименование фирмы), объем, оптовая цена.
- ***Учет:*** дата продажи, розничная цена, количество проданного товара.

○ По заданному шифру товара выдавать информацию о нем.

*Определить*: ○ суммарную прибыль от продажи всех товаров;

○ наименование товаров, продаваемых по наивысшей и наиболее низкой цене.

- *Создать таблицу*, которая содержит наименование товара и суммарную выручку.

**Вариант №**

**21***Исходные данные:*

- ***Продукция***: номер цеха изготовителя, наименование изделия
- ***Стоимость:*** код изделия, себестоимость
- ***Учет:*** дата изготовления, количество изготовленных изделий, цена.

*Определить:* ○ суммарное различие между себестоимостью и ценой всех изготовленных изделий; ○общее количество изделий, изготовленных до заданной даты; ○цену изделия по заданному наименованию.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о товарах, изготовленных в заданном цехе.

**Вариант №**

**22***Исходные данные:*

- ***Рабочие:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу, номер цеха.
- ***Расценки:*** разряд, стоимость одного часа.
- ***Учет:*** дата, количество отработанных часов.

*Определить*: ○ среднее количество часов, отработанных за день; ○ максимальную стоимость одного часа; ○ по заданной дате количество отработанных часов.

- *Создать таблицу*, которая содержит следующие сведения о работниках заданного цеха: ○ фамилия работника; ○ суммарная стоимость отработанного им времени.

**Вариант № 23**

*Исходные данные:*

- ***Клиенты:*** фамилия, адрес, телефон**.**
- ***Заказ:*** номер заказа, наименование изделия, фамилия мастера.
- ***Учет:*** дата приема, дата выполнения заказа, стоимость заказа.

*Определить:* ○ количество заказов, выполненных мастером с заданной фамилией; ○ стоимость самого дорого заказа; ○ среднюю стоимость заказов.

- *Создать таблицу*, которая содержит фамилию клиента, номер заказа и продолжительность его выполнения.

**Вариант № 24**

*Исходные данные*:

- ***Импортеры:*** фирма-импортер, страна, наименование товара.
- ***Поставка:*** шифр товара, объем партии в штуках, стоимость *1* штуки в условных единицах.
- ***Учет:*** дата поставки, дата получения, подтверждение приема партии. *Определить:* ○суммарный объем товаров, импортированных заданной страной;
  - ○ суммарную стоимость партии товара по заданному шифру; ○ минимальную стоимость товара.
- *Создать таблицу,* которая содержит сведения о стоимости товаров, импортированных заданной страной. Таблица должна содержать наименование товара и суммарную стоимость партии.

**Вариант №**

**25***Исходные данные:*

- ***Рабочие:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу, номер цеха.
- ***Оплата:*** разряд, оплата за изготовление одной качественной детали.
- ***Учет:*** дата, количество изготовленных деталей, количество бракованных деталей. Определить: ○общее количество бракованных деталей, изготовленных всеми мастерами заданного цеха; ○сумму штрафа за каждую бракованную деталь, которая составляет 20 % от оплаты за качественную работу; ○фамилию мастера, который изготовил максимальное количество качественных деталей.
- *Создать таблицу*, которая содержит сведения об оплате труда рабочих. Таблица должна содержать фамилию рабочего, номер цеха и сумму к выплате с учетом штрафа и налога (налог составляет 15 % от стоимости оплаты).

**Вариант №**

**26***Исходные данные:*

- ***Отделение:*** номер отделения, фамилию заведующего, номер корпуса, этаж.

- ***Лечение:*** шифр болезни, продолжительность.
- ***Оплата:*** диагностика, стоимость *1* дня лечения, затраты на лекарство.
- ***Суммарная стоимость:*** отработанного им времени.

*Определить:* ○ по названию болезни затраты на лекарство; ○ среднюю стоимость *1* дня лечения;

○ рассчитать суммарную стоимость лечения каждой болезни, включая затраты на лекарство.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о стоимости лечения в заданном отделении.

**Вариант № 27**

*Исходные данные:*

- ***Книги:*** наименование книги, фамилия автора, издательство, год издания, тираж.
- ***Магазины:*** шифр книги, номер магазина, цена.
- ***Учет продаж:*** код продажи, продано, остаток.

*Определить:* ○ количество проданных книг в данном магазине; ○ суммарную стоимость всех непроданных книг; ○ среднюю цену одной книги.

- *Создать таблицу,* которая содержит суммарную стоимость книг, проданных каждым магазином.

**Вариант №**

**28***Исходные данные:*

- ***Детали:*** наименование детали, цех-изготовитель
- ***Изготовление:*** шифр материала, шифр детали, затрата материала на *1* деталь.
- ***Учет:*** дата изготовления, количество изготовленных деталей, количество брака.

*Определить:* ○ для всех деталей суммарные затраты материала на брак; ○ количество качественных деталей; ○ деталь, на которую тратится более всего материала. □ *Создать таблицу*, которая содержит шифр детали и процент брака.

**Вариант №**

**29***Исходные данные:*

- ***Лекарство:*** название лекарства, категория (антибиотик, жаропонижающее, витамины, противовоспалительное, антидепрессант), дата изготовления, дата истечения срока.
- ***Стоимость:*** шифр лекарства, код аптеки, цена за *1* упаковку.
- ***Продажа:*** количество проданных упаковок, остаток.

*Определить:* ○ суммарное количество упаковок лекарства, проданных всеми

аптеками и принадлежащее заданной категории.

- ○ стоимость всех непроданных упаковок;
- ○ среднюю стоимость лекарства.

- *Создать таблицу*, которая содержит информацию о просроченных лекарствах: номер аптеки, название, категория и дату истечения срока.

**Вариант № 30**

*Исходные данные:*

- ***Продавцы:*** табельный номер, фамилия, имя, отчество, дата рождения.
- ***Товары:*** шифр товара, тип товара, сложность продажи (средняя, высокая);
- ***Журнал регистрации:*** количество проданных товаров по дням недели

(понедельник, вторник, ..., суббота);*Определить:* ○общее количество товаров, проданных каждым продавцом; ○фамилия продавца, который продал наибольшее число товаров, и определить день, когда он достиг наивысшей производительности труда.

- *Создать таблицу,* которая содержит следующую информацию: фамилия продавца и общее количество товаров, проданное им за неделю.

# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


***Основная литература:***

1. *Бекаревич Ю. Б., Пушкина Н. В.* СПб.: БХВ - Петербург, 2016. 464 с. (Самоучитель Microsoft Access 2013).
2. *Гурвиц Г.* Microsoft Access 2013. Разработка приложений на реальном примере:
M., 2012. 258 с.
3. *Одиночкина С. В.* Разработка баз данных в Microsoft Access 2010, НИУ ИТМО, 2012. 81 с.

***Дополнительная литература:***

1. *Домострой А.* MS Access 2013. Создание базы данных. Урок 1. Режим доступа:
https://www.youtube.com/watch?v=uCenTUX1QcQhttps://www.youtube.com/watch?v=uCenTUX1QcQ
2. *Домострой А.* MS Access 2013. Таблицы. Урок 2. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=VDuyue8ra2Qhttps://www.youtube.com/watch?v=VDuyue8ra2Q
3. *Домострой А.* MS Access 2013. Запросы. Урок 3. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=nSIHUvfBy34https://www.youtube.com/watch?v=nSIHUvfBy34
4. *Домострой А.* MS Access 2013. Формы. Урок 4. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=54ZZhSYrz8shttps://www.youtube.com/watch?v=54ZZhSYrz8s
5. *Домострой А.* MS Access 2013. Многотабличные формы. Урок 5. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=ou-1q4Q6NjYhttps://www.youtube.com/watch?v=ou-1q4Q6NjY
6. *Домострой А.* MS Access 2013. Создание отчетов. Урок 6. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=PrH-S8r0nlEhttps://www.youtube.com/watch?v=PrH-S8r0nlE
7. *Домострой А.* MS Access 2013. Главная Кнопочная форма Урок 7. Режим доступа:
https://www.youtube.com/watch?v=Ou0HJtzypOUhttps://www.youtube.com/watch?v=Ou0HJtzypOU
8. *Макарова Н. В.* Информатика: учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб: Питер, 2011. 576 с.: ил.

МІНІСТЕРСТВО НАУКІ І ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНІЯ
РОССІЙСКОЙ ФЕДЕРАЦІІІ

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

по дисциплине

# Б1.О.13 ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

Автор: Дружинин А. В., доцент, канд. техн. наук

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией |
|---|---|
| Информатики | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| к.т.н., доц. Дружинин А. В. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# Оглавление

ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП.....3
Тема 1.1 Введение в предмет. Понятие ППП.....4
Тема 1.2 Структура и основные компоненты ППП.....10
Тема 1.3 Эволюция ППП. Примеры современных ППП.....13
ЧАСТЬ II. ПППMSOFFICE.....22
Тема 2.1 Структура и состав MS Office. Основные приложения .....23
Тема 2.2 Введение в офисное программирование.....29
Тема 2.3 Макросы. Использование макрорекордера.....34
Тема 2.4 Среда разработки
VBA.....38

# ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП
# ТЕМА 1.1 ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ. ПОНЯТИЕ ППП

## Цели и задачи дисциплины

- Изучение основных принципов, используемых в разработке интегрированных программных продуктов.
- Изучение структуры, состава и назначения компонентов интегрированного ПО, а также средств организации взаимодействия между компонентами и инструментальных средств расширения функциональности.
- Формирование навыков работы со средствами автоматизации решения прикладных задач.
- Формирование навыков использования встроенных средств разработки.
- Требования к уровню освоения дисциплины
- В результате изучения дисциплины студенты должны:
- знать принципы построения прикладных информационных систем
- уметь использовать современные программные средства для обработки разнородной информации;
- уметь автоматизировать процесс решения прикладных задач с помощью встроенных языков программирования;
- иметь представление о современном состоянии и тенденциях развития рынка прикладного ПО.

## Основные понятия и определения

Информационная система (ИС) - организационно упорядоченная совокупность документов (массивов документов) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы. Информационные системы предназначены для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и представления информации.

Автоматизированная (информационная) система (АС) - совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения и/или управления данными и ин-

формацией и производства вычислений и управляемая человеком-оператором (в этом главное отличие автоматизированной системы от автоматической).

Многоуровневое представление ИС - модель представления информационной системы в виде совокупности взаимосвязанных уровней, разделенных по функциональному назначению (рис. 1).




*Рис. 1. Многоуровневое представление информационных систем.*

Аппаратное обеспечение ИС - комплекс электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав информационной системы или сети.

Программное обеспечение (ПО) — совокупность программ и данных, предназначенных для решения определенного круга задач и хранящиеся на машинных носителях.

Программа — последовательность формализованных инструкций, представляющих алгоритм решения некоторой задачи и предназначенная для исполнения устройством управления вычислительной машины. Инструкции программы записываются при помощи машинного кода или специальных языков программирования. В зависимости от контекста термин «программа» может относится к исходным текстам, при помощи которых записывается алгоритм, или к исполняемому машинному коду.

Программист - специалист, занимающийся разработкой и проверкой программ. Различают системных и прикладных программистов.

Пользователь - человек, принимающий участие в управлении объектами и система ми некоторой предметной области и являющийся составным элементом автоматизированной системы.

Прикладное программное обеспечение - программное обеспечение, ориентированное на конечного пользователя и предназначенное для решения пользовательских задач.

Прикладное ПО состоит из:

- отдельных прикладных программ и пакетов прикладных программ, предназначенных для решения различных задач пользователей;
- автоматизированных систем, созданных на основе этих пакетов.

Пакет прикладных программ - комплект программ, предназначенных для решения задач из определенной проблемной области. Обычно применение пакета прикладных программ предполагает наличие специальной документации: лицензионного свидетельства, паспорта, инструкции пользователя и т.п.

## Классификация программного обеспечения

Любая классификация подразумевает выбор некоторого группировочного признака (или нескольких), на основании которого и производится отнесение объектов к тому или иному классу. Так, при классификации программного обеспечения по способу распространения можно выделить следующие категории список не полный):

- Commercial Software - коммерческое (с ограниченными лицензией возможностями на использование), разрабатываемое для получения прибыли.
- Freeware - свободное ПО, распространяемое без ограничений на использование, модификацию и распространение.
- Shareware - условно-бесплатное ПО, с частичными ограничениями при работе в ознакомительном режиме (например, определенное количество запусков программы).
- Abandonware - «заброшенное» ПО, поддержка которого непосредственным разработчиком прекращена, но продолжается третьими лицами (например, партнерами или энтузиастами).
- Adware - ПО, в код которого включены рекламные материалы. Такое ПО распространяется бесплатно, но для отключения рекламных блоков необходима оплата.
- Careware - «благотворительное» ПО, оплату за которое разработчик (или распро странитель) просит переводить на благотворительные нужды.

При классификации программного обеспечения по назначению в качестве критерия используют уровень представления ИС, на который ориентирована та или иная программа.

Соответственно выделяют следующие классы ПО:

1. Системное ПО - решает задачи общего управления и поддержания работоспособности системы в целом. К этому классу относят операционные системы, менеджеры загрузки, драйверы устройств, программные кодеки, утилиты и программные средства защиты информации.
2. Инструментальное ПО включает средства разработки (трансляторы, отладчики, интегрированные среды, различные SDK и т.п.) и системы управления базами данных (СУБД).
3. Прикладное ПО - предназначено для решения прикладных задач конечными пользователями.

Прикладное ПО - самый обширный класс программ, в рамках которого возможна дальнейшая классификация, например, по предметным областям. В этом случае группировочным признаком является класс задач, решаемых программой. Приведем несколько примеров:

- Офисные приложения - предназначены для автоматизации офисной деятельности (текстовые редакторы и процессоры, электронные таблицы, редакторы презентаций и т.п.)
- Корпоративные информационные системы - бухгалтерские программы, системы корпоративного управления, системы управления проектами (Project Management), инструменты автоматизации документооборота (EDM-системы) и управления архивами документов (DWM-системы)
- Системы проектирования и производства - системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD/CAM-системы), системы управления технологическими (SCADA) и производственными (MES) процессами
- Научное ПО - системы математического и статистического расчета, анализа и моделирования
- Геоинформационные системы (ГИС)
- Системы поддержки принятия решений (СППР)
- Клиенты доступа к сетевым сервисам (электронная почта, веб-браузеры, передача сообщений, чат-каналы, клиенты файлообменных сетей и т.п.)
- Мультимедийное ПО - компьютерные игры, средства просмотра и редактирования аудио- и видеоинформации, графические редакторы и вьюеры, анимационные редакторы и т.п.

С точки зрения конечного пользователя такая классификация оправданна и наглядна, для разработчика же более значимым фактором является структура прикладной программы, в общем случае состоящей из нескольких компонентов. Назначение этих компонентов, связи между ними и способность к взаимодействию определяют интеграцию прикладного ПО. Чем теснее связаны программные компоненты, тем выше степень интеграции.

В зависимости от степени интеграции многочисленные прикладные программные средства можно классифицировать следующим образом[1]:

1. отдельные прикладные программы;
2. библиотеки прикладных программ;
3. пакеты прикладных программ;
4. интегрированные программные системы.

Отдельная прикладная программа пишется, как правило, на некотором высокоуровневом языке программирования (Pascal, Basic и т.п.) и предназначается для решения конкретной прикладной задачи. Такая программа может быть реализована в виде набора модулей, каждый из которых выполняет некоторую самостоятельную функцию (например, модуль пользовательского интерфейса, модуль обработки ошибок, модуль печати и т.п.).
При этом доступ к функциям модулей из внешних программ невозможен.

Библиотека представляет собой набор отдельных программ, каждая из которых решает некоторую прикладную задачу или выполняет определенные вспомогательные функции (управление памятью, обмен с внешними устройствами и т.п.). Библиотеки программ зарекомендовали себя эффективным средством решения вычислительных задач. Они интенсивно используются при решении научных и инженерных задач с помощью ЭВМ.
Условно их можно разделить на библиотеки общего назначения и специализированные библиотеки.

Пакет прикладных программ (ППП) - это комплекс взаимосвязанных программ, ориентированный на решение определенного класса задач. Формально такое определение не исключает из числа пакетов и библиотеки программ, однако у ППП, как отдельной категории, есть ряд особенностей, среди которых: ориентация на решение классов задач, унифицированный интерфейс, наличие языковых средств.

[1] Следует отметить отсутствие безусловных границ между перечисленными формами прикладного программного обеспечения

Интегрированная программная система - это комплекс программ, элементами которого являются различные пакеты и библиотеки программ. Примером служат системы автоматизированного проектирования, имеющие в своем составе несколько ППП различного назначения. Часто в подобной системе решаются задачи, относящиеся к различным классам или даже к различным предметным областям.

## Понятие пакета прикладных программ

Итак, пакет прикладных программ (ППП) – это комплекс взаимосвязанных программ для решения определенного класса задач из конкретной предметной области. На текущем этапе развития информационных технологий именно ППП являются наиболее востребованным видом прикладного ПО. Это связано с упомянутыми ранее особенностями ППП. Рассмотрим их подробней:

- Ориентация на решение класса задач. Одной из главных особенностей является ориентация ППП не на отдельную задачу, а на некоторый класс задач, в том числе и специфичных, из определенной предметной области. Так, например, офисные пакеты ориентированы на офисную деятельность, одна из задач которой - подготовка документов (в общем случае включающих не только текстовую информацию, но и таблицы, диаграммы, изображения). Следовательно, офисный пакет должен реализовывать функции обработки текста, представлять средства обработки табличной информации, средства построения диаграмм разного вида и первичные средства редактирования растровой и векторной графики.
- Наличие языковых средств. Другой особенностью ППП является наличие в его составе специализированных языковых средств, позволяющих расширить число задач, решаемых пакетом или адаптировать пакет под конкретные нужды. Пакет может представлять поддержку нескольких входных языков, поддерживающих различные парадигмы. Поддерживаемые языки могут быть использованы для формализации исходной задачи, описания алгоритма решения и начальных данных, организации доступа к внешним источникам данных, разработки программных модулей, описания модели предметной области, управления процессом решения в диалоговом режиме и других целей. Примерами входных языков ППП являются VBA в пакете MS Office, AutoLISP/VisualLISP в Autodesk AutoCAD, StarBasic в OpenOffice.org

- Единообразие работы с компонентами пакета. Еще одна особенность ППП состоит в наличии специальных системных средств, обеспечивавших унифицированную работу с компонентами. К их числу относятся специализированные банки данных, средства информационного обеспечения, средства взаимодействия пакета с операционной системой, типовой пользовательский интерфейс и т.п.
-

# ТЕМА 1.2 СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ППП

Несмотря на разнообразие конкретных пакетных разработок, их обобщенную внутреннюю структуру можно представить в виде трех взаимосвязанных элементов1 (рис. 2):

1. входной язык (макроязык, язык управления) - представляет средство общения пользователя с пакетом;
2. предметное обеспечение (функциональное наполнение) - реализует особенности конкретной предметной области;
3. системное обеспечение (системное наполнение) - представляет низкоуровневые средства, например, доступ к функциям операционной системы.

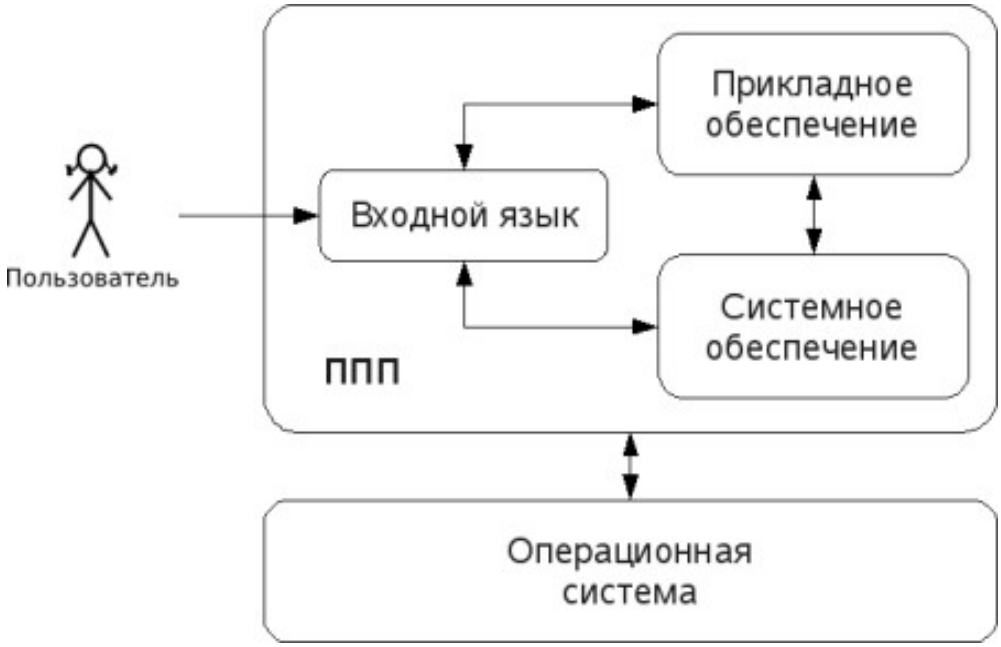



*Рис. 2. Структура ППП.*

Входной язык - основной инструмент при работе пользователя с пакетом прикладных программ. В качестве входного языка могут использоваться как универсальные (Pascal, Basic и

т.п.), так и специализированные, проблемно-ориентированные языки программирования (Cobol - для бизнес-приложений, Lisp - списочные структуры данных, Fortran и MathLAB - математические задачи и т.п.).

Развитый пакет может обладать несколькими входными языками, предназначенными для выполнения различных функций в рамках решаемого класса задач. Так, например, в пакете OpenOffice.org поддерживаются языки StarBasic, Python, JavaScript и Java. StarBasic является основным входным языком, предназначенным для автоматизации работы с пакетом, для этого языка имеется интегрированная среда разработки и встроенный отладчик. Скрипты на языках Python и JavaScript загружаются и исполняются из внешних файлов. На Java (через SDK и функции API OpenOffice) можно создавать модули расширения и полнофункциональные приложения-компоненты.

Входные языки отражают объем и качество предоставляемых пакетом возможностей, а также удобство их использования. Таким образом, именно входной язык является основным показателем возможностей ППП. Однако стоит отметить, что в современных пакетах обращение пользователя к языковым средствам обычно происходит косвенно, через графический интерфейс.

Предметное обеспечение отражает особенности решаемого класса задач из конкретной предметной области и включает:

- программные модули, реализующие алгоритмы (или их отдельные фрагменты) прикладных задач;
- средства сборки программ из отдельных модулей.

Наиболее распространено в настоящее время оформление программных модулей в виде библиотек, подключаемых статически или динамически. В зависимости от использованного разработчиками подхода к проектированию и реализации ППП такие библиотеки содержат встроенные классы и описания их интерфейсов (при использовании объектно-ориентированного программирования). При использовании парадигмы структурного программирования в библиотечных модулях содержатся процедуры и функции, предназначенные для решения некоторых самостоятельных задач. В обоих случаях библиотеки связаны с другими модулями пакета лишь входной и выходной информацией.

Системное обеспечение представляет собой совокупность низкоуровневых средств (программы, файлы, таблицы и т.д.), обеспечивающих определенную дисциплину работы

пользователя при решении прикладных задач и формирующих окружение пакета. К системному обеспечению ППП относят следующие компоненты:

- монитор - программа, управляющая взаимодействием всех компонентов ППП;
- транслятор(ы) с входных языков - для ППП характерно использование интерпретируемых языков;
- средства доступа к данным - драйверы баз данных и/или компоненты, представляющие доступ через унифицированные интерфейсы (ODBC, JDBC, ADO, BDE и т.п.);
- информационно-справочный модуль - предоставляет функции поддержки, среди которых информационные сообщения, встроенная справочная системы и т.п.

различные служебные программы, выполняющие низкоуровневые операции (автосохранение, синхронизация совместно используемых файлов и т.д.)

Приведенная логическая структура ППП достаточна условна и в конкретном ППП может отсутствовать четкое разделение программ на предметное и системное обеспечение. Например, программа планирования вычислений, относящаяся к прикладному обеспечению, может одновременно выполнять и ряд служебных функций (информационное обеспечение, связь с операционной системой и т.п.).

Кроме того, одни и те же программы в одном пакете могут относиться к предметному обеспечению, а в другом - к системному. Так, программы построения диаграмм в рамках специализированного пакета машинной графики естественно отнести к предметному обеспечению. Однако те же программы следует считать вспомогательными и относящимися к системному обеспечению, например, в пакете решения вычислительных задач.

# ТЕМА 1.3 ЭВОЛЮЦИЯ ППП. ПРИМЕРЫ СОВРЕМЕННЫХ ППП

## Этапы развития ППП

Первые ППП представляли собой простые тематические подборки программ для решения отдельных задач в той или иной прикладной области, обращение к ним выполнялось с помощью средств оболочки ОС или из других программ. Современный пакет является сложной программной системой, включающей специализированные системные и языковые средства. В относительно короткой истории развития вычислительных ППП можно выделить *4 основных поколения* (класса) пакетов. Каждый из этих: классов характеризуется определенными

особенностями входящих состав ППП компонентов - входных языков, предметного и системного обеспечения.

**Первое поколение**

В качестве входных языков ППП первого поколения использовались универсальные языки программирования (Фортран, Алгол-60 и т.п.) или языки управления заданиями соответствующих операционных систем. Проблемная ориентация входных языков достигалась за счет соответствующей мнемоники в идентификаторах. Составление заданий на таком языке практически не отличалось от написания программ на алгоритмическом языке.

Предметное обеспечение первых ППП, как правило, было организовано в форме библиотек программ, т.е. в виде наборов (пакетов) независимых программ на некотором базовом языке программирования (отсюда впервые возник и сам термин «пакет»). Такие ППП иногда называют *пакетами библиотечного типа*, или *пакетами простой структуры*.

В качестве системного обеспечения пакетов первого поколения обычно использовались штатные компоненты программного обеспечения ЭВМ: компиляторы с алгоритмических языков, редакторы текстов, средства организации библиотек программ, архивные системы и т.д. Эти пакеты не требовали сколько-нибудь развитой системной поддержки, и для их функционирования вполне хватало указанных системных средств общего назначения. В большинстве случаев разработчиками таких пакетов были прикладные программисты, которые пытались приспособить универсальные языки программирования к своим нуждам.

**Второе поколение**

Разработка ППП второго поколения осуществлялась уже с участием системных программистов. Это привело к появлению специализированных входных языков на базе универсальных языков программирования. Проблемная ориентация таких языков достигалась не только за счет использования определенной мнемоники, но также применением соответствующих языковых конструкций, которые упрощали формулировку задачи и делали ее более наглядной. Транслятор с такого языка представлял собой препроцессор (чаще всего макропроцессор) к транслятору соответствующего алгоритмического языка.

В качестве модулей в пакетах этого класса стали использоваться не только программные единицы (т.е. законченные программы на том или ином языке программирования), но и такие объекты, как последовательность операторов языка программирования, совокупность данных, схема счета и др.

Существенные изменения претерпели также принципы организации системного обеспечения ППП. В достаточно развитых пакетах второго поколения уже можно выделить элементы системного обеспечения, характерные для современных пакетов: монитор, трансляторы с входных языков, специализированные банки данных, средства описания модели предметной области и планирования вычислений и др.

**Третье поколение**

Третий этап развития ППП характеризуется появлением самостоятельных входных языков, ориентированных на пользователей-непрограммистов. Особое внимание в таких ППП уделяется системным компонентам, обеспечивающим простоту и удобство. Это достигается главным образом за счет специализации входных языков и включения в состав пакета средств автоматизированного планирования вычислений.

**Четвертое поколение**

Четвертый этап характеризуется созданием ППП, эксплуатируемых в интерактивном режиме работы. Основным преимуществом диалогового взаимодействия с ЭВМ является возможность активной обратной связи с пользователем в процессе постановки задачи, ее решения и анализа полученных результатов. Появление и интенсивное развитие различных форм диалогового общения обусловлено прежде всего прогрессом в области технических средств (графическая подсистема ЭВМ и средства мультимедиа, сетевые средства). Развитие аппаратного обеспечения повлекло за собой создание разнообразных программных средств поддержки диалогового режима работы (диалоговые операционные системы, диалоговые пакеты программ различного назначения и т. д.).

Прикладная система состоит из *диалогового монитора* - набора универсальных программ, обеспечивающих ведение диалога и обмен данными, и базы знаний об области. Информация о структуре, целях и форма диалога задает сценарий, в соответствии с который монитор управляет ходом диалога. Носителями процедурных знаний о предметной области являются прикладные модули, реализующие функции собственной системы. Таким образом, создание прикладной системы сводится к настройке диалогового монитора на конкретный диалог, путем заполнения базы знаний. При этом программировать в традиционном смысле этого слова приходится лишь прикладные модули, знания о диалоге вводятся в систему с помощью набора соответствующих средств - редактора сценариев. Логично требовать, чтобы редактор сценариев также представлял собой диалоговую программу, отвечавшую

рассмотренным выше требованиям. Благодаря готовому универсальному монитору программист может сосредоточиться на решении чисто прикладных задач, выделение же знаний о диалоге в сценарий обеспечивает в значительной степени необходимая гибкость программного продукта.

Большое внимание в настоящее время уделяется проблеме создания *«интеллектуальных ППП»*. Такой пакет позволяет конечному пользователю лишь сформулировать свою задачу в содержательных терминах, не указывая алгоритма ее решения. Синтез решения и сборка целевой программы производятся автоматически. При этом детали вычислений скрыты от пользователя, и компьютер становится интеллектуальным партнером человека, способным понимать его задачи. Предметное обеспечение подобного ППП представляет собой некоторую базу знаний, содержащую как процедурные, так и описательные знания. Такой способ решения иногда называют концептуальным программированием, характерными особенностями которого является программирование в терминах предметной области использование ЭВМ уже на этапе постановки задач, автоматический синтез программ решения задачи, накопление знаний о решаемых задачах в базе знаний.

## Краткий обзор некоторых ППП

Для иллюстрации ранее рассмотренных материалов приведем несколько примеров современных пакетов прикладных программ из различных предметных областей. Учитывая, что постоянно появляются новые версии программных продуктов, здесь будут рассматриваться не возможности конкретных версий, а лишь основные структурные компоненты, входящие в состав того или иного пакета.

**Autodesk AutoCAD**

Основное назначение ППП AutoCAD - создание чертежей и проектной документации. Современные версии этого пакета представляют существенно большие возможности, среди которых построение трехмерных твердотельных моделей, инженерно-технические расчеты и многое другое.

Первые версии системы AutoCAD, разрабатываемой американской фирмой Autodesk, появились еще в начале 80-х годов двадцатого века, и сразу же привлекли к себе внимание своим оригинальным оформлением и удобством для пользователя. Постоянное развитие системы, учет замечаний, интеграция с новыми продуктами других ведущих фирм сделали

AutoCAD мировым лидером на рынке программного обеспечения для автоматизированного проектирования.

***Языковые средства***

В основе языковых средств ППП AutoCAD - технология Visual LISP, базирующаяся на языке AutoLISP (подмножество языка LISP) и используемая для создания приложений и управления в AutoCAD. Visual LISP представляет полное окружение, включающее:

- Интегрированную среду разработки, облегчающую написание, отладку и сопровождение приложений на AutoLISP
- Доступ к объектам ActiveX и обработчикам событий
- Защиту исходного кода
- Доступ к файловым функциям операционной системы
- Расширенные функции языка LISP для обработки списочных структур данных.

Для разработчиков совместимых приложений в AutoCAD включена поддержка ObjectARX. Это программное окружение представляет объектно-ориентированный интерфейс для приложений на языках C++, C# и VB.NET и обеспечивает прямой доступ к структурам БД, графической подсистеме и встроенным командам пакета.

Кроме того, в AutoCAD имеется поддержка языка Visual Basic for Applications (VBA), что позволяет использовать этот пакет совместно с другими приложениями, в частности, из семейства Microsoft Office.

***Предметное обеспечение***

К предметному обеспечению пакета в первую очередь относятся функции построения примитивов - различных элементов чертежа. Простые примитивы - это такие объекты как точка, отрезок, круг (окружность) и т.д. К сложным примитивам относятся: полилиния, мультилиния, мультитекст (многострочный текст), размер, выноска, допуск, штриховка, вхождение блока или внешней ссылки, атрибут, растровое изображение. Кроме того, есть пространственные примитивы, видовые экраны и пр. Операции построения *большей части* примитивов могут быть выполнены через пользовательский интерфейс, *все* - через команды языка.

Высокоуровневые средства представлены расширениями и приложениями AutoCAD для конкретных предметных областей. Например в машиностроении используется Autodesk

Mechanical Desktop - предназначенный для сложного трехмерного моделирования, в том числе валов и пружин. Для проектирования деталей из листовых материалов предназначена система Copra Sheet Metal Bender Desktop (разработчик - Data-M Software GmbH). Моделирование динамики работы механизмов может выполняться в системе Dynamic Designer (Mechanical Dynamics). В числе известных архитектурных и строительных приложений можно отметить системы АРКО (АПИО-Центр), СПДС GraphiCS (Consistent Software), ArchiCAD. Для проектирования промышленных объектов может использоваться система PLANT-4D (CEA Technology). Это лишь некоторые из областей использования AutoCAD.

***Системное обеспечение***

Среди системного обеспечения следует отметить основной формат файлов AutoCAD .dwg, который стал стандартом «де факто» для прочих САПР.

К системному же обеспечению относятся типовые и специализированные библиотеки деталей и шаблонов, использование которых позволяет существенно ускорить процесс проектирования. Здесь же упомянем требования отраслевых и государственных стандартов, которым должны соответствовать чертежи и спецификации.

Конфигурация и настройки различных режимов AutoCAD устанавливаются через т.н. системные переменные. Изменяя их значения можно задавать пути к файлам, точность вычислений, формат вывода и многое другое.

**Adobe Flash**

Adobe (ранее Macromedia) Flash - это технология и инструментарий разработки интерактивного содержания с большими функциональными возможностями для цифровых, веб- и мобильных платформ. Она позволяет создавать компактные, масштабируемые анимированные приложения (ролики), которые можно использовать как отдельно, так и встраивая в различное окружение (в частности, в веб-страницы). Эти возможности обеспечиваются следующими компонентами технологии: языком Action Script, векторным форматом .swf и видеоформатом .flv, всевозможными flash-плейерами для просмотра и редакторами для создания.

Рассмотрим интегрированную среду Adobe Flash как основное средство создания flash-приложений. При этом отметим, что языковые и системные средства относятся не только к этому пакету, а к технологии в целом.

***Язык ActionScript***

ActionScript — объектно-ориентированный язык программирования, который добавляет интерактивность, обработку данных и многое другое в содержимое Flash-приложений. Синтаксис ActionScript основан на спецификации ECMAScript (сюда же относятся языки JavaScript и JScript). Библиотека классов ActionScript, написанная на C++, представляет доступ к графическим примитивам, фильтрам, принтерам, геометрическим функциям и пр.

ActionScript как язык появился с выходом 5 версии Adobe (тогда еще Macromedia) Flash, которая стала первой программируемой на ActionScript средой. Первый релиз языка назывался ActionScript 1.0. Flash 6 (MX). В 2004 году Macromedia представила новую версию ActionScript 2.0 вместе с выходом Flash 7 (MX 2004), в которой было введено строгое определение типов, основанное на классах программирование: наследование, интерфейсы и т. д. Также Macromedia была выпущена модификация языка Flash Lite для программирования под мобильные телефоны. ActionScript 2.0 является не более чем надстройкой над ActionScript 1.0, то есть на этапе компиляции ActionScript 2.0 осуществляет некую проверку и превращает классы, методы ActionScript 2.0 в прежние прототипы и функции ActionScript 1.0.

В 2005 году вышел ActionScript 3.0 в среде программирования Adobe Flex, а позже в Adobe Flash 9.

ActionScript 3.0 (текущая версия на момент подготовки этого материала) представляет, по сравнению с ActionScript 2.0 качественное изменение, он использует новую виртуальную машину AVM 2.0 и дает взамен прежнего формального синтаксиса классов настоящее классовое (class-based) Объектно-ориентированное программирование. ActionScript 3.0 существенно производительней предыдущих версий и по скорости приблизился к таким языкам программирования, как Java и C++.

С помощью ActionScript можно создавать интерактивные мультимедиа-приложения, игры, веб-сайты и многое другое.

***Системное обеспечение***

ActionScript исполняется виртуальной машиной (ActionScript Virtual Machine), которая является составной частью Flash Player. ActionScript компилируется в байткод, который включается в SWF-файл.

SWF-файлы исполняются Flash Player-ом. Flash Player существует в виде плагина к веб-браузеру, а также как самостоятельное исполняемое приложение. Во втором случае возможно создание исполняемых exe-файлов, когда swf-файл включается во Flash Player.

Для создания и просмотра видеофайлов в формате flv используются программные кодеки, поддерживающие этот формат.

***Прикладное обеспечение***

К прикладному обеспечению в рамках технологии Flash относятся средства создания роликов в форматах .swf, .flv и .exe. Основным инструментом является среда среда Adode Flash, включающая различные средства для создания и редактирования мультимедийного содержания, в т.ч. видео- и аудиофайлов, интегрированную среду разработки на ActionScript и множество дополнительных функций упрощения процесса создания роликов.

**Пакет MatLab**

MatLab (сокращение от англ. «Matrix Laboratory») — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений, и язык программирования, используемый в этом пакете. По данным фирмы-разработчика, более 1000000 инженерных и научных работников используют этот пакет, который работает на большинстве современных операционных систем, включая GNU/Linux, Mac OS, Solaris и Microsoft Windows.

***Язык MatLab***

MATLAB как язык программирования был разработан Кливом Моулером (англ. Cleve Moler) в конце 1970-х годов. Целью разработки служила задача использования программных математических библиотек Linpack и EISPACK без необходимости изучения языка Фортран. Акцент был сделан на матричные алгоритмы.

Программы, написанные на MATLAB, бывают двух типов — функции и скрипты. Функции имеют входные и выходные аргументы, а также собственное рабочее пространство для хранения промежуточных результатов вычислений и переменных. Скрипты же используют общее рабочее пространство. Как скрипты, так и функции не компилируются в машинный код, а сохраняются в виде текстовых файлов. Существует также возможность сохранять так называемые pre-parsed программы — функции и скрипты, приведенные в вид, удобный для машинного исполнения и, как следствие, более быстрые по сравнению с обычными.

***Системное обеспечение***

Язык MATLAB является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования. Имеются интерфейсы для получения доступа к внешним данным, клиентам и серверам, общающимся через технологии Component Object Model (COM) или Dynamic Data Exchange (DDE), а также периферийным устройствам, которые взаимодействуют напрямую с MATLAB. Многие из этих возможностей известны под названием MATLAB API.

Встроенная среда разработки позволяет создавать графические интерфейсы пользователя с различными элементами управления, такими как кнопки, поля ввода и другими. С помощью компонента MATLAB Compiler эти графические интерфейсы могут быть преобразованы в самостоятельные приложения.

Для MATLAB имеется возможность создавать специальные наборы инструментов (англ. toolbox), расширяющие его функциональность. Наборы инструментов представляют собой коллекции функций, написанных на языке MATLAB для решения определенного класса задач.

***Прикладное обеспечение***

MATLAB предоставляет удобные средства для разработки алгоритмов, включая высокоуровневые с использованием концепций объектно-ориентированного программирования. В нем имеются все необходимые средства интегрированной среды разработки, включая отладчик и профайлер.

MATLAB предоставляет пользователю большое количество (несколько сотен) функций для анализа данных, покрывающие практически все области математики, в частности:

- Матрицы и линейная алгебра — алгебра матриц, линейные уравнения, собственные значения и вектора, сингулярности, факторизация матриц и другие.
- Многочлены и интерполяция — корни многочленов, операции над многочленами и их дифференцирование, интерполяция и экстраполяция кривых и другие.
- Математическая статистика и анализ данных — статистические функции, статистическая регрессия, цифровая фильтрация, быстрое преобразование Фурье и другие.
- Обработка данных — набор специальных функций, включая построение графиков, оптимизацию, поиск нулей, численное интегрирование (в квадратурах) и другие.

- Дифференциальные уравнения — решение дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений с запаздыванием, уравнений с ограничениями, уравнений в частных производных и другие.
- Разреженные матрицы — специальный класс данных пакета MATLAB, использующийся в специализированных приложениях.

В составе пакета имеется большое количество функций для построения графиков, в том числе трехмерных, визуального анализа данных и создания анимированных роликов, функции для создания алгоритмов для микроконтроллеров и других приложений.

# ЧАСТЬ II. ППП MSOFFICE

## ТЕМА 2.1 СТРУКТУРА И СОСТАВ MS OFFICE. ОСНОВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

### Структура MS Office и назначение компонентов

ППП Microsoft Office - это совокупность программных средств автоматизации офисной деятельности. В состав пакета входит множество приложений, каждое из которых предназначено для выполнения определенных функций и может быть использовано автономно и независимо от остальных. Весь набор офисных приложений можно разделить на *основные* и *дополнительные*.

**Основные компоненты Microsoft Office**

Список и назначение основных компонентов, входящих в состав Microsoft Office приведен в таб. 1.

*Таблица 1. Основные компоненты Microsoft Office*

| Название приложения | Функциональное назначение приложения |
|---|---|
| Microsoft Word | Текстовый процессор |
| Microsoft Excel | Табличный процессор |
| Microsoft PowerPoint | Система подготовки презентаций |
| Outlook | Система управления персональной информацией |
| Microsoft Access | Система управления базами данных |
| Microsoft Binder | Система управления подшивками |

| | |
|---|---|
| Microsoft FrontPage | Система управления Web-узлами |
| Microsoft PhotoDraw | Графический редактор |
| Microsoft Publisher | Настольная издательская система |
| Microsoft Project | Система управления проектами |
| Microsoft Team Manager | Система управления персоналом |

**Дополнительные компоненты MS Office**

Кроме основных компонентов, в семейство Microsoft Office входит большое количество вспомогательных приложений, которые устанавливаются (или не устанавливаются) вместе с основными. Ими можно воспользоваться из основных приложений или вызвать независимо. В таб. 2 перечислены некоторые из вспомогательных приложений.

*Таблица 2. Некоторые вспомогательные приложения Microsoft Office*

| **Название приложения** | **Функциональное назначение приложения** |
|---|---|
| Microsoft Query | Интерпретатор запросов к внешним базам данных |
| Microsoft Organization Chart | Программа рисования блок-схем |
| Microsoft WordArt | Программа создания фигурных текстов |
| Microsoft Equation | Редактор математических формул |
| Microsoft Map | Программа отображения данных на географических картах |
| Microsoft Graph | Программа построения диаграмм |
| Microsoft Photo Editor | Графический редактор |
| Microsoft Draw | Средство рисования |
| Microsoft Find Fast | Служба индексации документов |
| Microsoft Extended Finder | Средство поиска документов в папках файловой системы и электронной почты |
| Microsoft Script Editor | Редактор сценариев |
| Microsoft ClipArt | Коллекция картинок и клипов |
| Панель Microsoft Office | Средство быстрого доступа к приложениям Office |

Кроме основных и вспомогательных приложений, могут быть установлены и использованы различные расширения (надстройки). Их можно условно разделить на три группы:

1. *Самостоятельные приложения*, разработанные фирмой Microsoft, которые являются компонентами семейства Microsoft Office, но формально не входят в состав пакета. Примерами являются приложения Microsoft Project и Microsoft Team Manager.
2. *Надстройки* над компонентами Microsoft Office, разработанные фирмой Microsoft и представляющие собой дополнительные функции. Как правило, надстройки оформляются не в виде готовых к выполнению программ, а в виде документов специального типа: шаблонов, рабочих книг, библиотек динамической компоновки (DLL) и т.п.
3. *Приложения третьих фирм*, разработанные для пользователей Microsoft Office. В этот класс попадают как продукты сторонних фирм, так и собственные разработки пользователей. Сюда можно отнести средства распознавания текстов (OCR), автоматического перевода текста, средства управления большими массивами документов (перечисленные задачи не реализованы или слабо развиты в самом пакете MS
   Office).

Приведенный перечень основных компонентов носит условный характер, поскольку состав пакета зависит от следующих факторов:

1. *Устанавливаемый комплект (или редакция) пакета*. Пакет выпускается в нескольких редакциях, и состав приложений в разных редакциях различен.
2. *Источник установки. Установка* может быть выполнена с компакт-диска или с сетевого сервера. Наборы файлов, которые устанавливаются на компьютер, существенно различаются.
3. *Операционная система*. Microsoft Office может работать под управлением различных ОС: MS Windows и Mac OS. Эти операционные системы могут иметь разные версии и модификации, что также влияет на состав устанавливаемых компонентов.

4. *Наличие на компьютере в момент установки предшествующих версий*. Некоторые компоненты старых версий автоматически включаются в состав обновляемой версии Microsoft Office (если они уже установлены на компьютере).
5. *Параметры, заданные при установке*. В случае так называемой выборочной (т.е. по выбору пользователя) установки, можно указать несколько десятков независимых параметров, влияющих на состав пакета.

Несмотря на большое число различных приложений в составе пакета, все они в совокупности образуют единое целое. Для каждого из приложений MS Office характерно наличие следующих отличительных признаков:

1. совместимость по данным;
2. унифицированный интерфейс;
3. единые средства программирования.

## Документы Microsoft Office

Единица данных самого верхнего уровня структуризации в Microsoft Office называется **документом**.

Документы классифицируются по типам в зависимости от того, какого сорта информация в них хранится. Как правило, документы разных типов обрабатываются разными приложениями Microsoft Office. Основные типы документов, с которыми работают программы Microsoft Office, перечислены в таб. 3.

*Таблица 3. Основные типы документов Microsoft Office*

| Название | Расширение | Приложение | Краткое описание |
|---|---|---|---|
| Документ | .doc | Word | Основной тип документов Word. Содержит форматированный текст, т.е. текст с дополнительной информацией о шрифтах, отступах, интервалах и т.п., а также рисунки, таблицы и другие элементы |
| Рабочая книга | .xls | Excel | Основной тип документов Excel. Содержит данные различных типов: формулы, диаграммы и макросы |
| База данных | .mdb | Access | Основной тип документов Access. Содержит как собственно базу данных, то есть совокупность таблиц, так и соответствующие запросы, макросы, модули, формы и отчеты |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Презентация | .ppt | PowerPoint | Основной тип документов PowerPoint. Содержит презентацию, состоящую из набора слайдов, заметок выступающего, раздаточных материалов и другой информации |
| Публикация | .pub | Publisher | Основной тип документов Publisher. Как и Word, содержит форматированный текст, рисунки, таблицы и т.п. |
| План проекта | .mpp | Project | Основной тип документов Project. Содержит календарный план проекта, описание задач, ресурсов и их взаимосвязи |

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод: входящие в состав пакета MS Office приложения способны тесно взаимодействовать при решении прикладных задач; они создают единую информационную среду и позволяют обмениваться объектами. Документы Microsoft Office являются частными примерами объектов. Поэтому Microsoft Office является *документо-ориентированным пакетом* (средой).

## Программная среда

Основным средством разработки приложений в MS Office является комплексное решение на основе языка Visual Basic, а именно - Visual Basic for Application (VBA). Эта технология включает макрорекордер, интерпретатор Visual Basic, интегрированную среду разработки с встроенным отладчиком, библиотеки времени выполнения (runtime library) и библиотеки типов, представляющие объекты пакета. Эти средства позволяют расширять функциональность пакета и адаптировать его к решению специализированных задач.

## Интерфейс MS Office

Приложения Microsoft Office имеют унифицированный интерфейс, суть которого заключается в следующем: сходные функции имеют одинаковое обозначение (название команды или значок на кнопке), а несходные функции имеют различные обозначения.

В большей степени унификация коснулась интерфейсов таких приложений, как Microsoft Word, Microsoft Excel и Microsoft PowerPoint.

Одним из достоинств пакета Microsoft Office является последовательное использование графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface, GUI), представляемого операционной системой и различных элементов управления. Как

правило, отдельные элементы группируются в более крупные конструкции, такие как окна, панели инструментов, меню. Рассмотрим характеристику каждой из этих групп.

**Оконный интерфейс**

Оконный интерфейс - такой способ организации пользовательского интерфейса программы, когда каждая интегральная часть располагается в *окне* — собственном субэкранном пространстве, находящемся в произвольном месте «над» основным экраном. Несколько окон одновременно располагающихся на экране могут перекрываться, находясь
«выше» или «ниже» друг относительно друг

В MS Office использует окна четырех типов:

- окно приложения;
- окно документа; • диалоговое окно;
- форма.

**Панели инструментов**

Панели инструментов - это элементы пользовательского интерфейса, на которых могут располагаются такие элементы управления, как кнопки быстрого вызова и раскрывающиеся списки. Панели инструментов разных приложений могут содержать кнопки, сходные по функциям и внешнему виду, что упрощает освоение интерфейса Microsoft Office.

Панели инструментов могут быть:

- пристыкованными вдоль границы окна приложения;
- плавающими, т.е. находится в любой части окна приложения;
- представленными в отдельных окнах; в этом случае форму и размеры панели инструментов можно менять произвольно.

**Меню**

Меню представляет доступ к иерархическим спискам доступных команд. Результатом выбора команды из меню может быть:

- непосредственное выполнение некоторого действия;
- раскрытие еще одного меню;

- раскрытие диалогового окна или формы.

Меню интерфейса Microsoft Office, кроме строки меню любого приложения, можно разделить (по способу перехода к ним) на раскрывающиеся и контекстные (или всплывающие).

**Элементы управления**

*Элементы управления* - это объекты оконного интерфейса, реализующие типовые операции с интерфейсом: щелчок мышью, выбор из списка, выбор вариантов, прокрутка и т.п. К элементам управления относятся следующие: кнопки, текстовые поля (или поля ввода), флажки, переключатели, списки и раскрывающиеся списки, полосы прокрутки, палитры, счетчики и прочие, специфичные для некоторых приложений или условий.

# ТЕМА 2.2 ВВЕДЕНИЕ В ОФИСНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Офисное программирование — это процесс разработки приложений, предназначенных для автоматизации офисной деятельности с использованием специализированных пакетов (MS Office, OpenOffice.org или подобных).

Офисное программирование имеет ряд особенностей, отличающих его от программирования в общем смысле:

- цели разработки;
- область применения;
- макроязык;
- среда разработки;
- поддержка объектно-ориентированного программирования.

Рассмотрим эти особенности на примере MS Office.

## Цели разработки

В офисной среде *программный проект неразрывно связан с документом*, хранится как часть документа и не может существовать независимо от него. *Документ, а не программа, является целью разработки.*

Стандартные возможности среды по работе с документами велики. Однако возможность изменить типовой документ, снабдив его дополнительными функциями – это одна из важнейших задач офисного программирования. Для ее решения офисная среда представляет совокупность библиотек классов, которые составляют каркас (Framework)

текстовых документов, электронных таблиц, презентаций, баз данных и приложений на основе этих документов. Всякий раз, когда создается новый документ, его каркас составляют объекты библиотек, заданные по умолчанию. Этот каркас можно существенно изменить, добавив в документ новые свойства. Расширение каркаса не требует от программиста значительных усилий – достаточно включить в него необходимые библиотеки классов.

## Область применения

Область применения офисного программирования широка – от настройки отдельных документов до решения задач автоматизации офисной деятельности масштаба предприятия, в т.ч. ориентированных на совместную работу в глобальной сети.

## Visual Basic for Application

*Visual Basic для приложений (Visual Basic for Application, VBA)* – это инструмент разработки приложений, который позволяет создавать программные продукты, решающие практически все задачи, встречающиеся в среде Windows. Эти продукты можно использовать, например, для оформления документов (подготовки текстов) или анализа данных таблиц (электронных таблиц). VBA – уникальное приложение, поскольку оно встраивается в другое приложение и расширяет его функциональные возможности.

Visual Basic for Application (VBA) - стандартный макроязык пакета Microsoft Office, предназначенный для расширения функциональных возможностей приложения в котором используется.

С помощью VBA можно:

- создать собственное диалоговое окно и придать ему требуемый внешний вид;
- создать макросы, расширяющие функциональные возможности приложения, в которое встроен VBA;
- изменить меню приложения Microsoft Office;
- управлять другим приложением Microsoft Office или принадлежащими ему данными;
- объединить данные из нескольких приложений Microsoft Office в одном документе;
- автоматически создавать или изменять страницы Web, совместно используя приложения Microsoft Office и VBA.

Для разработчика доступны следующие инструменты и средства, которые используются при создании проекта VBA:

- отладка приложений без предварительной компиляции;
- средства Win32 API;
- SQL и объекты доступа к данным для управления данными и извлечения их из внешних источников данных, таких как Microsoft SQL Server;
- построение и проверка элементов интерфейса непосредственно в среде разработки VBA (Integrated Development Environment, IDE);
- связывание программ и процедур с событиями, которые возникают в приложениях VBA.

## Среда разработки

Среда приложений Office ориентирована в первую очередь на пользователей, а не на программистов и в ней можно создавать документы без всякого программирования. Поэтому программист обычно начинает работать с документами не на пустом месте, а с их заготовками, созданными пользователями, т.е. и сам программист может выступать в роли пользователя. Средства совместной работы над документами Office обеспечивают одновременную работу программистов и пользователей.

Среда MS Office предлагает два способа создания программ, отличающихся подходом к процессу: использование макрорекордера и ручное кодирование (на языке VBA). Эти подходы ориентированы на разные категории: непосредственно пользователей и программистов соответственно.

*Макрорекордер (MacroRecorder)* – это программный инструмент, записывающий действия пользователя при работе с документами и приложениями, с сохранением записи в виде макроса -исходного кода на языке VBA. При вызове сохраненного макроса воспроизводится вся сохраненная последовательность действий.

Макрорекордер представляет возможность создания программного проекта или, по крайней мере, его отдельных компонентов автоматически, без программирования. Для записи и воспроизведения макроса не требуется специальных знаний, поэтому пользователь может самостоятельно создавать программы (макросы), в общем случае даже не представляя себе, как они работают.

Для программиста макрорекордер полезен тем, что позволяет создавать фрагменты программы автоматически, тем самым увеличивая скорость разработки и уменьшая время отладки.

*Интегрированная среда разработки* на VBA (Visual Basic Environment, VBA) - встроенное в MS Office средство для написания, тестирования и отладки приложений на VBA. Среда VBA представляет все возможности для создания законченных офисных приложений, включая средства визуального проектирования пользовательского интерфейса. VBA ориентирована на использование программистами для разработки офисных приложений (это отнюдь не означает, что пользователи не могут применять VBA).

## Поддержка ООП

Разработка приложений для MS Office тесно связана с парадигмой объектно-ориентированного программирования. Все документы (более того, сами компоненты пакета) в MS Office - суть объекты, наделенные собственными наборами свойств (характеристик объекта), методов (подпрограмм управления свойствами) и событий (подпрограмм, обрабатывающих изменения состояния объекта в результате некоторых действий). Соответственно, для обеспечения более полной интеграции с пакетом, входной язык (VBA) также поддерживает ООП.

Все объекты приложения MS Office образуют иерархическую структуру, которая определяет связь между ними и способ доступа. Такая структура называется объектной моделью (object model). За рамки объектной модели выходят, но также могут использоваться в офисных приложениях, внешние объекты, поддерживающие технологии DDE, OLE/ActiveX и ряд других.

В объектно-ориентированную концепцию удачно вписывается технология *визуального программирования*. Все отображаемые элементы графического интерфейса, такие как формы, элементы управления, меню и панели инструментов являются объектами, наделенными набором свойств и методов и способными реагировать на события (например, щелчки мыши, нажатия клавиш и т.п.). При визуальном подходе не требуется программного задания (хотя это и возможно) их основных свойств (например, ширина или высота, цвет фона и т.п.). Эти свойства можно задать при помощи мыши (например, ширину и высоту формы путем операции "перетаскивания" маркеров) или

установить их в окне свойств (название формы, цвет фона формы и т. д.). Таким образом, визуальное программирование делает проектирование интерфейса программы более наглядным и быстрым. При этом сохраняется возможность управлять всеми объектами и программно.

## Преимущества офисного программирования

Преимущества, которые получает конечный пользователь, использующий программируемые офисные документы:

- Пользователь получает документы, обладающие новыми функциями и способные решать задачи, характерные для проблемной области пользователя.
- Пользователь находится в единой офисной среде независимо от того, с каким документом он работает в данный момент и какой программист разрабатывал этот документ.
- Большинство доступных при работе с документами функций являются общими для всех документов, поскольку их предоставляет сама офисная среда. Единый стиль интерфейса разных документов облегчает работу с ними.
- Пользователь сам, не будучи программистом, способен создавать простые виды программируемых офисных документов, постепенно совершенствуясь в этой деятельности.

Преимущества, которые получает программист, работающий в Office:

- В распоряжении программиста находится мощная интегрированная среда. Для него эта среда представлена в виде совокупности хорошо организованных объектов, доступных в языке программирования и по принципу работы ничем не отличающихся от встроенных объектов языка или объектов, создаваемых самим программистом.
- Большинство повседневных задач становятся для него простыми, – чтобы их решить, зачастую достаточно стандартных средств.
- Там, где стандартных средств не хватает, где у документа должны появиться новые функциональные возможности, где необходимо создать документ по заказу, вступает в силу язык программирования – VBA, существенная особенность которого – возможность работы с объектами любого из приложений Office.

- Офисное программирование позволяет применять на практике идеи компонентного программирования. Компонентный подход предполагает взаимодействие компонентов, создаваемых в разных программных средах, на разных языках, на разных платформах и находящихся на разных машинах. Работа с компонентами (DLL, ActiveX, AddIns, ComAddIns) является неотъемлемой частью офисного программирования.

# ТЕМА 2.3 МАКРОСЫ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОРЕКОРДЕРА

## Макросы

Независимо от используемых операционной системы и программных приложений MS Office пользователь часто выполняет одни и те же последовательности команд для многих рутинных задач. Вместо повторения последовательности команд каждый раз, когда необходимо выполнить какую-либо задачу, можно создать макрос (macro), который вместо пользователя будет выполнять эту последовательность. Термин macro произошел от греческого слова, означающего расширенный или растянутый.

**Макрос** – это программа (в контексте офисного программирования - созданная автоматически), состоящая из списка команд, которые должны быть выполнены приложением.

Основными преимуществами использования макросов являются:

- повышение точности и скорости работы, поскольку компьютеры лучше приспособлены для выполнения повторяющихся задач, чем человек;
- при выполнении макросов обычно нет необходимости в присутствии человека-оператора; в случае, если макрос очень длинный и выполняет операции, требующие значительного времени (например, поиск в базе данных и сортировка), пользователь может переключиться на другое приложение.

Макрос служит для объединения нескольких различных действий в одну процедуру, которую можно легко вызвать. Этот список команд состоит в основном из макрокоманд, которые тесно связаны с приложением, в котором создается макрос – т.е. с командами Word, Excel или других приложений Microsoft Office.

Можно выделить *три основные разновидности макросов*:

1. *Командные макросы* – это наиболее распространенные макросы, обычно состоящие из операторов, эквивалентным тем или иным командам меню или параметрам диалоговых окон. Основным предназначением такого макроса является выполнение действий, аналогичных командам меню – т.е. изменение окружения и основных объектов приложения.
2. *Пользовательские функции* – работают аналогично встроенным функциям приложения. Отличие этих функций от командных макросов состоит в том, что они используют значения передаваемых им аргументов, производят некоторые вычисления и возвращают результат в точку вызова, но не изменяют среды приложения.
3. *Макрофункции* – представляют сочетание командных макросов и пользовательских функций. Они могут использовать аргументы и возвращать результат, подобно пользовательским функциям, а также могут изменять среду приложения, как и командные макросы. Чаще всего эти макросы вызываются из других макросов, и активно используются для модульного программирования.

Поддержка макросов позволяет порой обойтись вообще безо всякого программирования: достаточно включить автоматическую запись выполняемых пользователем действий и в результате получить готовый макрос, а затем назначить ему кнопку на панели инструментов или новую команду меню, которые будут использоваться для вызова. Простые макросы удается создавать, не написав вручную ни одной строки программного кода.

Для разработки же серьезных приложений приходится программировать.

Таким образом, различают 2 способа разработки макроса:

- автоматическое создание, с использованием макрорекордера;
- написание макроса "с нуля", используя язык программирования VBA.

Отметим, что возможен и комбинированный подход: фрагменты будущей программы записываются автоматически, а затем они корректируются и дополняются "рукописным" кодом.

Для записи макросов из приложений Microsoft Office используется **макрорекордер**. Это встроенный инструмент, который фиксирует все действия пользователя, включая ошибки и неправильные запуски. При выполнении макроса интерпретируется каждая

записанная макрорекордером команда точно в такой последовательности, в которой пользователь выполнял их во время записи.

Для **записи макроса** в приложении Microsoft Office можно использовать меню "Сервис/Макрос/Начать запись" или выбрать кнопку "Записать макрос" на панели инструментов Visual Basic. До начала записи нужно указать имя макроса и определить, где он будет храниться и как будет доступен. Затем выполнить действия, которые требуется сохранить в макросе. Для завершения записи нужно на панели инструментов "Остановка записи" щелкнуть кнопку "Остановить запись".

Для **выполнения макроса** необходимо:

1. Установить курсор в место вставки выполнения макроса.
2. Выбрать пункт меню "Сервис/Макрос/Макросы".
3. В появившемся диалоговом окне "Макрос" выбрать имя нужного макроса и выбрать "Выполнить".

Чтобы **просмотреть код** записанного макроса, надо выбрать меню "Сервис/Макрос/Макросы". В появившемся диалоговом окне выбрать имя нужного макроса и щелкнуть кнопку "Изменить". Исходный код указанного макроса будет загружен в окно редактора Visual Basic.

## Структура записанного макроса

Макросы, создаваемые макрорекордером MS Office, сохраняются в специальной части файла данных, называемой *модулем*. Модуль VBA содержит исходный код программы на языке VBA. Фактически макрос является подпрограммой (а точнее, процедурой) VBA. Записанный макрос имеет строго определенную структуру. Ниже представлен исходный код простого макроса, созданного в Microsoft Word.

**Листинг 1. Пример макроса**

```
Sub Hello()
' Макрос изменяет размер, начертание шрифта, выравнивание абзаца и
' выводит надпись в активный документ MS Word
'
    Selection.Font.Size = 24
    Selection.Font.Bold = wdToggle
    Selection.ParagraphFormat.Alignment = wdAlignParagraphCenter
```

```
    Selection.TypeText Text:="Hello, World!"
End Sub
```

В общем виде структуру кода макроса можно представить следующим образом[2]:

```
Sub имяМакроса ()
' текст комментария
    Оператор1
    Оператор2 ...
    ОператорN
End Sub
```

Каждый макрос VBA начинается с ключевого слова Sub, за которым следует имя макроса. Строку, содержащую ключевое слово Sub и имя макроса, называют *строкой объявления (declaration)* макроса. За именем макроса всегда следуют пустые круглые скобки (т.к. макрос является процедурой VBA без параметров).

За строкой объявления макроса следуют строки комментариев. *Комментарий (comment)* – это строка в макросе VBA, которая не содержит инструкций, являющихся частью этого макроса. Каждая строка комментария начинается с символа апострофа ( ' ). Комментарии содержат имя макроса и текст, который был введен пользователем в текстовое поле "Описание" ("Description") диалогового окна "Запись макроса" ("Record Macro") в момент записи этого макроса.

Сразу за объявлением макроса следует *тело макроса (body)*. Каждая строка в теле макроса состоит из одного или более операторов VBA. *Оператор VBA (statement)* – это последовательность ключевых слов и других символов, которые вместе составляют одну полную инструкцию для VBA. Макрос VBA состоит из одного или нескольких операторов.

Конец макроса выделяется ключевой строкой End Sub, завершающей тело макроса.

# ТЕМА 2.4 СРЕДА РАЗРАБОТКИ VBA

Visual Basic for Application (VBA) – это система программирования, которая используется как единое средство программирования во всех приложениях Microsoft

[2] Локализованные версии пакета MS Office позволяют использовать в макросах символы национальных алфавитов (например, в идентификаторах). Однако не следует пользоваться этой сомнительной возможностью во избежании сложностей с отладкой и портированием приложений на VBA.

Office. Всякая система программирования включает в себя, по меньшей мере, три составные части:

1. Язык (или языки) программирования.
2. Среду разработки, т.е. набор инструментов для написания программ, редактирования, отладки и т.п.
3. Библиотеку (или библиотеки) стандартных программ, т.е. набор готовых программ (процедур, функций, объектов и т.д.), которые можно использовать как готовые элементы при построении новых программ.

Для создания офисных приложений в MS Office имеется *интегрированная среда разработки* (Integrated Development Environment, *IDE*) с унифицированным интерфейсом. VBA IDE – это набор инструментов разработки программного обеспечения, таких как редактор Visual Basic (Visual Basic Editor, VBA), средства отладки, средства управления проектом и т.д.

Вызов VBA IDE из любого приложения выполняется через комбинацию клавиш Alt+F11 или меню "Сервис/Макрос/Редактор Visual Basic".

## Структура VBA

VBA – это стандартное интерфейсное окно, содержащее меню, панели инструментов, другие окна и элементы, которые применяются при создании проектов VBA. Общий вид окна редактора Visual Basic представлен на рис. 3.

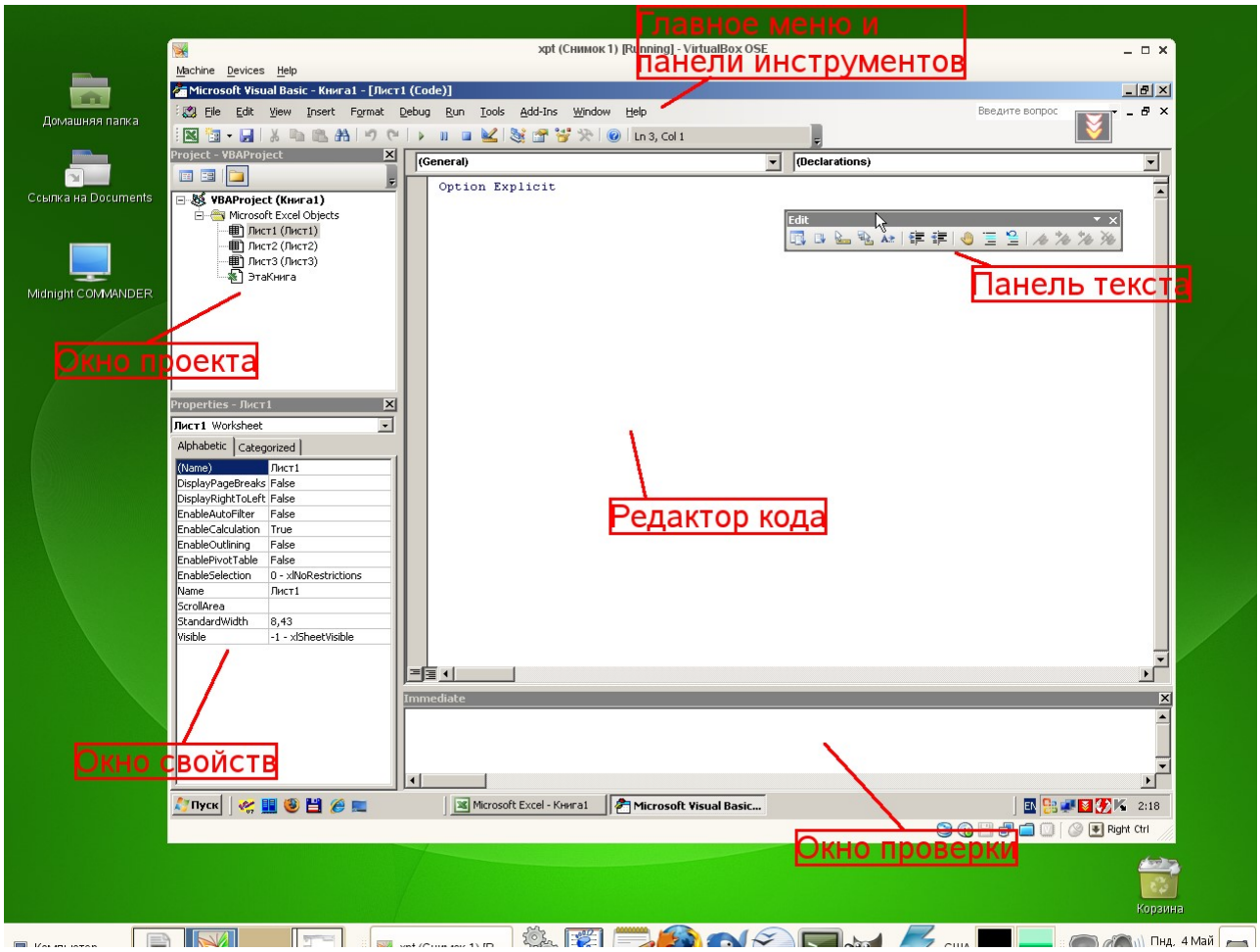



*Рисунок 3. Окно редактора Visual Basic*

Основными (открывающимися по умолчанию) являются три окна: окно проекта, окно свойств и окно редактирования кода. Краткое описание этих и некоторых других компонентов VBA приведено в таб. 4. Все они доступны через команды, представленные в меню "Вид".

*Таблица 4. Назначение компонентов VBA*

| **Наименование окна** | **Описание** |
|---|---|
| Project (Проект) | Предназначено для отображения всех открытых проектов, а также их составляющих: модулей, форм и ссылок на другие проекты |
| Toolbox (Панель элементов) | Содержит элементы управления для конструирования форм |
| UserForm | Используется для создания форм путем размещения на них элементов |

| Наименование окна | Описание |
|---|---|
| | управления |
| Code (Программа) | Предназначено для просмотра, написания и редактирования программы на языке VBA. Поскольку среда разработки является многооконной, то для каждого модуля проекта можно открыть отдельное окно |
| Properties (Свойства) | Отображает свойства выделенных объектов. В этом окне можно задавать новые значения свойств формы и элементов управления |
| Object Browser (Просмотр объектов) | Отображает классы, свойства, методы, события и константы различных библиотек объектов. Используется для быстрого получения информации об объектах |
| Immediate (Проверка) | Предназначено для быстрого выполнения вводимых в него инструкций. В данном окне также выводятся результаты выполнения вводимых инструкций |
| Locals (Локальные переменные) | Автоматически показывает все переменные данной процедуры |
| Watches (Контрольные значения) | Применяется при отладке программ для просмотра значений выражений |

## Характеристики компонентов VBA

**Окно проекта (Project)**

**Проект** – это совокупность всех программных модулей, связанных с документом Microsoft Office. Окно *Project (Проект)* предназначено для быстрого получения информации о различных составляющих проекта.

Проект может содержать модули следующих видов:

- *Объекты основного приложения*. Проекты VBA выполняются совместно с другими приложениями. Приложение, в котором разрабатывается и выполняется проект VBA, называется основным.
- *Модули форм*. В VBA имеется возможность создавать пользовательские формы, предназначенные для ввода или вывода данных, а также процедуры обработки событий, возникающие в этих формах.

- *Модули кода*. Модульность - один из основных принципов парадигмы структурного программирования. Каждый модуль, как правило, содержит подпрограммы, сход-

  ные по назначению. Небольшие модули проще отлаживать и использовать повторно. В частности, в VBA имеются средства импорта/экспорта готового кода.
- *Модули классов*. VBA позволяет создавать и использовать собственные объекты. Описание объектов включается в модули класса. Каждый модуль класса содержит полную информацию об одном типе объекта.

С помощью окна проекта можно добавить или удалить какой-либо объект из проекта. Модули кода добавляются в проект командой "Вставить/Модуль". Формы создаются командой "Вставить/UserForm", а модули класса командой "Вставить/Модуль класса".

Окно проекта можно использовать также для быстрой навигации по формам проекта и программному коду. Для этого необходимо выбрать в контекстном меню соответственно команды "Объект" или "Программа".

**Окно свойств (Properties)**

Список свойств выделенного объекта выводится в окне Properties (Свойства). Для того чтобы выделить объект, необходимо с помощью окна проекта выбрать форму и перейти в режим конструктора, используя команду "View Object". Свойства объекта можно упорядочить в алфавитном порядке (Alphabetic (По алфавиту)) или по категориям (Categorized (По категориям)), выбрав соответствующую вкладку. Предусмотрена также возможность получения быстрой справки по какому-либо свойству объекта. Для этого достаточно установить курсор на нужное свойство и нажать клавишу F1.

**Окно просмотра объектов(Object Browser)**

Окно Object Browser (Просмотр объектов) предназначено для просмотра объектов, доступных при создании программы. Точнее, в этом окне отображаются не сами объекты, а структура соответствующего класса объектов. Окно просмотра объектов может использоваться для поиска метода или свойства объекта.

**Окно Code (Окно редактирования кода)**

Окно Code (Программа) представляет собой текстовый редактор, предназначенный для написания и редактирования кода процедур приложения. Это окно появляется на экране, например, при создании нового модуля. Код внутри модуля организован в виде отдельных разделов для каждого объекта, программируемого в модуле. Переключение между разделами выполняется путем выбора значений из списка "Object" ("Объект"), который находится в левом верхнем углу окна. Каждый раздел может содержать несколько процедур, которые можно выбрать из списка "Procedure" ("Процедура") в правом верхнем углу.

*Интеллектуальные возможности редактора кода:*

1. При написании кода пользователю предлагается список компонентов, логически завершающих вводимую пользователем инструкцию.
2. На экране автоматически отображаются сведения о процедурах, функциях, свойствах и методах после набора их имени.
3. Автоматически проверяется синтаксис набранной строки кода сразу после нажатия клавиши Enter. В результате проверки выполняется выделение определенных фрагментов текста:
   - красным цветом – синтаксические ошибки; • синим цветом – зарезервированные ключевые слова;
   - зеленым цветом – комментарии.
4. Если курсор расположить на ключевом слове VBA, имени процедуры, функции, свойства или метода и нажать клавишу F1, то на экране появится окно со справочной информацией об этой функции.

**Окно редактирования форм (UserForm)**

Для создания диалоговых окон, разрабатываемых приложений VBA, используются формы. Редактор форм является одним из основных средств визуального программирования. При добавлении формы в проект (команда "Insert" – "UserForm" ("Вставить" – "UserForm")) на экран выводится незаполненная форма с панелью инструментов Toolbox (Панель элементов).

Используя панель инструментов Toolbox (Панель элементов) из незаполненной формы конструируется требуемое для приложения диалоговое окно. Размеры формы и

размещаемых на ней элементов управления можно изменять. Также окно редактирования форм поддерживает операции буфера обмена. Кроме того, команды меню "Format" ("Формат") автоматизируют и облегчают процесс выравнивания элементов управления как по их взаимному местоположению, так и по размерам.

**Окна отладочной информации**

*Окно Immediate (Проверка)* позволяет ввести инструкцию и выполнить ее. При этом инструкция должна быть записана в одну строку, директивы которой будут выполнены после нажатия клавиши Enter. Данное окно можно использовать для быстрой проверки действий, выполняемой той или иной инструкцией. Это позволяет не запускать всю процедуру, что удобно при отладке программ.

*Окно Locals (Локальные переменные)* автоматически отображает все объявленные переменные текущей процедуры и их значения.

*Окно Watches (Контрольные значения)* применяется при отладке программ для просмотра значений выражений.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
| Философии и культурологии | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Беляев В.П. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол №1 от 01.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 17 |
| | Заключение | 20 |
| | Список использованных источников | 21 |


Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

## 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, учебно-исследовательская, 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, учебно-исследовательская, 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 Интернет-ресурсов. 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].

---

[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

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.

## 2. Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

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 научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*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).

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.

## 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:

- информированность 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, логико-графическими 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: систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков; добросовестное выполнение заданий; выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
| Философии и культурологии | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Беляев В.П. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол №1 от 01.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 17 |
| | Заключение | 20 |
| | Список использованных источников | 21 |


Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

## 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, учебно-исследовательская, 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, учебно-исследовательская, 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 Интернет-ресурсов. 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].

---

[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

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.

## 2. Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

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 научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*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).

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.

## 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:

- информированность 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, логико-графическими 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: систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков; добросовестное выполнение заданий; выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

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.

# ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

## ГОСТ 2.301-68 — ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.304—81, ГОСТ 2.305-68 — ГОСТ 2.307—68, ГОСТ 2.308—79, ГОСТ 2.309—73, ГОСТ 2.310—68, ГОСТ 2.311—68, ГОСТ 2.312—72, ГОСТ 2.313—82, ГОСТ 2.314-68 — ГОСТ 2.316-68, ГОСТ 2.317—69, ГОСТ 2.318—81, ГОСТ 2.320—82, ГОСТ 2.321—84

**Издание официальное**

**ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ**
**Москва**

# ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

ГОСТ 2.301-68 — ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.304—81,
ГОСТ 2.305-68 — ГОСТ 2.307—68, ГОСТ 2.308—79,
ГОСТ 2.309—73, ГОСТ 2.310—68, ГОСТ 2.311—68,
ГОСТ 2.312—72, ГОСТ 2.313—82, ГОСТ 2.314-68 — ГОСТ 2.316-68,
ГОСТ 2.317—69, ГОСТ 2.318—81, ГОСТ 2.320—82, ГОСТ 2.321—84

Издание официальное

Москва
2001

© ИПК Издательство стандартов, 2001

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ФОРМАТЫ

Unified system for design documentation.
Formats

**ГОСТ 2.301—68***
**Взамен**
**ГОСТ 3450—60**

**Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**

**Срок введения установлен** **с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает форматы листов чертежей и других документов, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1181—78, СТ СЭВ 6306—88.

**(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

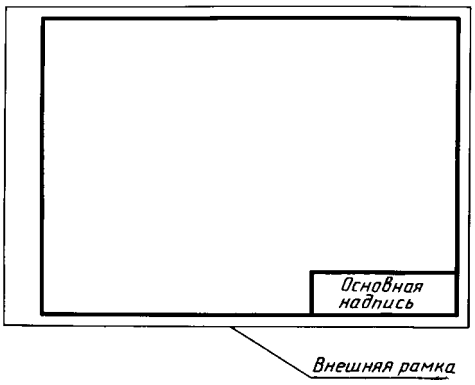
2. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (черт. 1).

3. Формат с размерами сторон 1189 × 841 мм, площадь которого равна 1 м$^2$, и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

4. Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1

| Обозначение формата | Размеры сторон формата,мм |
|---|---|
| A0 | 841 × 1189 |
| A1 | 594 × 841 |
| A2 | 420 × 594 |
| A3 | 297 × 420 |
| A4 | 210 × 297 |




Черт. 1

При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148 × 210 мм.

5. Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам.

Размеры производных форматов, как правило, следует выбирать по табл. 2.

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в декабре 1980 г., марте 1989 г. (ИУС 3—81, 7—89)*

Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности согласно табл. 2, например, А0 × 2, А4 × 8 и т. д.

Таблица 2

мм

| Кратность | Формат | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | А0 | А1 | А2 | А3 | А4 |
| 2 | 1189 × 1682 | — | — | — | — |
| 3 | 1189 × 2523 | 841 × 1783 | 594 × 1261 | 420 × 891 | 297 × 630 |
| 4 | — | 841 × 2378 | 594 × 1682 | 420 × 1189 | 297 × 841 |
| 5 | — | — | 594 × 2102 | 420 × 1486 | 297 × 1051 |
| 6 | — | — | — | 420 × 1783 | 297 × 1261 |
| 7 | — | — | — | 420 × 2080 | 297 × 1471 |
| 8 | — | — | — | — | 297 × 1682 |
| 9 | — | — | — | — | 297 × 1892 |

6. Предельные отклонения сторон форматов — по табл. 3.

Таблица 3

мм

| Размеры сторон форматов | Предельные отклонения |
|---|---|
| до 150 | ±1,5 |
| св. 150 до 600 | ±2,0 |
| св. 600 | ±3,0 |

4—6. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

7, 8. **(Исключены, Изм. № 1).**

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# МАСШТАБЫ

Unified system for design documentation.
Scales

**ГОСТ 2.302—68***
**Взамен**
**ГОСТ 3451—59**

**Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**

**Срок введения установлен** **с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт не распространяется на чертежи, полученные фотографированием, а также на иллюстрации в печатных изданиях и т. п.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2а. Внастоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**масштаб:** Отношене линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре;

**масштаб натуральной величины:** Масштаб с отношением 1:1;

**масштаб увеличения:** Масштаб с отношением большим,чем 1:1 (2:1 и т.д.);

**масштаб уменьшения:** Масштаб с отношением меньшим,чем 1:1 (1:2 и т.д.).

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

2. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда:

| | |
|---|---|
| Масштабы уменьшения | 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40<br>1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000 |
| Натуральная величина | 1:1 |
| Масштабы увеличения | 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1 |

3. При проектировании генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

4. Внеобходимых случаях допускается применять масштабы увеличения $(100n):1$,где $n$ — целое число.

5. Масштаб,указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа,должен обозначаться по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т.д.

Изменение № 2 принято Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 17 от 22.06.2000)

За принятие изменения проголосовали:

| Наименование государства | Наименование национального органа по стандартизации |
|---|---|
| Азербайджанская Республика | Азгосстандарт |
| Республика Беларусь | Госстандарт Республики Беларусь |
| Кыргызская Республика | Кыргызстандарт |
| Республика Молдова | Молдовастандарт |
| Российская Федерация | Госстандарт России |
| Республика Таджикистан | Таджикгосстандарт |
| Туркменистан | Главгосинспекция «Туркменстандартлары» |
| Республика Узбекистан | Узгосстандарт |
| Украина | Госстандарт Украины |

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в феврале 1980 г., декабре 2000 г. (ИУС 4—80, 3—2001)*

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ЛИНИИ

Unified system for design documentation.
Lines

**ГОСТ 2.303—68***

**Взамен ГОСТ 3456—59**

**Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г. Срок введения установлен**

**с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Специальные назначения линий (изображение резьбы, шлицев, границы зон с различной шероховатостью и т.д.) определены в соответствующих стандартах Единой системы конструкторской документации.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 1178—78, СТ СЭВ 6306—88.

**(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

2. Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий должны соответствовать указанным в табл. 1. Примеры применения линий показаны на черт. 1—9.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

3. Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединить штрих-пунктирной тонкой линией.



4. В строительных чертежах в разрезах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, допускается выполнять сплошной тонкой линией (черт. 9).

5. Толщина сплошной основной линии *s* должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

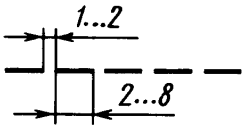
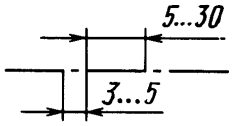
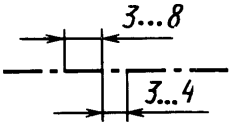
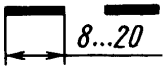
Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

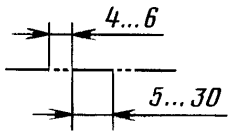
★

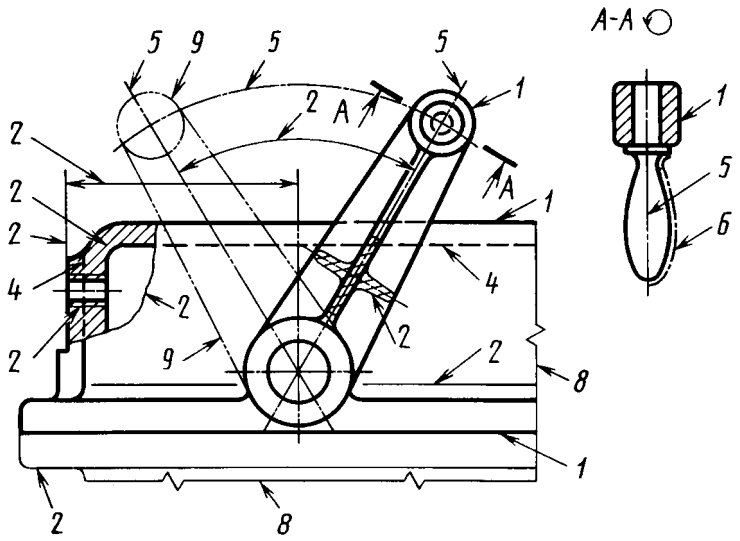
** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в феврале 1980 г., марте 1989 г. (ИУС 4—80, 7—89)*

Таблица 1

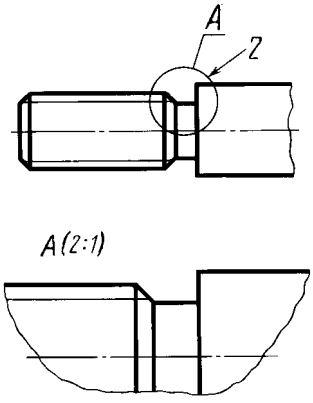
| Наименование | Начертание | Толщина линии по отношению к толщине основной линии | Основное назначение |
|---|---|---|---|
| 1. Сплошная толстая основная |  | $s$ | Линии видимого контура<br>Линии перехода видимые<br>Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза) |
| 2. Сплошная тонкая |  | От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$ | Линии контура наложенного сечения<br>Линии размерные и выносные<br>Линии штриховки<br>Линии-выноски<br>Полки линий-выносок и подчеркивание надписей<br>Линии для изображения пограничных деталей («обстановка»)<br>Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях<br>Линии перехода воображаемые<br>Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях |
| 3. Сплошная волнистая |  | | Линии обрыва<br>Линии разграничения вида и разреза |
| 4. Штриховая |  | | Линии невидимого контура<br>Линии перехода невидимые |
| 5. Штрихпунктирная тонкая |  | От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$ | Линии осевые и центровые<br>Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений |
| 6. Штрихпунктирная утолщенная |  | От $\frac{s}{3}$ до $\frac{2}{3}s$ | Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию<br>Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция») |
| 7. Разомкнутая |  | От $s$ до $1\frac{1}{2}s$ | Линии сечений |

*Окончание табл. 1*

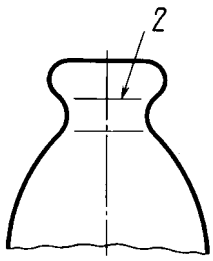
| Наименование | Начертание | Толщина линии по отношению к толщине основной линии | Основное назначение |
|---|---|---|---|
| 8. Сплошная тонкая с изломами |  | От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$ | Длинные линии обрыва |
| 9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая |   | От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$ | Линии сгиба на развертках.<br>Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях.<br>Линии для изображения развертки, совмещенной с видом |



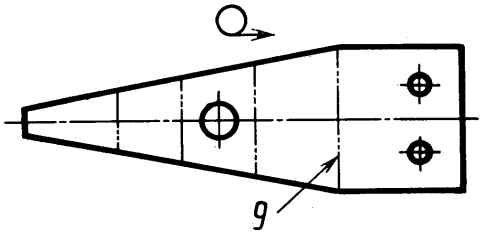

Черт.1



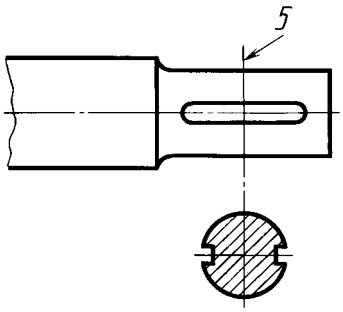

Черт.
2



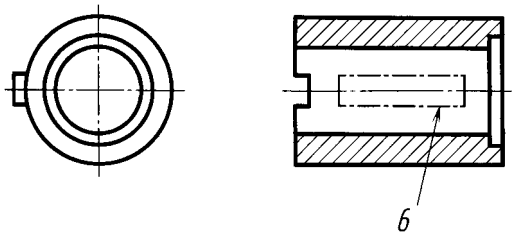

Черт.
3




Черт.4



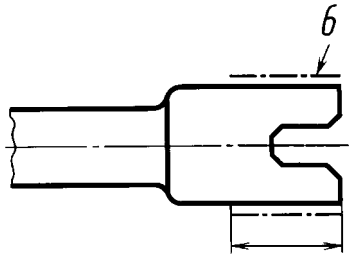

Черт.5



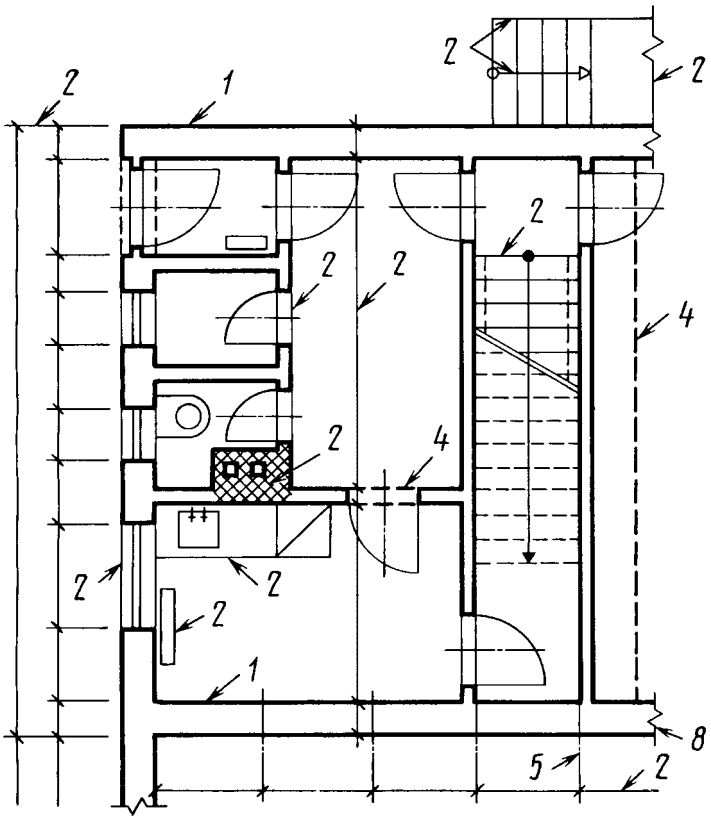

Черт.6




Черт.7




Черт.8




Черт.9

Примечание. Номера позиций на черт. 1—9 соответствуют номерам пунктов табл. 1.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

6. Наименьшая толщина линий и наименьшее расстояние между линиями в зависимости от формата чертежа должна соответствовать указанным в табл. 2.

Таблица 2

| Формат чертежа | Наименьшая толщина линий в мм, выполненных | | Наименьшее расстояние между линиями в мм, выполненными | |
|---|---|---|---|---|
| | в туши | в карандаше | в туши | в карандаше |
| С размером большей стороны 841 мм и более | 0,3 | | 0,8 | 1,0 |
| С размером большей стороны менее 841 мм | 0,2 | 0,3 | 0,8 | |

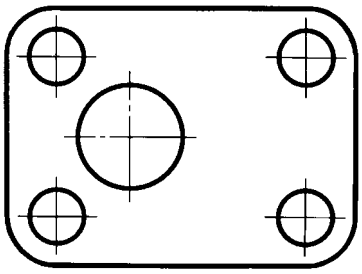
7. Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения.

8. Штрихи в линии должны быть приблизительно одинаковой длины.

9. Промежутки между штрихами в линии должны быть приблизительно одинаковой длины.

10. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами.

11. Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм (черт. 10).



Черт.10

УДК 003.07:744:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ

**ГОСТ 2.304—81**

Unified system for design documentation.
Letters for drawings

**Дата введения 01.01.82**

Настоящий стандарт устанавливает чертежные шрифты, наносимые на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства.

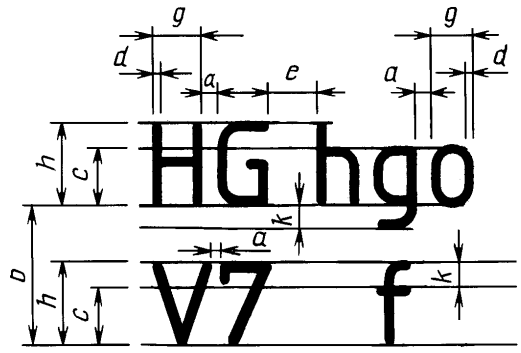
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 851-78—СТ СЭВ 855-78, СТ СЭВ 6306—88.

## 1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

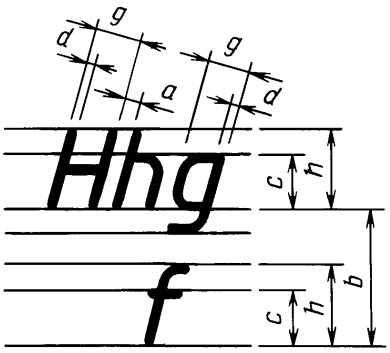
1.1. **Размер шрифта** *h* — величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах.

1.2. Высота прописных букв *h* измеряется перпендикулярно к основанию строки.

Высота строчных букв *c* определяется из отношения их высоты (без отростков *k*) к размеру шрифта *h*, например, $c = 7/10h$ (черт. 1 и 2).




Черт.1

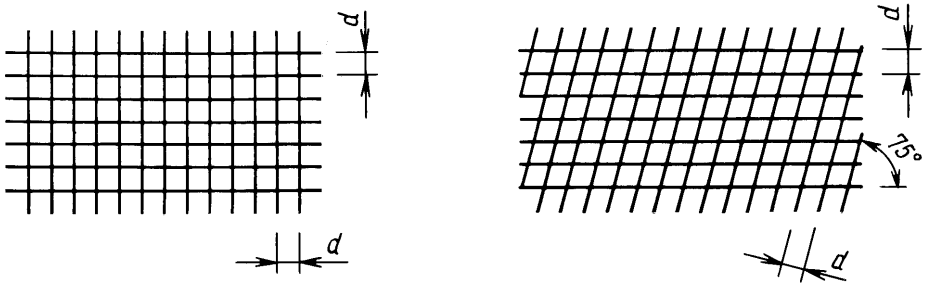



Черт.2

1.3. **Ширина буквы** *g* — наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с черт. 1 и 2, определяется по отношению к размеру шрифта *h*, например, $g = 6/10h$, или по отношению к толщине линии шрифта *d*, например, $g = 6d$.

1.4. **Толщина линии шрифта** *d* — толщина, определяемая в зависимости от типа и высоты шрифта.

1.5. **Вспомогательная сетка** — сетка, образованная вспомогательными линиями, в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта *d* (черт. 3).




Черт.3

## 2. ТИПЫ И РАЗМЕРЫ ШРИФТА

2.1. Устанавливаются следующие типы шрифта:
тип А без наклона ($d = 1/14\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 1;
тип А с наклоном около 75° ($d = 1/14\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 1;
тип Б без наклона ($d = 1/10\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 2;
тип Б с наклоном около 75° ($d = 1/10\ h$) с параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

**Шрифт типа А ($d = h/14$)**

| Параметры шрифта | Обозначение | Относительный размер | | Размеры, мм | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Размер шрифта — высота прописных букв | *h* | $(14/14)\ h$ | 14 *d* | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 7,0 | 10,0 | 14,0 | 20,0 |
| высота строчных букв | *c* | $(10/14)\ h$ | 10 *d* | 1,8 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 7,0 | 10,0 | 14,0 |
| Расстояние между буквами | *a* | $(2/14)\ h$ | 2 *d* | 0,35 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 2,0 | 2,8 |
| Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки) | *b* | $(22/14)\ h$ | 22 *d* | 4,0 | 5,5 | 8,0 | 11,0 | 16,0 | 22,0 | 31,0 |
| Минимальное расстояние между словами | *e* | $(6/14)\ h$ | 6 *d* | 1,1 | 1,5 | 2,1 | 3,0 | 4,2 | 6,0 | 8,4 |
| Толщина линий шрифта | *d* | $(1/14)\ h$ | *d* | 0,18 | 0,25 | 0,35 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,4 |

Таблица 2

**Шрифт типа Б ($d = h/10$)**

| Параметры шрифта | Обозначение | Относительный размер | | Размеры, мм | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Размер шрифта — высота прописных букв | $h$ | $(10/10)\,h$ | $10\,d$ | 1,8 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 7,0 | 10,0 | 14,0 | 20,0 |
| высота строчных букв | $c$ | $(7/10)\,h$ | $7\,d$ | 1,3 | 1,8 | 2,5 | 3,5 | 5,0 | 7,0 | 10,0 | 14,0 |
| Расстояние между буквами | $a$ | $(2/10)\,h$ | $2\,d$ | 0,35 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 2,0 | 2,8 | 4,0 |
| Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки) | $b$ | $(17/10)\,h$ | $17\,d$ | 3,1 | 4,3 | 6,0 | 8,5 | 12,0 | 17,0 | 24,0 | 34,0 |
| Минимальное расстояние между словами | $e$ | $(6/10)\,h$ | $6\,d$ | 1,1 | 1,5 | 2,1 | 3,0 | 4,2 | 6,0 | 8,4 | 12,0 |
| Толщина линий шрифта | $d$ | $(1/10)\,h$ | $d$ | 0,18 | 0,25 | 0,35 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 2,0 |

Примечания:

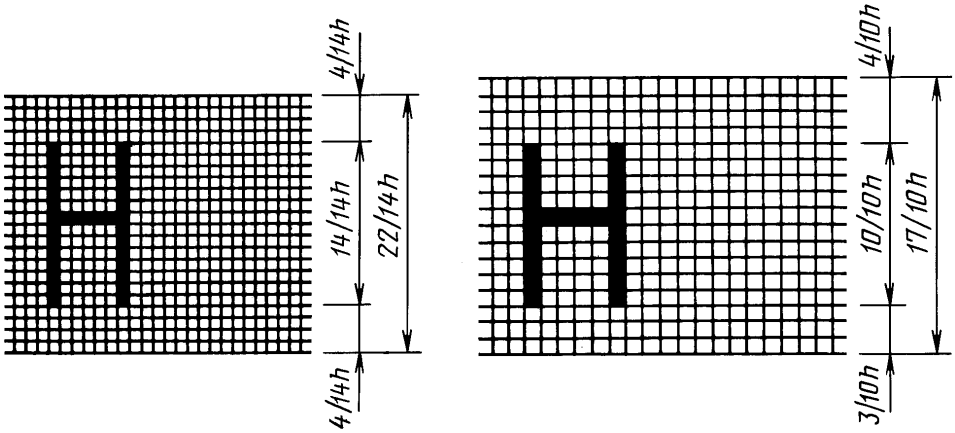
1. Расстояние $a$ между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, *ГА, АТ*), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину $d$ линии шрифта.

2. Минимальным расстоянием между словами $e$, разделенными знаком препинания, является расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

2.2. Устанавливаются следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Примечание. Применение шрифта размером 1,8 не рекомендуется и допускается только для типа Б.

2.3. Построение шрифта во вспомогательной сетке показано на черт. 4.




Черт.4

2.4. Предельные отклонения размеров букв и цифр ±0,5 мм.

## 3. РУССКИЙ АЛФАВИТ (КИРИЛЛИЦА)

3.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 5




Черт.

3.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 6.




Черт.6

3.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 7.




Черт.7

3.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 8.




Черт.8

## 4. ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ

4.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 9.




Черт.9

4.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 10.



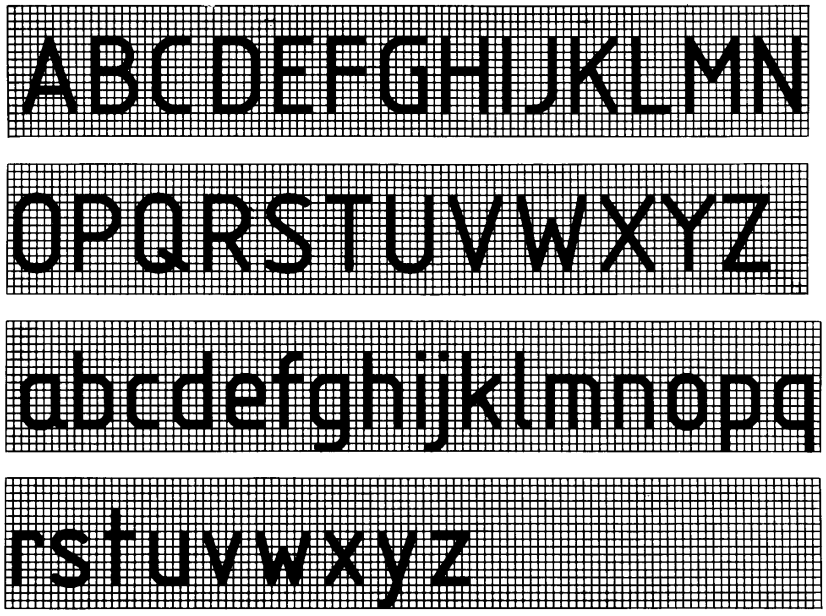

Черт.10

4.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 11.




Черт.11

4.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 12.




Черт.12

4.5. Виды, форма и расположение диакритических знаков для шрифтов типов А и Б без наклона приведены в справочном приложении.

Диакритические знаки для шрифтов с наклоном следует выполнять по тем же правилам.

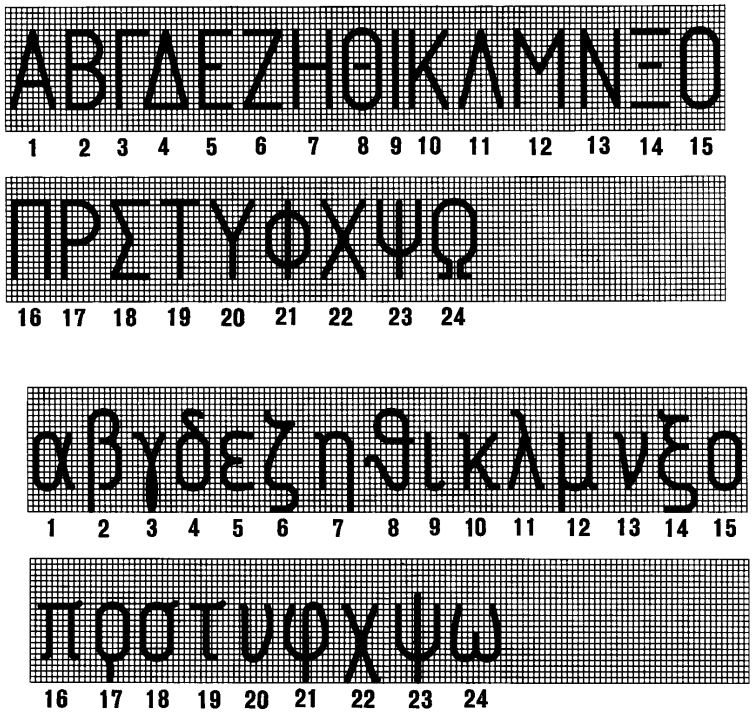
## 5. ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

5.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 13.




Черт.13

5.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 14.




Черт.14

5.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 15.




Черт.15

5.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 16.



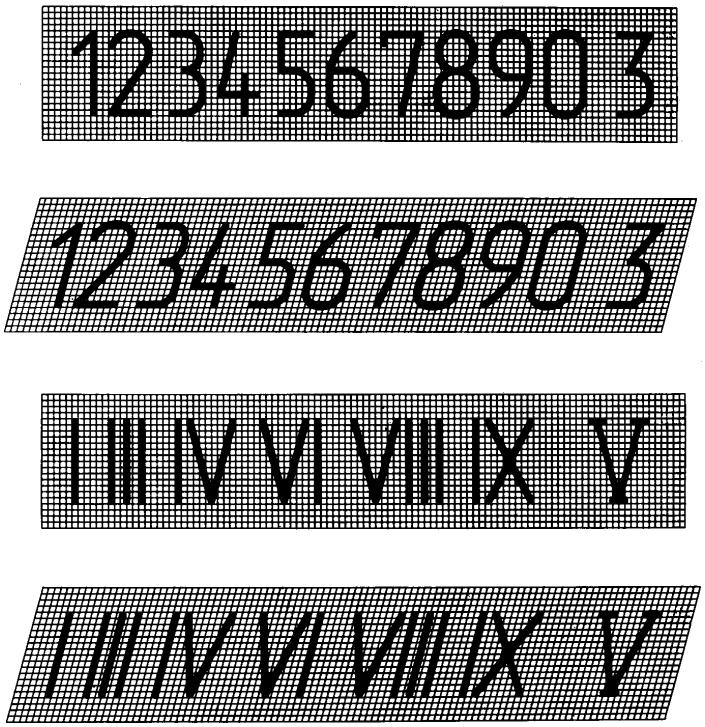

Черт.16

5.5. Наименование букв греческого алфавита, приведенных на черт. 13—16:

| | | |
|---|---|---|
| 1 — альфа | 9 — йота | 17 — ро |
| 2 — бета | 10 — каппа | 18 — сигма |
| 3 — гамма | 11 — ламбда | 19 — тау |
| 4 — дельта | 12 — мю | 20 — ипсилон |
| 5 — эпсилон | 13 — ню | 21 — фи |
| 6 — дзета | 14 — кси | 22 — хи |
| 7 — эта | 15 — омикрон | 23 — пси |
| 8 — тэта | 16 — пи | 24 — омега |

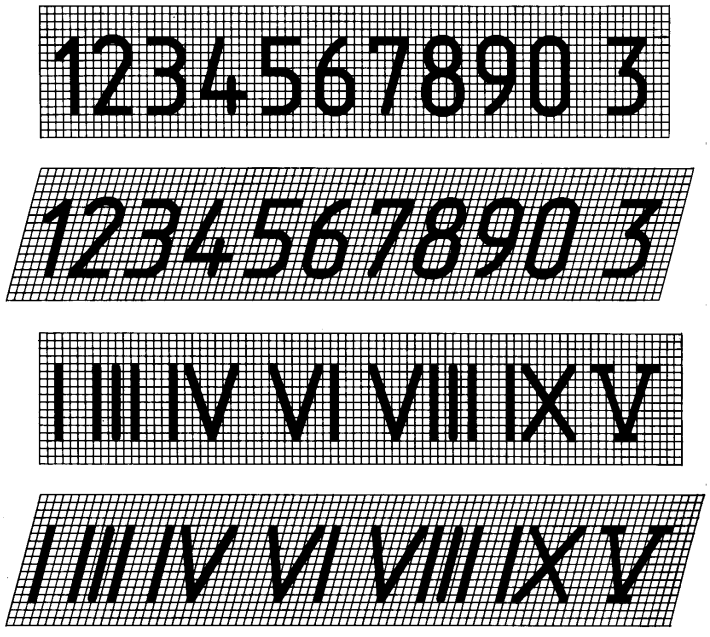
## 6. АРАБСКИЕ И РИМСКИЕ ЦИФРЫ

6.1. Шрифт типа А приведен на черт. 17.




Черт.17

6.2. Шрифт типа Б приведен на черт. 18.

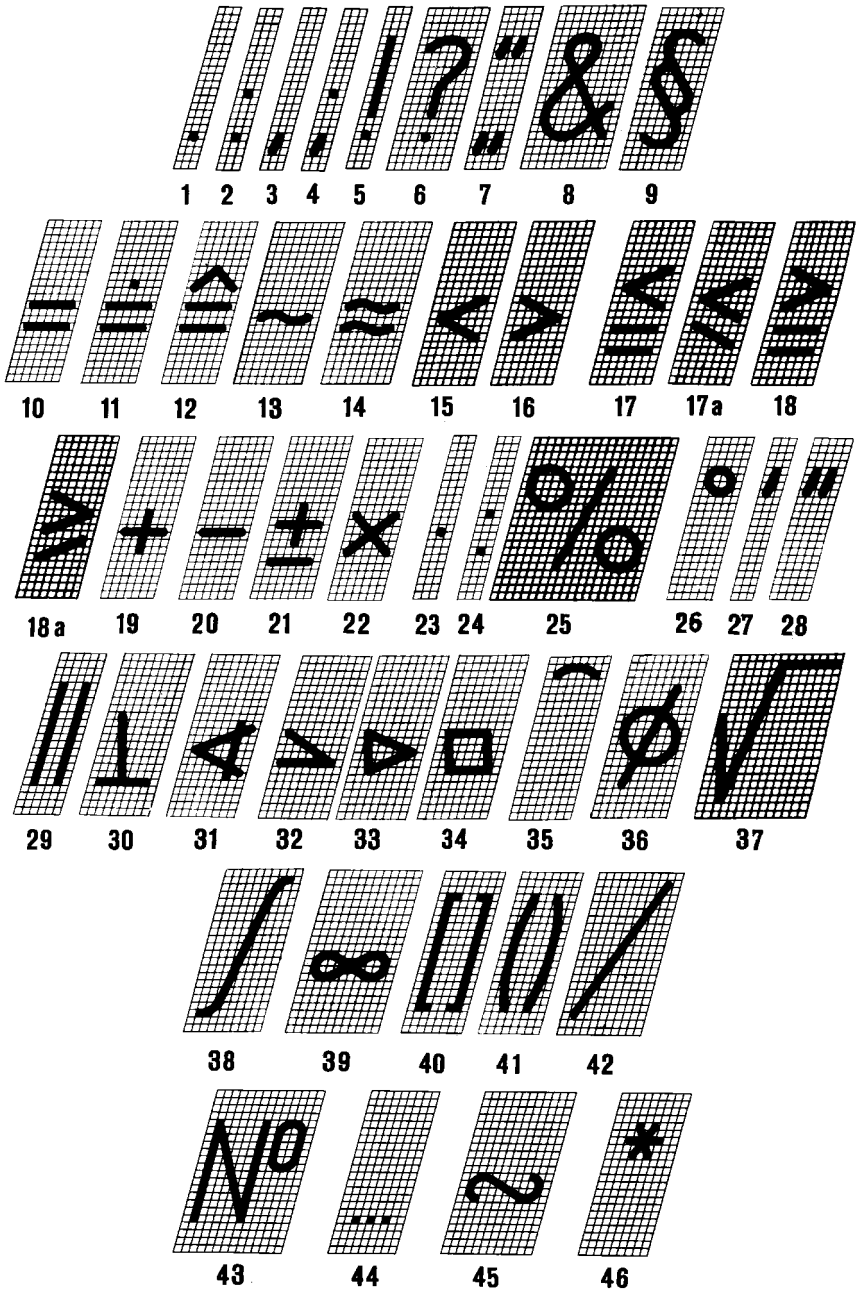



Черт.18

Примечания:
1. Римские цифры L, C, D, M следует выполнять по правилам латинского алфавита.
2. Римские цифры допускается ограничивать горизонтальными линиями.

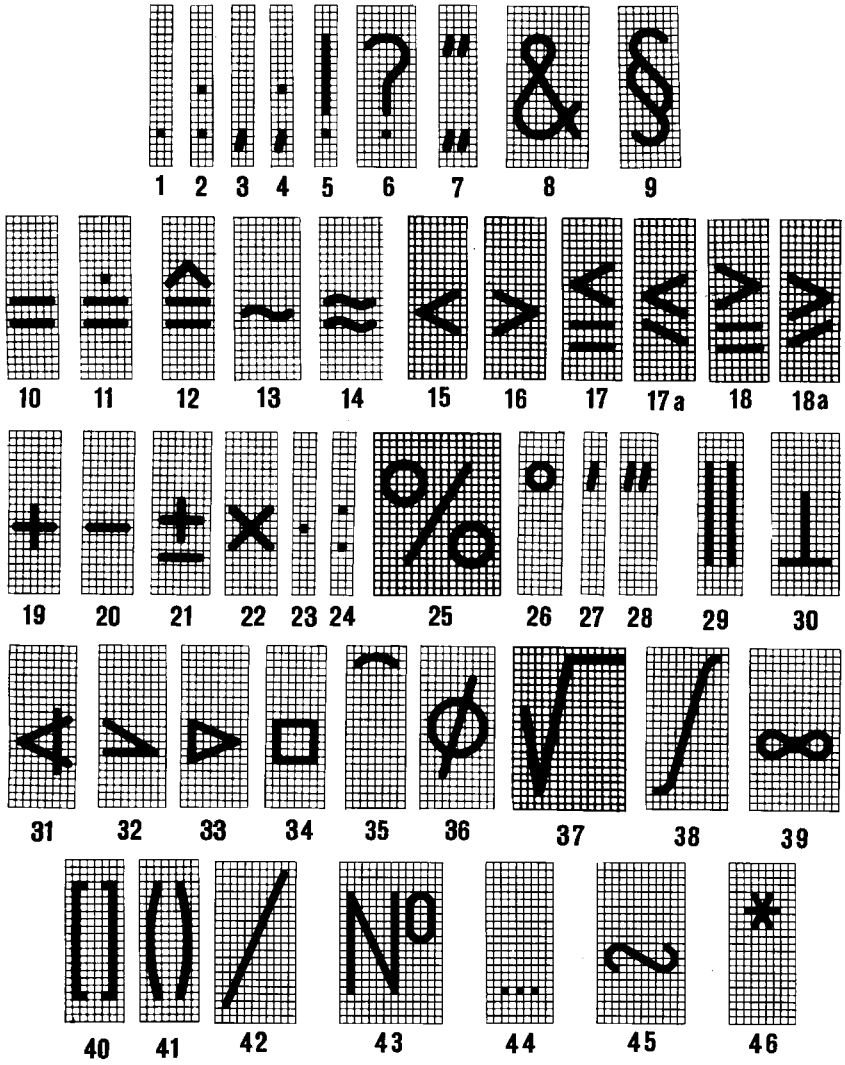
## 7. ЗНАКИ

7.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 19.



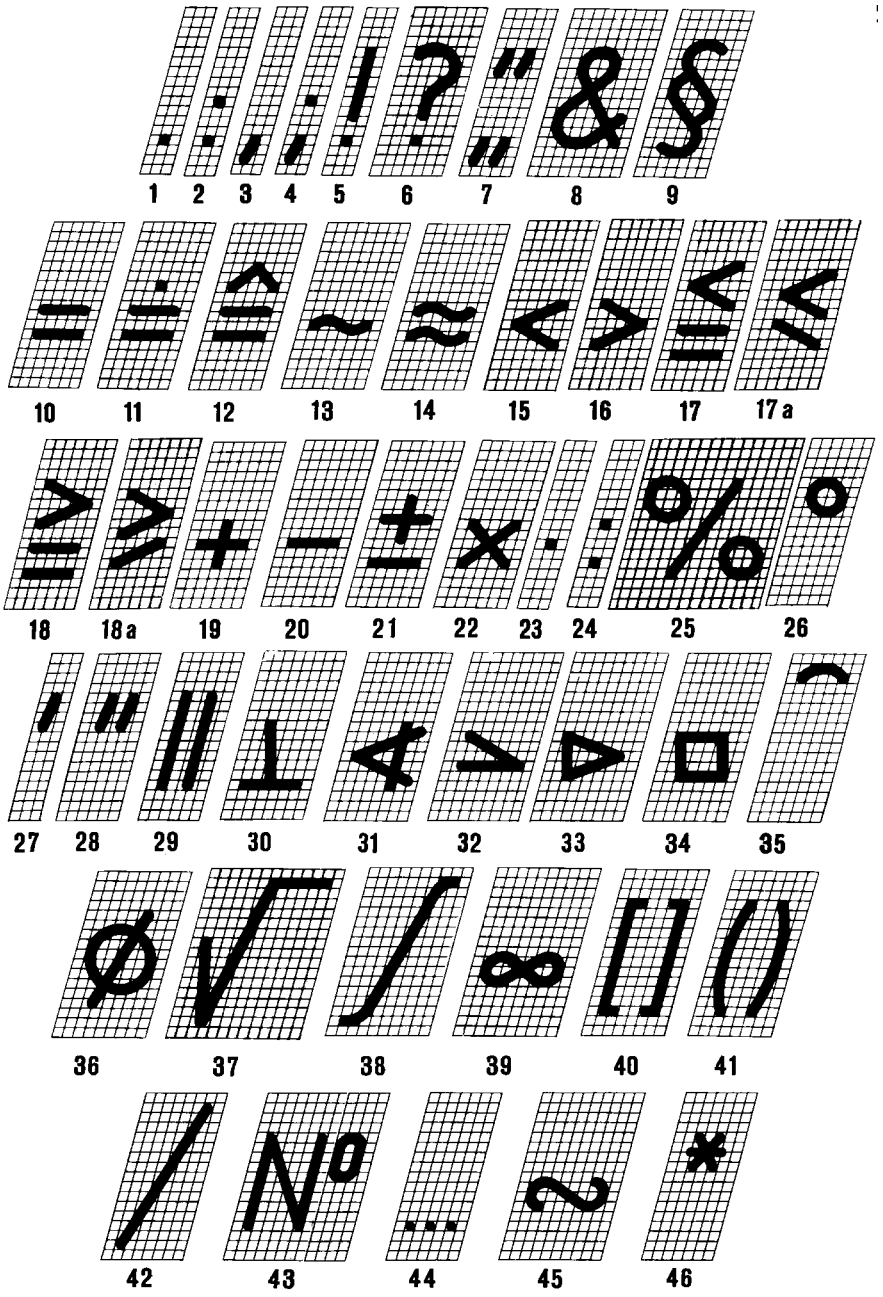

Черт.19

7.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 20.



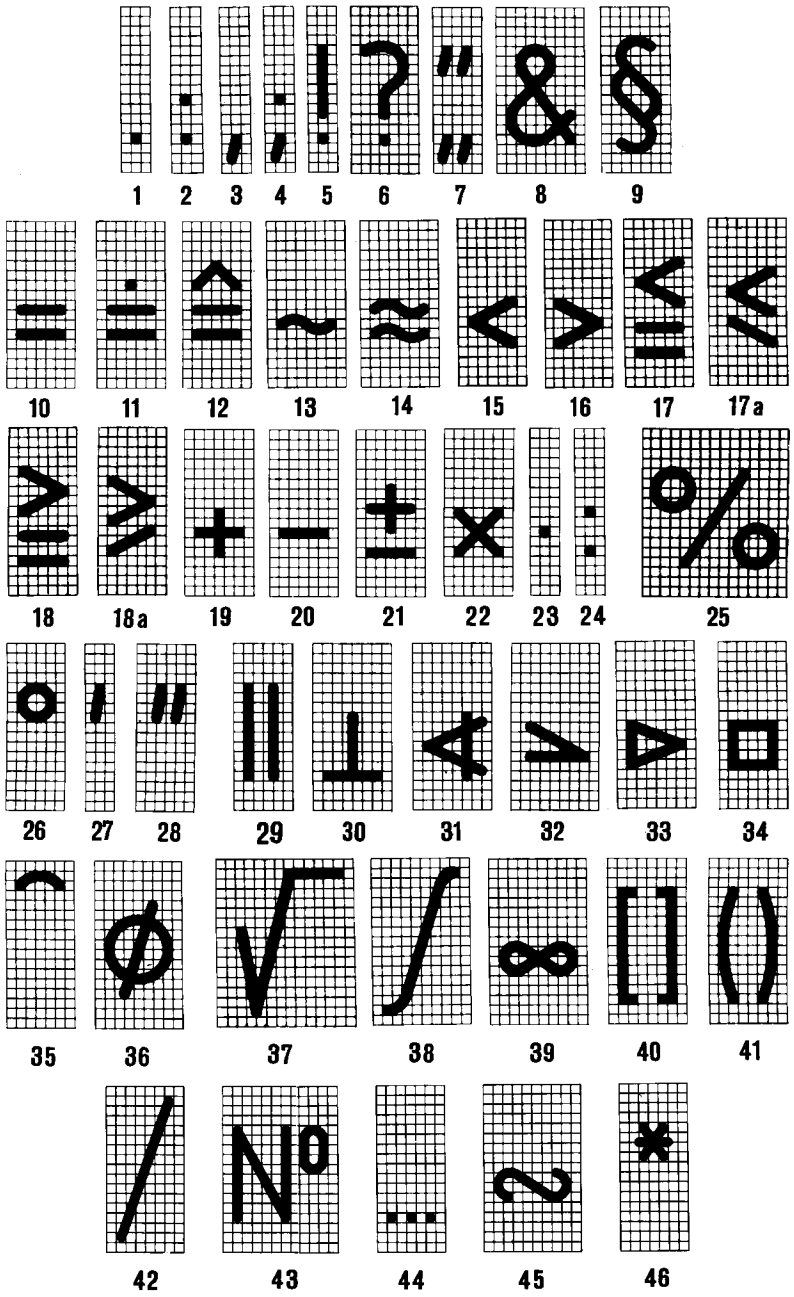

Черт.20

7.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 21.




Черт.21

7.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 22.




Черт.22

7.5. Наименования знаков приведены в табл. 3.

Таблица 3

| Номера знаков на чертежах | Наименование знаков | Номера знаков на чертежах | Наименование знаков |
|---|---|---|---|
| 1 | Точка | 25 | Процент |
| 2 | Двоеточие | 26 | Градус |
| 3 | Запятая | 27 | Минута |
| 4 | Точка с запятой | 28 | Секунда |
| 5 | Восклицательный знак | 29 | Параллельно |
| 6 | Вопросительный знак | 30 | Перпендикулярно |
| 7 | Кавычки | 31 | Угол |
| 8 | И | 32 | Уклон |
| 9 | Параграф | 33 | Конусность |
| 10 | Равенство | 34 | Квадрат |
| 11 | Величина после округления | 35 | Дуга |
| 12 | Соответствует | 36 | Диаметр |
| 13 | Асимптотически равно | 37 | Радикал |
| 14 | Приблизительно равно | 38 | Интеграл |
| 15 | Меньше | 39 | Бесконечность |
| 16 | Больше | 40 | Квадратные скобки |
| 17 и 17а | Меньше или равно | 41 | Круглые скобки |
| 18 и 18а | Больше или равно | 42 | Черта дроби |
| 19 | Плюс | 43 | Номер |
| 20 | Минус, тире | 44 | От . . . до |
| 21 | Плюс—минус | 45 | Знак подобия |
| 22, 23 | Умножение | 46 | Звездочка |
| 24 | Деление | | |

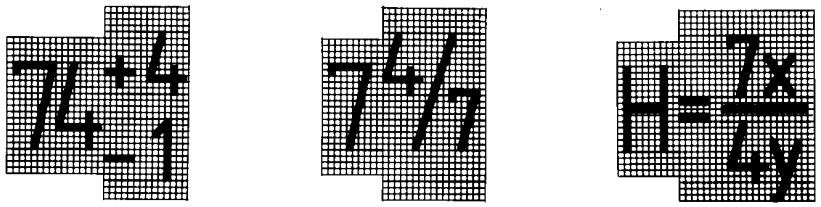
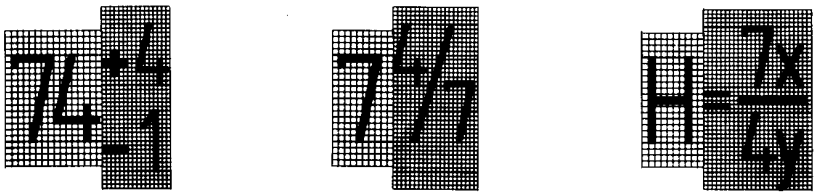
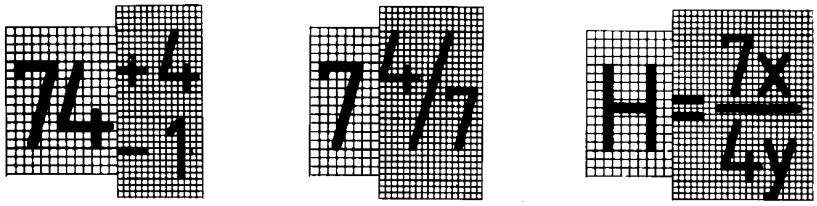
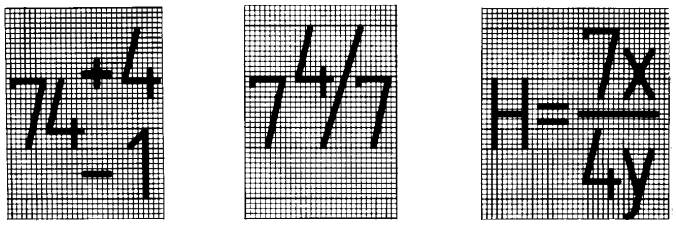
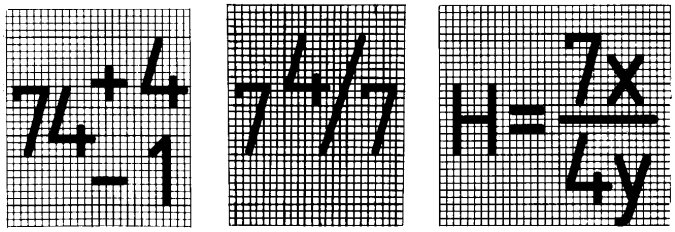
## 8. ПРАВИЛА НАПИСАНИЯ ДРОБЕЙ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ИНДЕКСОВ И ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ

8.1. Дроби, показатели, индексы и предельные отклонения выполняются в соответствии с табл. 4 размером шрифта:

на одну ступень меньшим, чем размер шрифта основной величины, к которой они приписываются;

одинакового размера с размером шрифта основной величины.

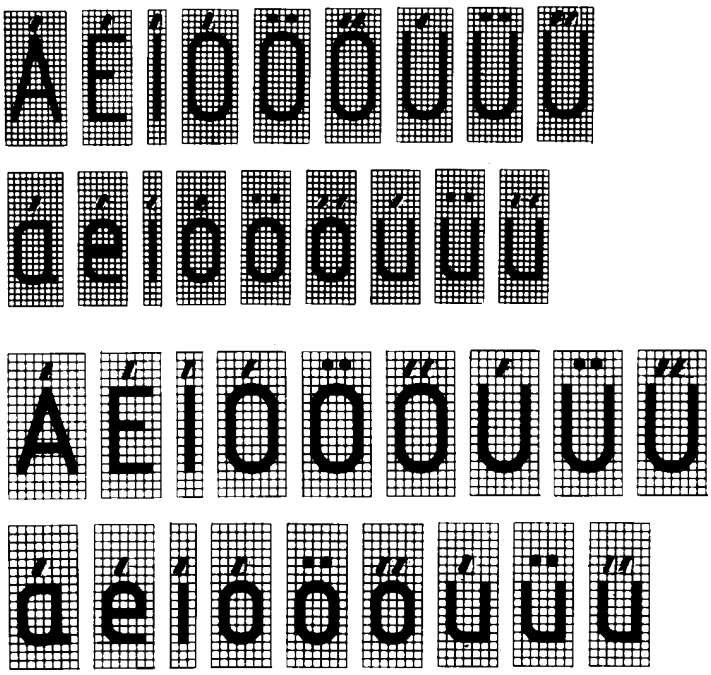
Таблица 4

| Варианты выполнения | Шрифт | | Примеры выполнения |
|---|---|---|---|
| | основные величины | дроби, показатели и т.п. | |
| Размер шрифта на одну ступень меньше, чем размер основной величины | Тип А | Тип Б |  |
| | Тип А | |  |
| | Тип Б | |  |
| Размер шрифта такой же, как размер основной величины | Тип А | |  |
| | Тип Б | |  |

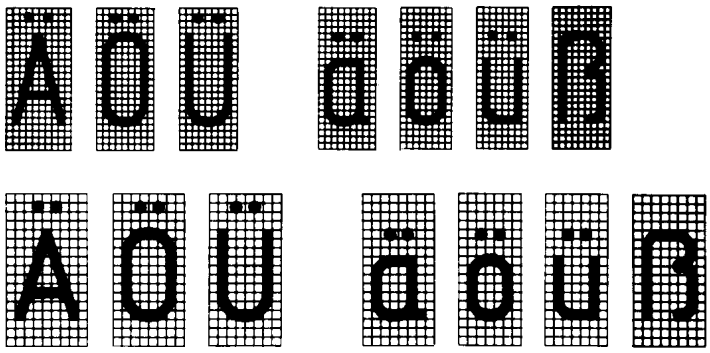
*ПРИЛОЖЕНИЕ*
*Справочное*

## ДИАКРИТИЧЕСКИЕ ЗНАКИ

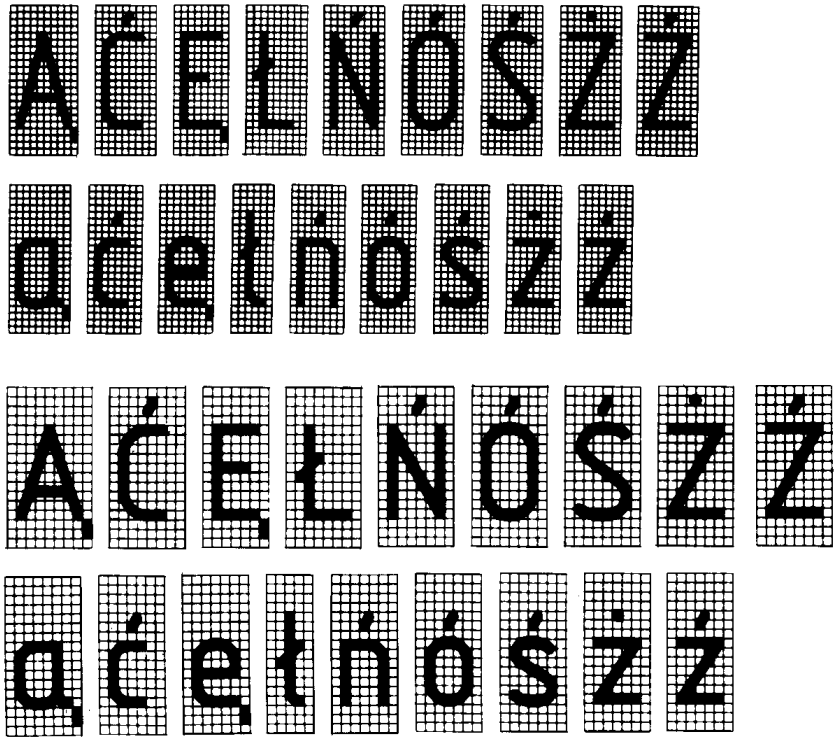
Венгерский язык



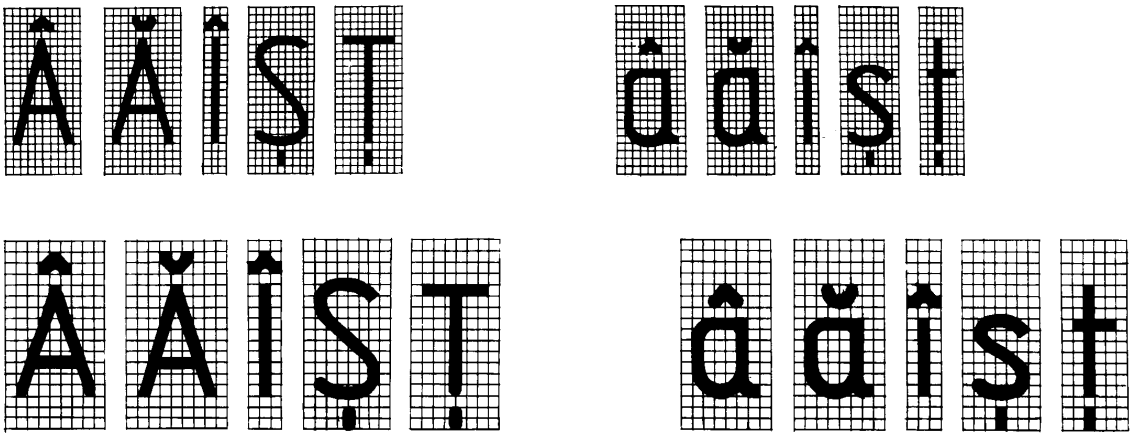
Немецкий язык



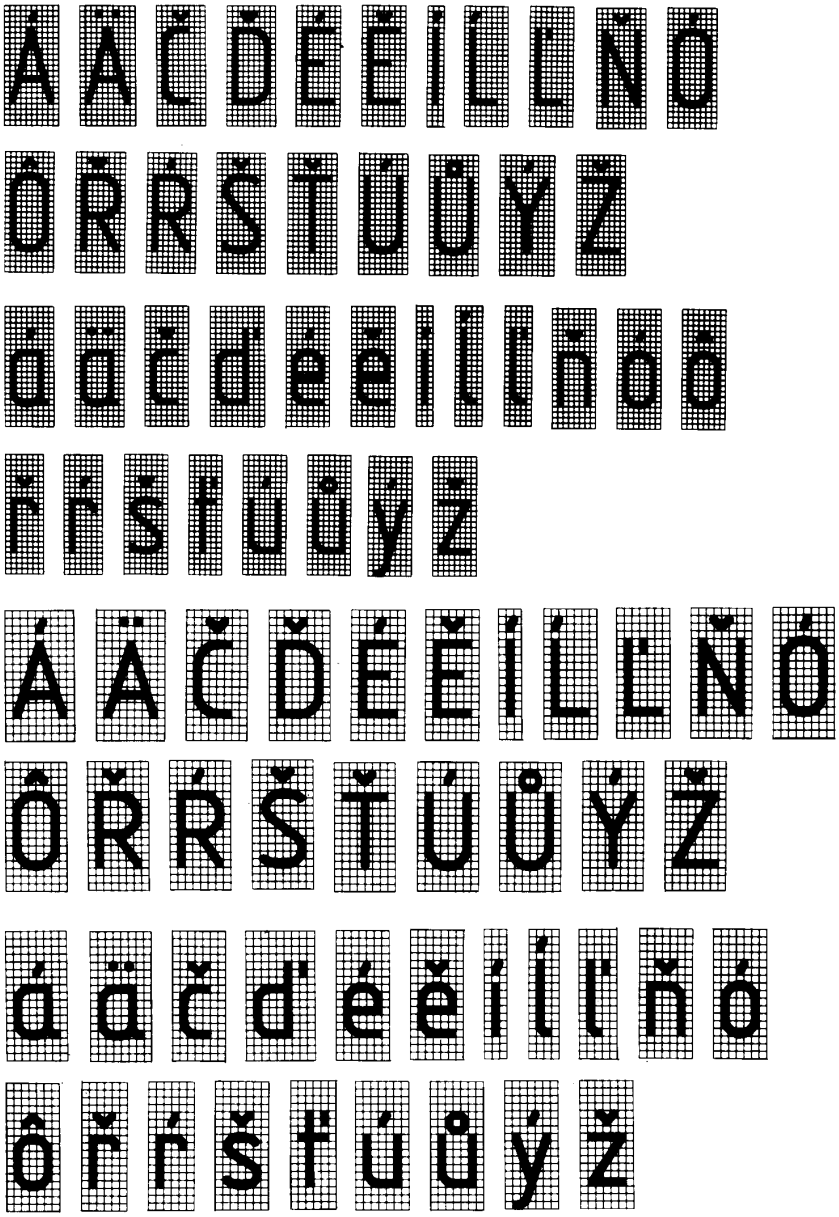
Польский язык



Румынский язык



Чешский и словацкий язык



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам**

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 28.03.81 № 1562**

3. **Стандарт содержит все требования СТ СЭВ 851-78—СТ СЭВ 855-78 и соответствует СТ СЭВ 6306—88 в части терминов и определений**

4. **ВЗАМЕН ГОСТ 2.304—68**

5. **ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в марте 1989 г. (ИУС 7—89)**

УДК 62(084.11) : 006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

**ГОСТ 2.305—68**

Unified system for design documentation.
Image — appearance, sections

**Дата введения 01.01.71**

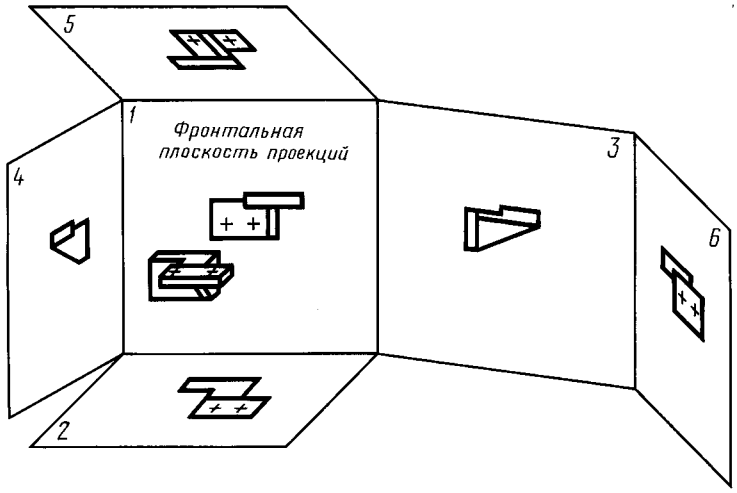
Настоящий стандарт устанавливает правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 363—88.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (черт. 1).



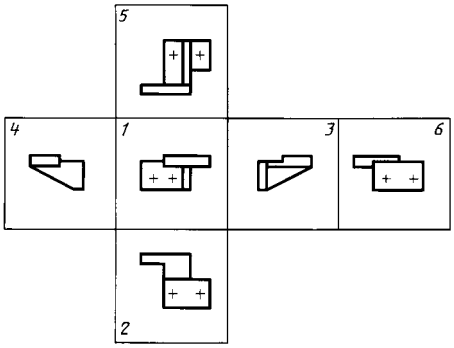

Черт. 1

1.2. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань *6* допускается располагать рядом с гранью *4*.

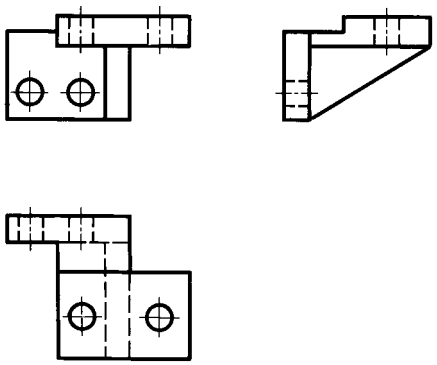
1.3 Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

1.4. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы, сечения.

**Издание официальное** ★ **Перепечатка воспрещена**



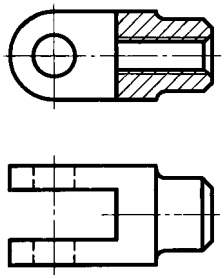

Черт. 2



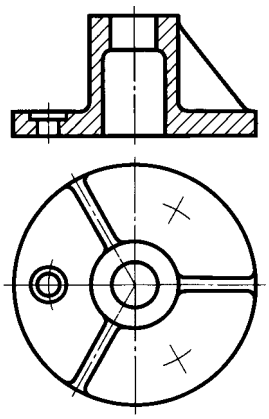
Черт. 3

1.5. В и д — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (черт. 3).

1.6 Р а з р е з — изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (черт. 4). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (черт. 5).



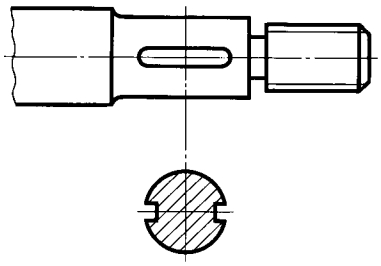
Черт. 4



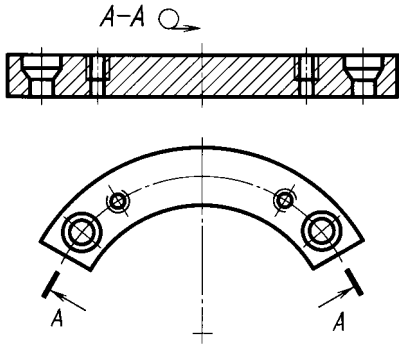
Черт. 5

1.7. С е ч е н и е — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (черт. 6). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (черт. 7).



Черт. 6




Черт. 7

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.8. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

## 2. ВИДЫ

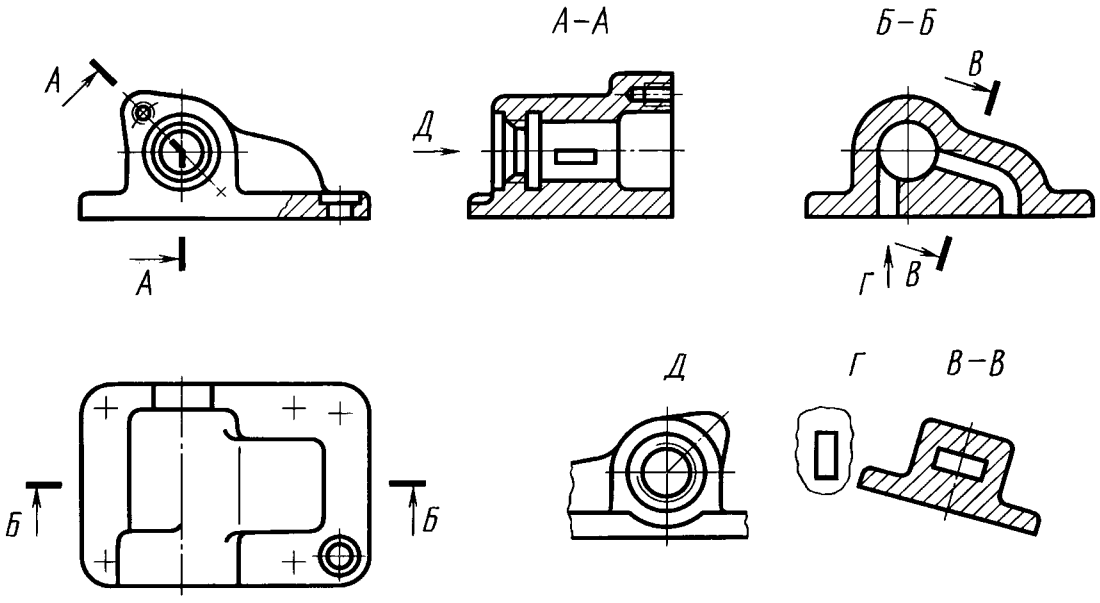
2.1. Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (основные виды, черт. 2):

*1* — вид спереди (главный вид);
*2* — вид сверху;
*3* — вид слева;
*4* — вид справа;
*5* — вид снизу;
*6* — вид сзади.

В строительных чертежах в необходимых случаях соответствующим видам могут присваиваться другие названия, например, «фасад».

Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случая, предусмотренного в п. 2.2. В строительных чертежах допускается надписывать название вида с присвоением ему буквенного, цифрового или другого обозначения.

2.2. Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекций), то направление проектирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (черт. 8).




Черт. 8

Чертежи оформляют так же, если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним.

Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.

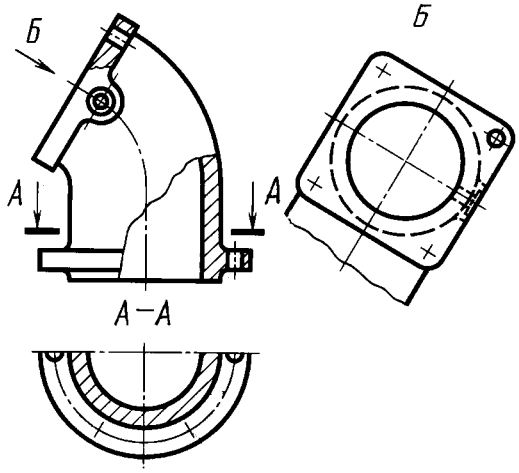
В строительных чертежах допускается направление взгляда указывать двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

В строительных чертежах независимо от взаимного расположения видов допускается надписывать название и обозначение вида без указания направления взгляда стрелкой, если направление взгляда определяется названием или обозначением вида.

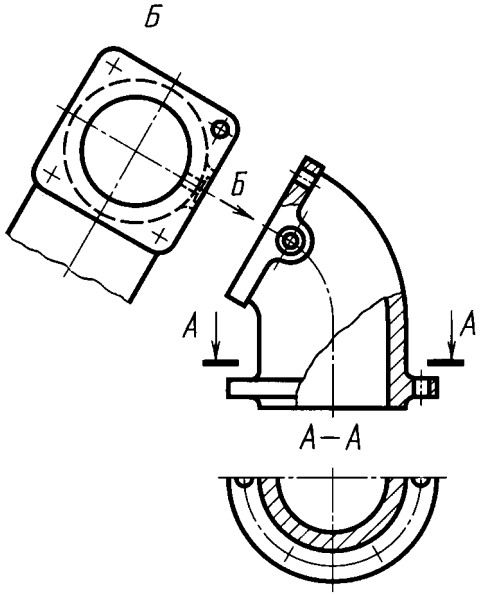
2.3. Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных в п. 2.1 видах

без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (черт. 9—11).

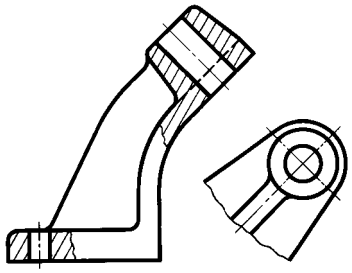
2.4. Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (черт. 9, 10), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка *Б*, черт. 9, 10).




Черт. 9




Черт. 10



Черт. 11

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (черт. 11).

2.2—2.4. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.5. Дополнительные виды располагают, как показано на черт. 9—11. Расположение дополнительных видов по черт. 9 и 11 предпочтительнее.

Дополнительный вид допускается повертывать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением ↻. При необходимости указывают угол поворота (черт. 12).

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид. Если при этом связанные с дополнительным видом части предмета расположены под различными углами, то к обозначению вида условное графическое обозначение ↻ не добавляют.

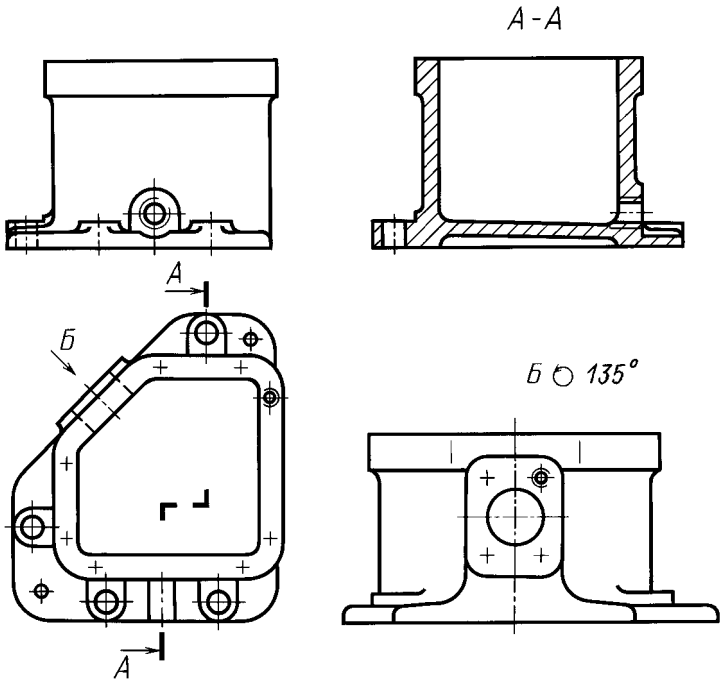
**(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

2.6. Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется местным видом (вид *Г*, черт. 8; вид *Д*, черт. 13).

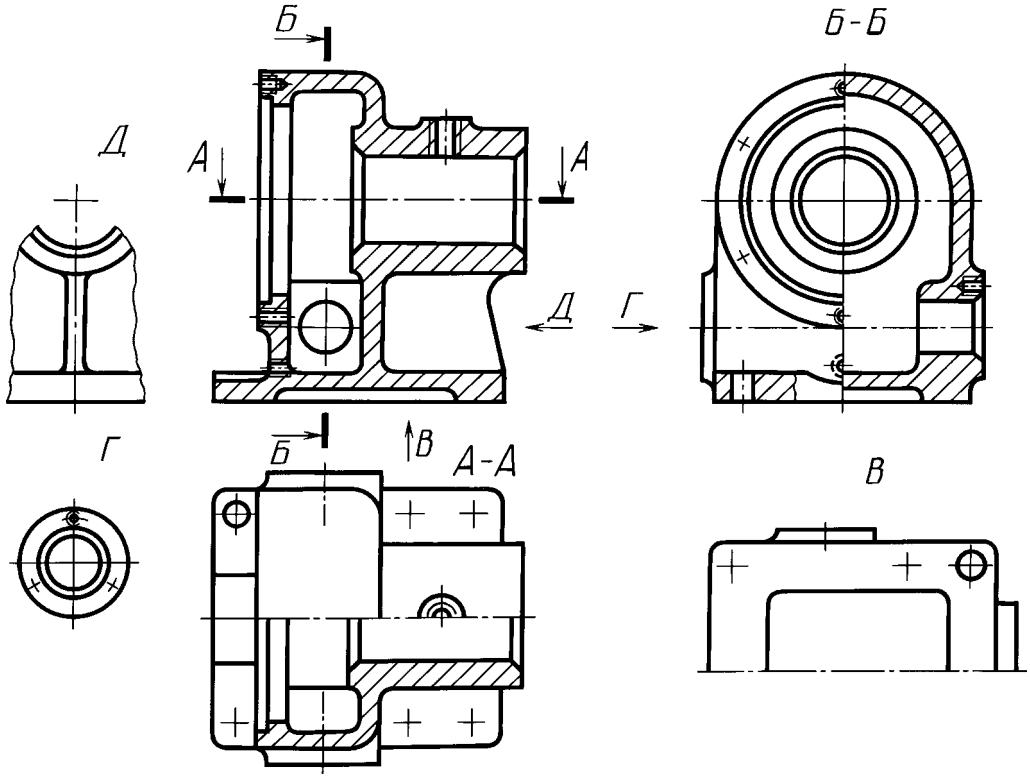
Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (вид *Д*, черт. 13), или не ограничен (вид *Г*, черт. 13). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

2.7. Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенным на черт. 14.

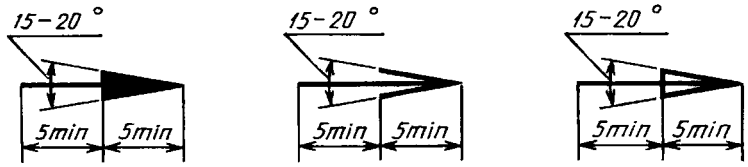
2.6, 2.7**. (Измененная редакция, Изм. № 2).**




Черт. 12




Черт. 13




Черт. 14

## 3. РАЗРЕЗЫ

3.1. Разрезы разделяются, в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций, на:

горизонтальные — секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез *А—А*, черт. 13; разрез *Б—Б*, черт. 15).

В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, «план»;

вертикальные — секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез на месте главного вида, черт. 13; разрезы *А—А, В—В, Г—Г*, черт. 15);

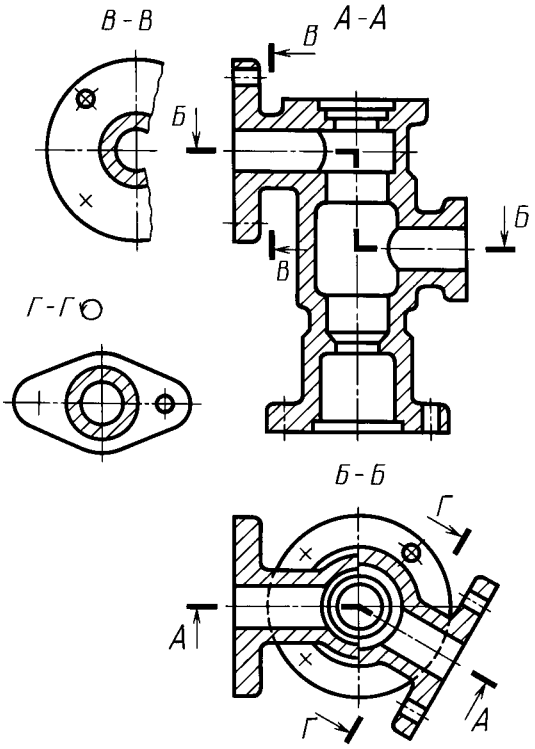
наклонные — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (например, разрез *В—В*, черт. 8).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

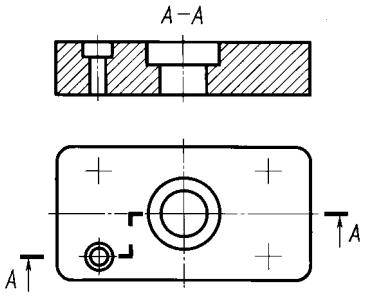
простые — при одной секущей плоскости (например, черт. 4, 5);

сложные — при нескольких секущих плоскостях (например, разрез *А—А*, черт. 8; разрез *Б—Б*, черт. 15).

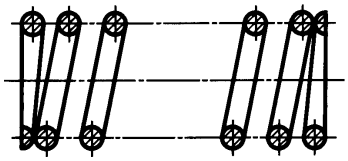
3.2. Вертикальный разрез называется фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (например, разрез, черт. 5; разрез *А—А*, черт. 16), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, разрез *Б—Б*, черт. 13).



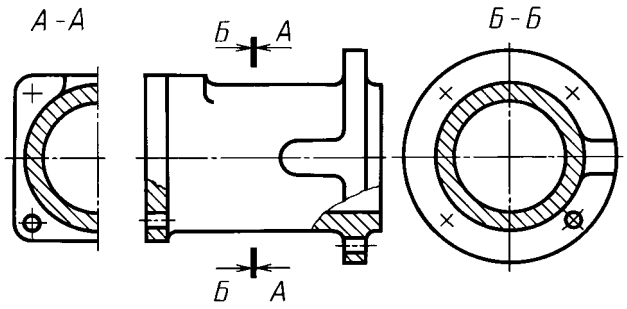

Черт. 15




Черт. 16



Черт. 17




Черт. 18

3.3. Сложные разрезы бывают ступенчатыми, если секущие плоскости параллельны (например, ступенчатый горизонтальный разрез *Б—Б*, черт. 15; ступенчатый фронтальный разрез *А—А*, черт. 16), и ломаными, если секущие плоскости пересекаются (например, разрезы *А—А*, черт. 8 и 15).

3.4. Разрезы называются продольными, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (черт. 17), и поперечными, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (например, разрезы *А—А* и *Б—Б*, черт. 18).

3.5. Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (черт. 8—10, 13, 15); стрелки должны наноситься на расстоянии 2—3 мм от конца штриха.

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения.

В случаях, подобных указанному на черт. 18, стрелки, указывающие направление взгляда, наносятся на одной линии.

3.1—3.5**. (Измененная редакция, Изм. № 2**).

3.6. У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у мест пересечения секущих плоскостей ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, и в местах пересечения со стороны внешнего угла.

Разрез должен быть отмечен надписью по типу «*А—А*» (всегда двумя буквами через тире).

В строительных чертежах у линии сечения взамен букв допускается применять цифры, а также надписывать название разреза (плана) с присвоенным ему буквенным цифровым или другим обозначением.

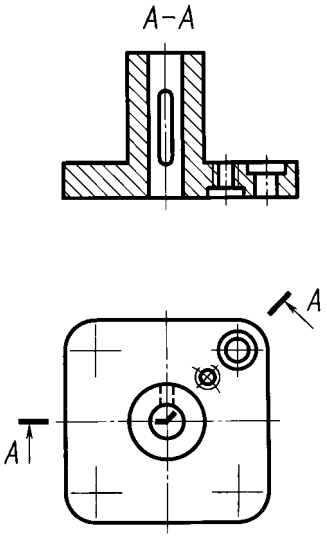
3.7. Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости, и разрез надписью не сопровождают (например, разрез на месте главного вида, черт. 13).

3.8. Фронтальным и профильным разрезам, как правило, придают положение, соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении чертежа (черт. 12).

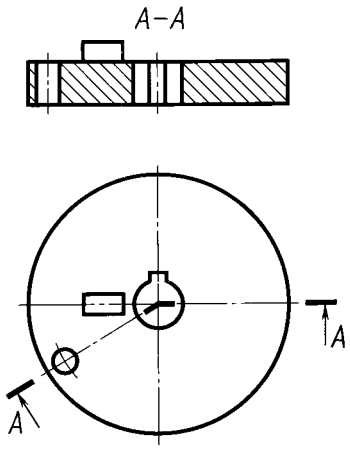
3.9. Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (черт. 13).

3.10. Вертикальный разрез, когда секущая плоскость непараллельна фронтальной или профильной плоскостям проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения.

Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа (разрез *В—В*, черт. 8), а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение ↻ (разрез *Г—Г*, черт. 15).



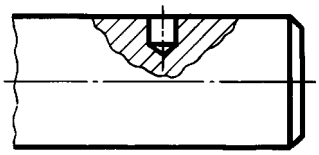

Черт. 19



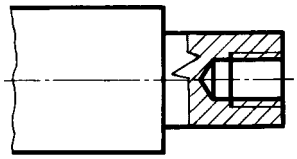

Черт. 20

3.11. При ломаных разрезах секущие плоскости условно повертывают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда (черт. 19).

Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида (разрезы *А—А*, черт. 8, 15). При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные на ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение (черт. 20).



Черт. 21

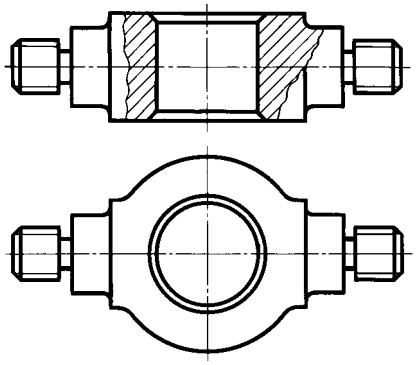


Черт. 22

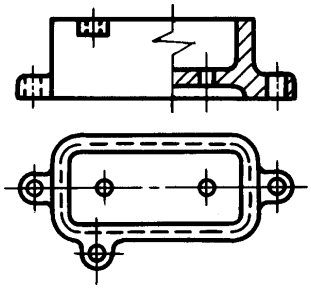
3.12. Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется местным.

Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (черт. 21) или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 22). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

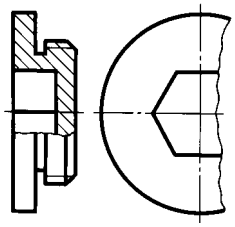
3.13. Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 23, 24, 25). Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (черт. 26). Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией (черт. 27), совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет тело вращения.



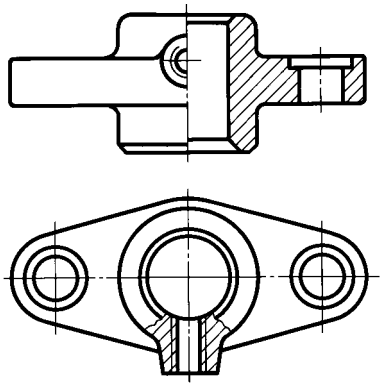
Черт. 23



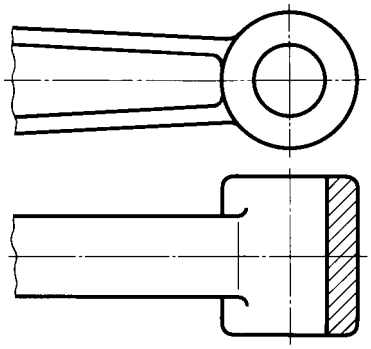
Черт. 24



Черт. 25



Черт. 26



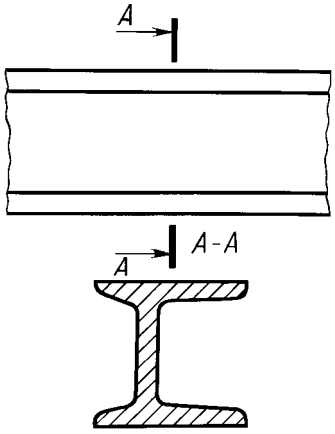
Черт. 27

3.10—3.13. (**Измененная редакция, Изм. № 2).**

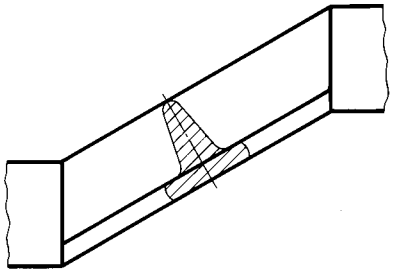
3.14. Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов: четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

## 4. СЕЧЕНИЯ

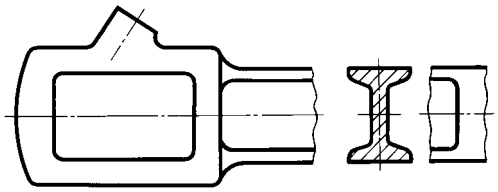
4.1. Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на:
вынесенные (черт. 6, 28);
наложенные (черт. 29).
Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрезе между частями одного и того же вида (черт. 30).




Черт. 28



Черт. 29



Черт. 30

**(Измененная редакция, Изм. № 2)**.

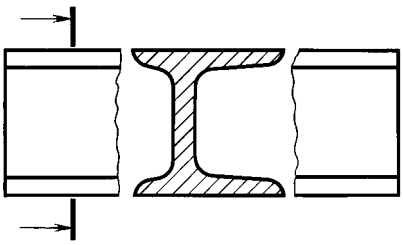
4.2. Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения — сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (черт. 13, 28, 29).

4.3. Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (черт. 6, 29) указывают штрих-пунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

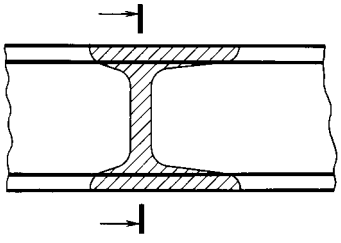
В случаях, подобных указанному на черт. 30, при симметричной фигуре сечения линию сечения не проводят.

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита (в строительных чертежах — прописными или строчными буквами русского алфавита или цифрами). Сечение сопровождают надписью по типу «*А—А*» (черт. 28). В строительных чертежах допускается надписывать название сечения.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (черт. 31) или наложенных (черт. 32), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.



Черт. 31



Черт. 32

В строительных чертежах при симметричных сечениях применяют разомкнутую линию с обозначением ее, но без стрелок, указывающих направление взгляда.

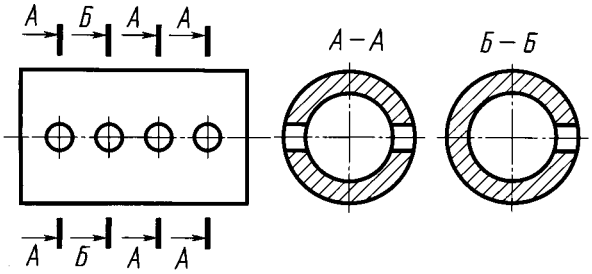
4.4. Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения .

4.5. Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (черт. 33, 34).

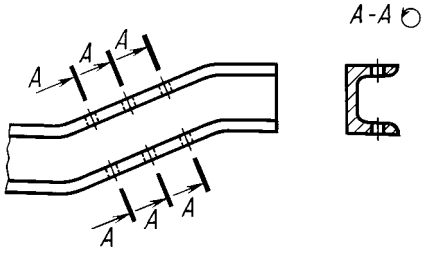
Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (черт. 35), то условное графическое обозначение  не наносят.

Когда расположение одинаковых сечений точно определено изображением или размерами, допускается наносить одну линию сечения, а над изображением сечения указывать количество сечений.

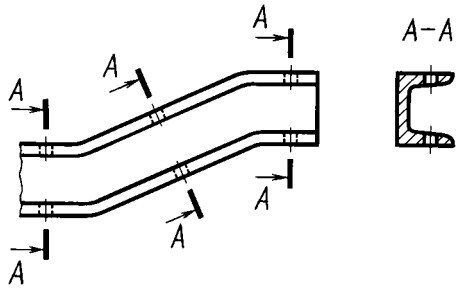
4.6 Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).



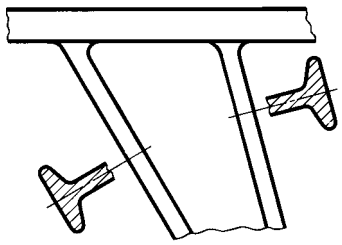

Черт. 33




Черт. 34



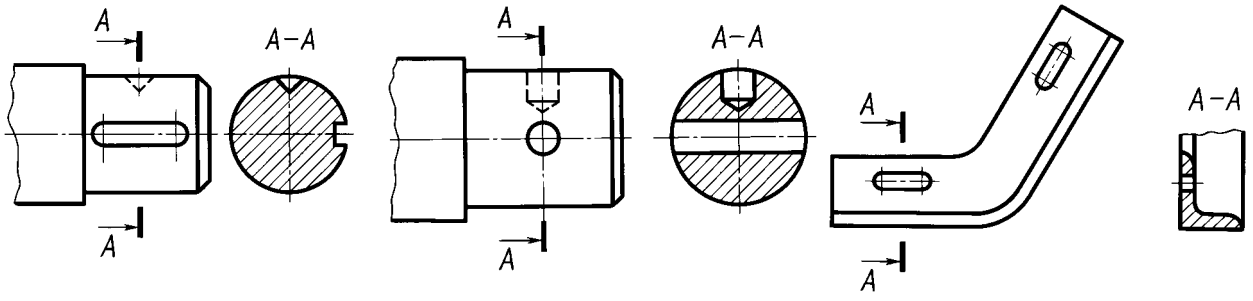

Черт. 35



Черт. 36

4.7. Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).

4.8. Если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (черт. 38).




Черт. 37

Черт. 38

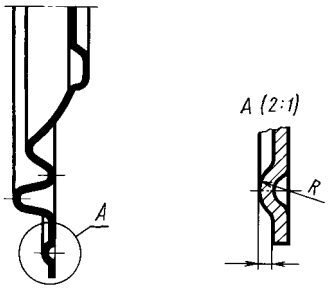
4.4—4.8. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

## 5. ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

5.1. Выносной элемент — дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных.

Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом).

5.2. При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией — окружностью, овалом и т. п. с обозначением выносного элемента прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение и масштаб, в котором он выполнен (черт. 39).




Черт. 39

В строительных чертежах выносной элемент на изображении допускается также отмечать фигурной или квадратной скобкой или графически не отмечать. У изображения, откуда элемент выносится, и у выносного элемента допускается также наносить присвоенное выносному элементу буквенное или цифровое (арабскими цифрами) обозначение и название.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

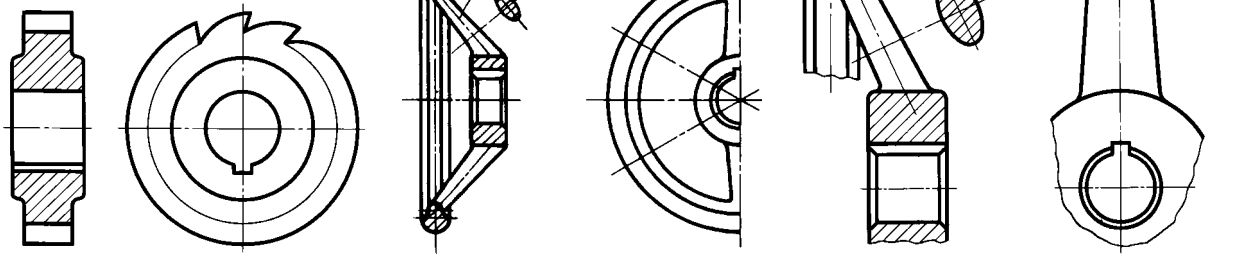
5.3. Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

## 6. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ

6.1. Если вид, разрез или сечение представляют симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения (вид В, черт. 13) или немного более половины изображения с проведением в последнем случае линии обрыва (черт. 25).

6.2. Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов, то на изображении этого предмета полностью показывают один-два таких элемента (например, одно-два отверстия, черт. 15), а остальные элементы показывают упрощенно или условно (черт. 40).

Допускается изображать часть предмета (черт. 41, 42) с надлежащими указаниями о количестве элементов, их расположении и т. п.



Черт. 40

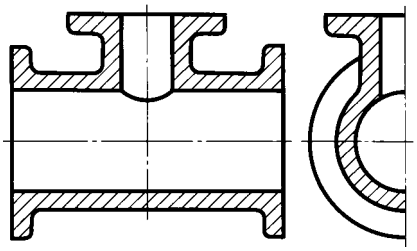



Черт. 41

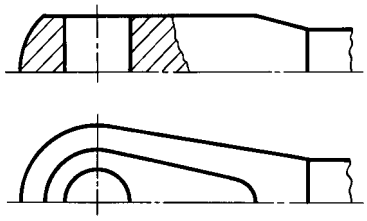



Черт. 42

6.3. На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линий пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружности и прямые линии (черт. 43, 44).

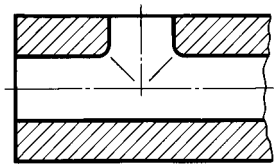


Черт. 43

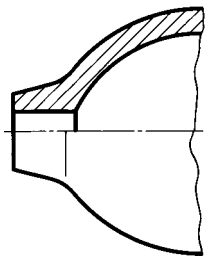


Черт. 44

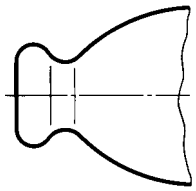
6.4. Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно (черт. 45—47) или совсем не показывается (черт. 48—50).



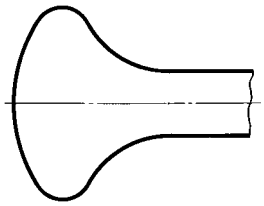
Черт. 45



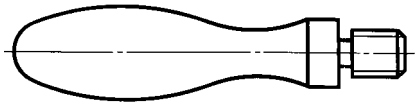
Черт. 46



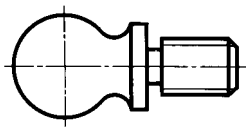
Черт. 47



Черт. 48

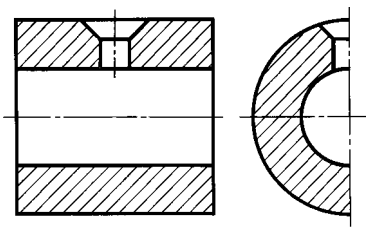


Черт. 49

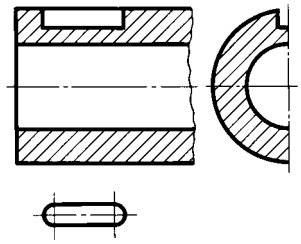


Черт. 50

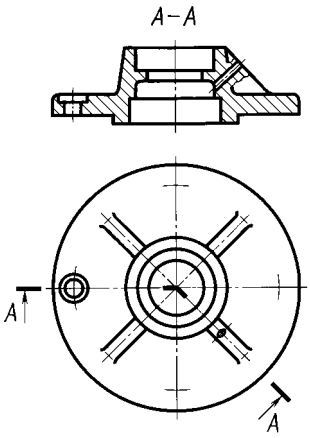
Допускаются упрощения, подобные указанным на черт. 51, 52.



Черт. 51



Черт. 52




Черт. 53

6.5. Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п. при продольном разрезе показывают нерассеченными. Шарики всегда показывают нерассеченными.

Как правило, показываются нерассеченными на сборочных чертежах гайки и шайбы.

Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п. показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента.

Если в подобных элементах детали имеется местное сверление, углубление и т. п., то делают местный разрез, как показано на черт. 21, 22, 53.

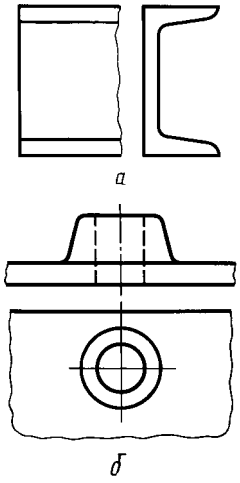
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

6.6. Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п.) размером (или разницей в размерах) на чертеже 2 мм и менее изображают с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения.

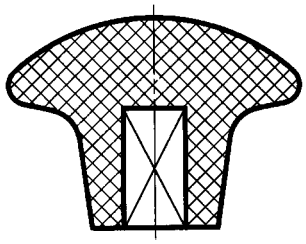
6.7. Допускается незначительную конусность или уклон изображать с увеличением.

На тех изображениях, на которых уклон или конусность отчетливо не выявляются, например, главный вид на черт. 54*а* или вид сверху на черт. 54*б*, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном или меньшему основанию конуса.

6.8. При необходимости выделения на чертеже плоских поверхностей предмета на них проводят диагонали сплошными тонкими линиями (черт. 55).




Черт. 54

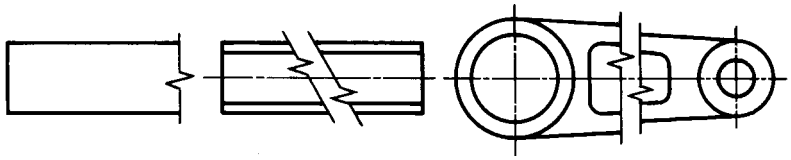


Черт. 55

6.9. Предметы или элементы, имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.), допускается изображать с разрывами.

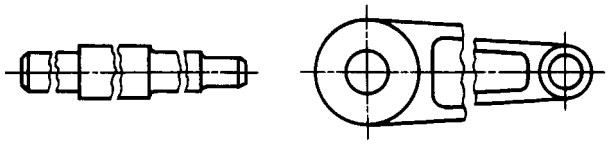
Частичные изображения и изображения с разрывами ограничивают одним из следующих способов:

а) сплошной тонкой линией с изломом, которая может выходить за контур изображения на длину от 2 до 4 мм. Эта линия может быть наклонной относительно линии контура (черт. 56а);



Черт. 56а

б) сплошной волнистой линией, соединяющей соответствующие линии контура (черт. 56б);



Черт. 56б

в) линиями штриховки (черт. 56в).



Черт. 56в

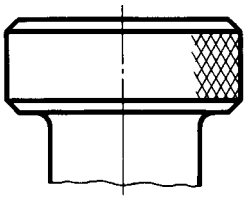
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

6.10. На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетенкой, орнаментом, рельефом, накаткой и т. д. допускается изображать эти элементы частично, с возможным упрощением (черт. 57).

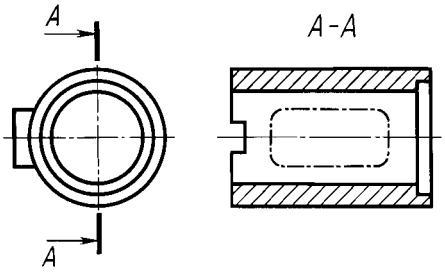
6.11. Для упрощения чертежей или сокращения количества изображений допускается:

а) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе (наложенная проекция, черт. 58);

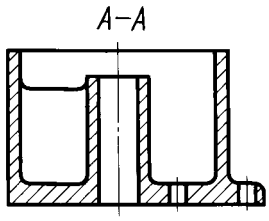
б) применять сложные разрезы (черт. 59);

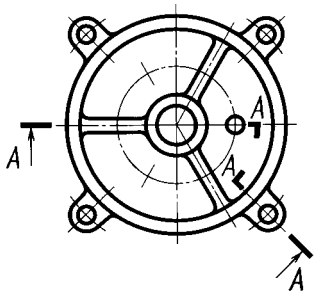


Черт. 57




Черт.58



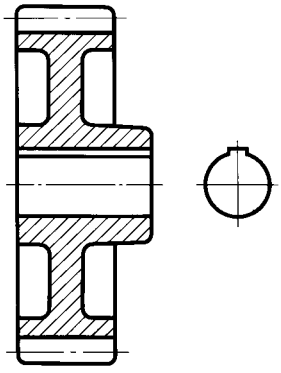




Черт. 59

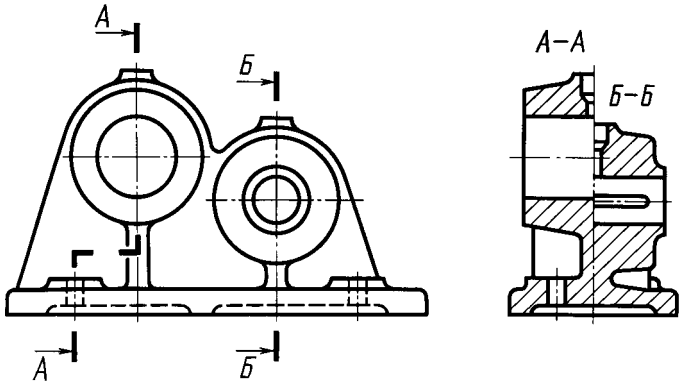
в) для показа отверстия в ступицах зубчатых колес, шкивов и т. п., а также для шпоночных пазов вместо полного изображения детали давать лишь контур отверстия (черт. 60) или паза (черт. 52);

г) изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость (черт. 15).

6.12. Если вид сверху не является необходимым и чертеж составляется из изображений на фронтальной и профильной плоскостях проекций, то при ступенчатом разрезе линия сечения и надписи, относящиеся к разрезу, наносятся так, как показано на черт. 61.



Черт. 60

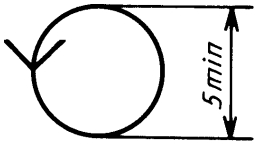



Черт. 61

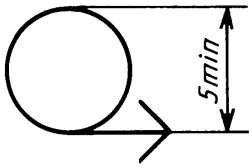
6.11, 6.12. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

6.13. Условности и упрощения, допускаемые в неразъемных соединениях, в чертежах электротехнических и радиотехнических устройств, зубчатых зацеплений и т. д., устанавливаются соответствующими стандартами.

6.14. Условное графическое обозначение «повернуто» должно соответствовать черт. 62 и «развернуто» — черт. 63.




Черт. 62




Черт. 63

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

ПРИЛОЖЕНИЕ по ГОСТ 2.317—69.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР**

**2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**

**3. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 363—88**

**4. ВЗАМЕН ГОСТ 3453—59 в части разд. I—V, VII и приложения**

**5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в сентябре 1987 г., августе 1989 г. (ИУС 12—87, 12—89)**

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ОБОЗНАЧЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛОВ И ПРАВИЛА ИХ НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ

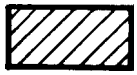
**ГОСТ 2.306—68**

Unified system for design documentation.
Graphical designations of materials and rules for their representation

**Дата введения 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает графические обозначения материалов в сечениях и на фасадах, а также правила нанесения их на чертежи всех отраслей промышленности и строительства.
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1а. Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материалов должно соответствовать черт. 1*а*.



Черт.1а

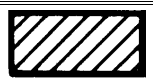
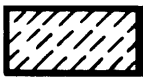
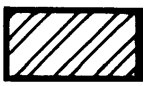
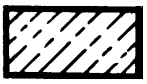
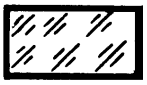
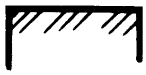
**(Введен дополнительно, Изм. № 1).**

2. Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материалов должны соответствовать приведенным в табл. 1.

Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренных в настоящем стандарте, поясняя их на чертеже.

**Издание официальное** ★ **Перепечатка воспрещена**

Таблица 1

| Материал | Обозначение |
|---|---|
| 1. Металлы и твердые сплавы |  |
| 2. Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже |  |
| 3. Древесина |  |
| 4. Камень естественный |  |
| 5. Керамика и силикатные материалы для кладки |  |
| 6. Бетон |  |
| 7. Стекло и другие светопрозрачные материалы |  |
| 8. Жидкости |  |
| 9. Грунт естественный |  |

Примечания:

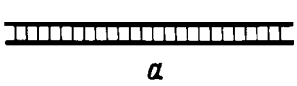
1. Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают как металлы.

2. Графическое обозначение п. 3 следует применять, когда нет необходимости указывать направление волокон.

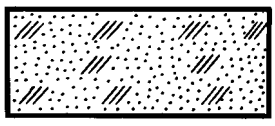
3. Графическое обозначение п. 5 следует применять для обозначения кирпичных изделий (обожженных и необожженных), огнеупоров, строительной керамики, электротехнического фарфора, шлакобетонных блоков и т.п.

**(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

3. Устанавливают следующие обозначения сетки и засыпки из любого материала (в сечении), указанные на черт. 1.



*а*



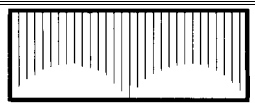
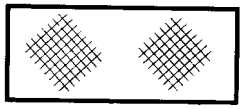
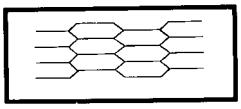
*б*

*а* — сетка; *б* — засыпка

Черт.1

4. При выделении материалов и изделий на виде (фасаде) графические обозначения их должны соответствовать указанным в табл. 2.

Таблица 2

| Материал | Обозначение |
|---|---|
| 1. Металлы |  |
| 2. Сталь рифленая |  |
| 3. Сталь просечная |  |
| 4. Кладка из кирпича строительного и специального, клинкера, керамики, терракоты, искусственного и естественного камней любой формы и т.п. |  |
| 5. Стекло |  |

Примечания:

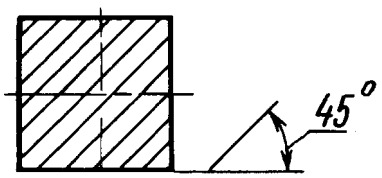
1. **(Исключено, Изм. № 1).**

2. Для уточнения разновидности материала, в частности, материалов с однотипным обозначением, графическое обозначение следует сопровождать поясняющей надписью на поле чертежа.

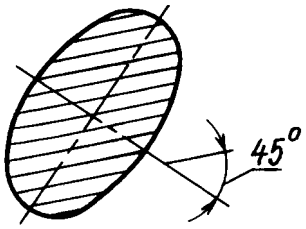
3. В специальных строительных конструктивных чертежах для армирования железобетонных конструкций должны применяться обозначения по ГОСТ 21.501.

4. Обозначение материала на виде (фасаде) допускается наносить не полностью, а только небольшими участками по контуру или пятнами внутри контура.

5. Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45 ° к линии контура изображения (черт. 2*а*) или к его оси (черт. 2*б*), или к линиям рамки чертежа (черт. 2).

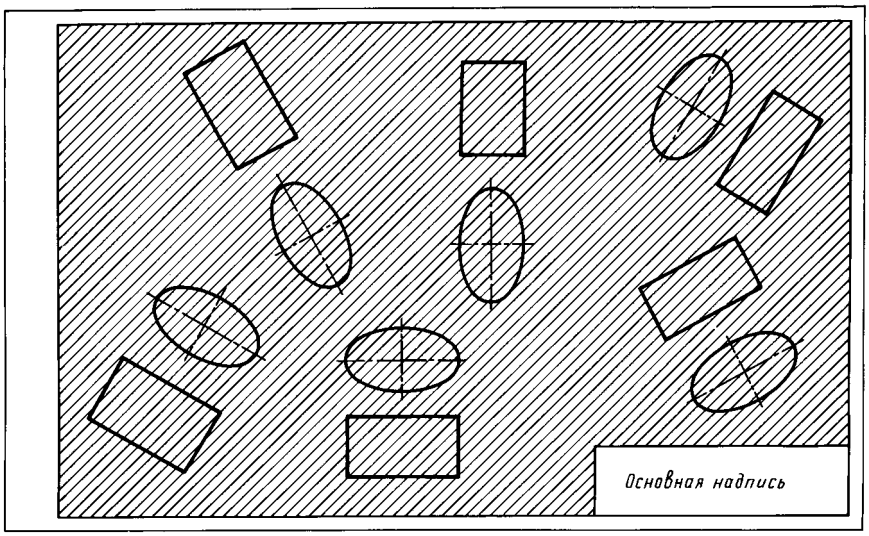



Черт.2а

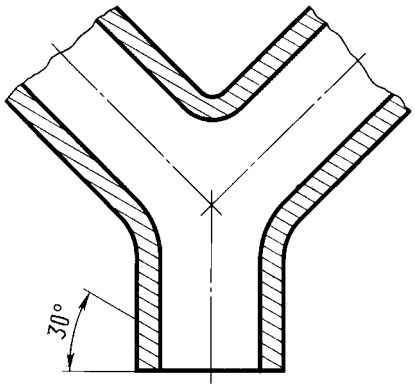



Черт.2б

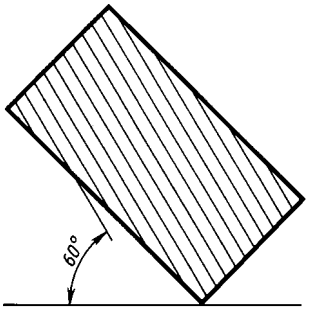
Если линии штриховки, приведенные к линиям рамки чертежа под углом 45 °, совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45 ° следует брать угол 30 ° или 60 ° (черт. 3 и 4).




Черт.2




Черт.3




Черт.4

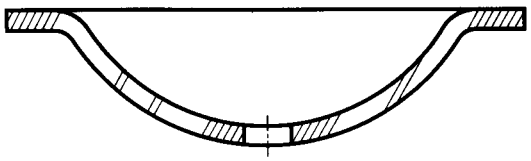
Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

6. Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть, как правило, одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали и выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

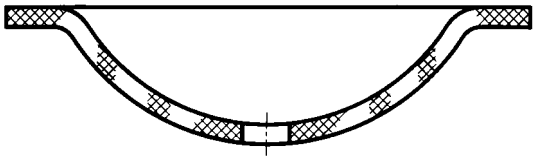
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

7. Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных, вальцованных и других подобных деталей), ширина которых на чертеже от 2 до 4 мм, рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения — небольшими участками в нескольких местах (черт. 5 и 6). В этих случаях линии штриховки стекла (черт. 7) следует наносить с наклоном 15—20 ° к линии большей стороны контура сечения.

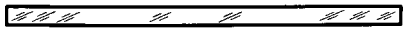


Черт.5

Штриховки всех обозначений в этом случае выполняют от руки.



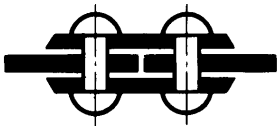
Черт.6



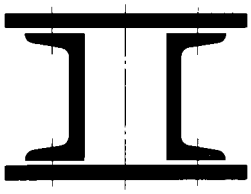
Черт.7

8. Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с оставлением просветов между смежными сечениями не менее 0,8 мм (черт. 8, 9).

В строительных чертежах допускается на сечениях незначительной площади любой материал обозначать как металл или вообще не применять обозначение, сделав поясняющую надпись на поле чертежа.



Черт.8



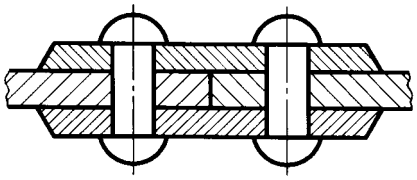
Черт.9

9. Обозначение, указанное в п. 3 табл. 1, и обозначение засыпки в сечении выполняют от руки.
**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

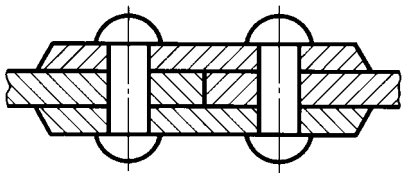
10. Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого — влево (встречная штриховка).

При штриховке «в клетку» для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным.

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки (черт. 10) или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона (черт. 11).

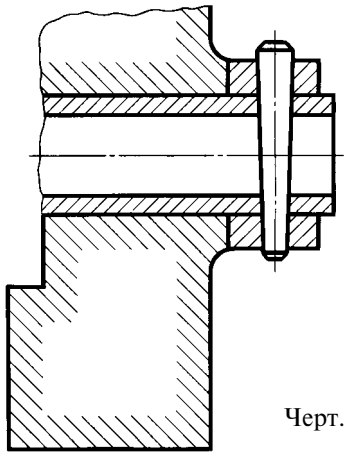


Черт.10



Черт.11

11. При больших площадях сечений, а также при указании профиля грунта допускается наносить обозначение лишь у контура сечения узкой полоской равномерной ширины (черт. 12).
**(Измененная редакция, Изм. № 1).**



Черт.12

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР**

**2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**

**3. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 6306—88**

**4. ВЗАМЕН ГОСТ 3455—59 и ГОСТ 11633—65**

**5. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

| Обозначение НТД, на который дана ссылка | Номер пункта |
|---|---|
| ГОСТ 21.501—93 | 4 |

**6. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, утвержденными в августе 1980 г., сентябре 1987 г., марте 1989 г. (ИУС 11—80, 12—87, 7—89)**

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ

**ГОСТ 2.307—68**

Unified system for design documentation.
Drawing of dimensions an limit deviations

**Дата введения 01.01.71**

Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства.

**(Измененная редакция, Изм. № 3).**

## 1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже.

Исключение составляют случаи, предусмотренные в ГОСТ 2.414; ГОСТ 2.417; ГОСТ 2.419, когда величину изделия или его элементов определяют по изображениям, выполненным с достаточной степенью точности.

Основанием для определения требуемой точности изделия при изготовлении являются указанные на чертеже предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

1.2. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

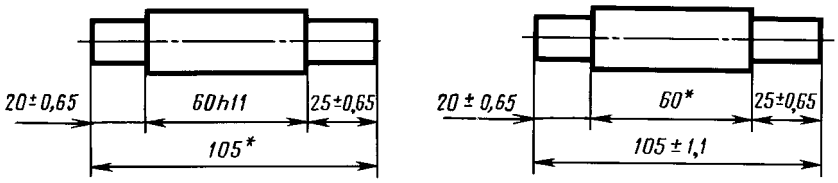
1.3. Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для бóльшего удобства пользования чертежом, называются справочными.

1.4. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком «*», а в технических требованиях записывают: «* Размеры для справок». Если все размеры на чертеже справочные, их знаком «*» не отмечают, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

На строительных чертежах справочные размеры отмечают и оговаривают только в случаях, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.5. К справочным относят следующие размеры:

а) один из размеров замкнутой размерной цепи. Предельные отклонения таких размеров на чертеже не указывают (черт. 1);



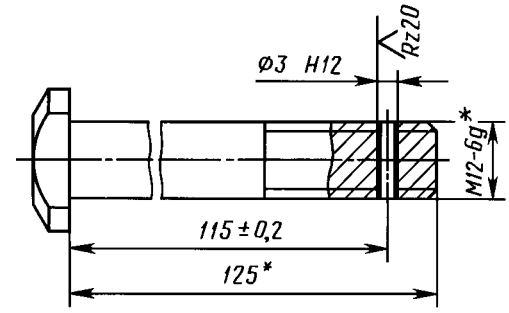

* Размеры для справок.

Черт. 1

**Издание официальное** ★ **Перепечатка воспрещена**

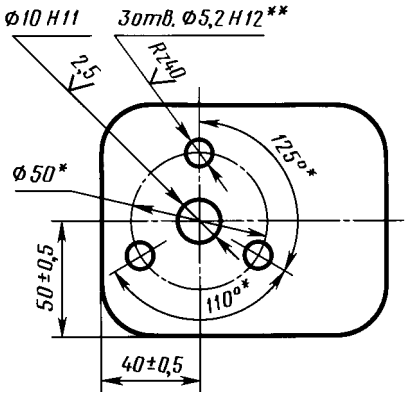
б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок (черт. 2);

в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали (черт. 3);




* Размеры для справок.

Черт. 2




1*. Размеры для справок.

2*. Обработать по сопрягаемой детали (или по дет...).

Черт. 3

г) размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например, ход поршня, ход штока клапана двигателя внутреннего сгорания и т.п.;

д) размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;

е) габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей;

ж) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенным в графе 3 основной надписи.

Примечания:

1. Справочные размеры, указанные в перечислениях *б, в, г, е, ж*, допускается наносить как с предельными отклонениями, так и без них.

2. Установочными и присоединительными называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию.

3. Габаритными называются размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

1.6. На чертежах изделий у размеров, контроль которых технически затруднен, наносят знак «*», а в технических требованиях помещают надпись «Размеры обеспеч. инстр.».

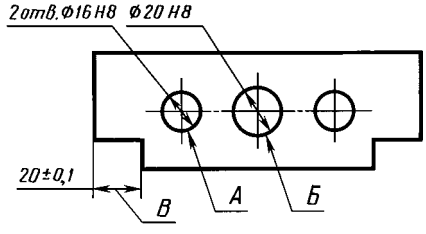
Примечание. Указанная надпись означает, что выполнение заданного чертежом размера с предельным отклонением должно гарантироваться размером инструмента или соответствующим технологическим процессом.

При этом размеры инструмента или технологический процесс проверяются периодически в процессе изготовления изделий.

Периодичность контроля инструмента или технологического процесса устанавливается предприятием-изготовителем совместно с представителем заказчика.

1.7. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации. Исключение составляют справочные размеры, приведенные в п. 1.5, перечислениях *б* и *ж*.

Если в технических требованиях необходимо дать ссылку на размер, нанесенный на изображение, то этот размер или соответствующий элемент обозначают буквой, а в технических требованиях помещают запись, аналогичную приведенной на черт. 4.




1. Допуск параллельности осей отв. *А* и *Б* — 0,05 мм.

2. Разность размеров *В* с обеих сторон — более 0,1 мм.

Черт. 4

На строительных чертежах размеры допускается повторять.

1.5—1.7. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.8. Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах и в спецификациях указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения.

Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения.

**(Измененная редакция, Изм. № 3).**

1.9. Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, а в других единицах измерения (сантиметрах, метрах и т.д.), то соответствующие размерные числа записывают с обозначением единицы измерения (см, м) или указывают их в технических требованиях.

На строительных чертежах единицы измерения в этих случаях допускается не указывать, если они оговорены в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.10. Угловые размеры и предельные отклонения угловых размеров указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например: 4 °; 4 °30′; 12 °45′30″; 0 °30′40″; 0 °18′; 0 °5′25″; 0 °0′30″; 30 °±1 °; 30 °±10′.

1.11. Для размерных чисел применять простые дроби не допускается, за исключением размеров в дюймах.

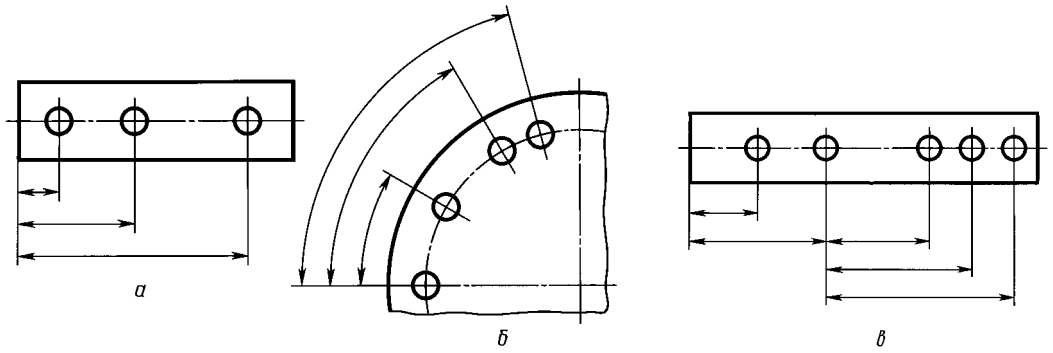
1.12. Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, проставляют, как правило, от конструктивных без с учетом возможностей выполнения и контроля этих размеров.

1.13. При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т.п.) на одной оси или на одной окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующими способами:

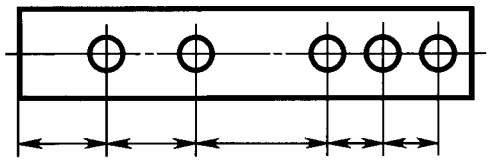
от общей базы (поверхности, оси) — по черт. 5*а* и *б*;

заданием размеров нескольких групп элементов от нескольких общих баз — по черт. 5*в*;

заданием размеров между смежными элементами (цепочкой) — по черт. 6.




Черт. 5

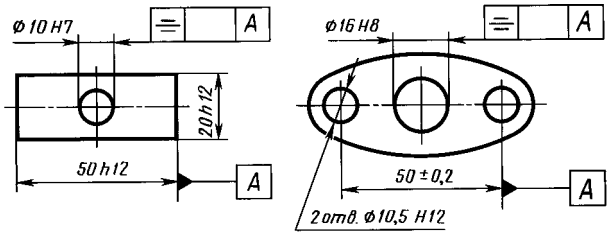


Черт. 6

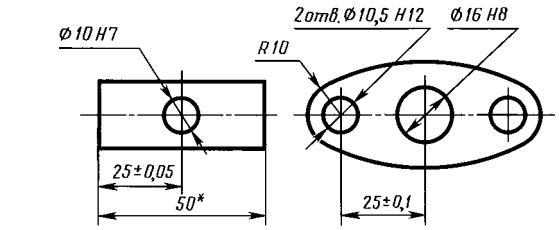
1.14. Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (см. черт. 1).

На строительных чертежах размеры наносят в виде замкнутой цепи, кроме случаев, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят, как показано на черт. 7 и 8.




Черт. 7




* Размеры для справок.

Черт. 8

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.15. Для всех размеров, нанесенных на рабочих чертежах, указывают предельные отклонения.

Допускается не указывать предельные отклонения:

а) для размеров, определяющих зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, отделки, накатки, насечки, а также диаметры накатанных и насеченных поверхностей. В этих случаях непосредственно у таких размеров наносят знак ≈ ;

б) для размеров деталей изделий единичного производства, задаваемых с припуском на пригонку.

На таких чертежах в непосредственной близости от указанных размеров наносят знак «*», а в технических требованиях указывают:

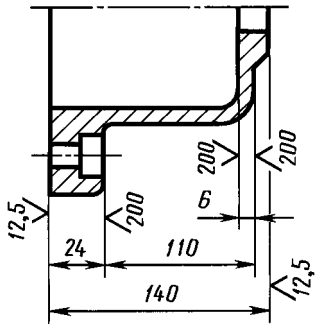
«* Размеры с припуском на пригонку по дет. ...»,

«* Размеры с припуском на пригонку по черт. ...»,

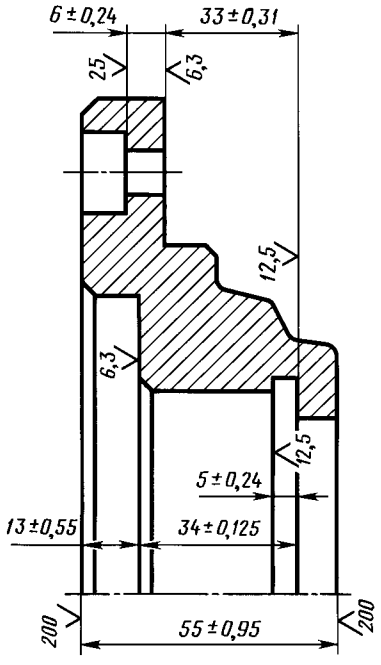
«* Размеры с припуском на пригонку по сопрягаемой детали».

На строительных чертежах предельные отклонения размеров указывают только в случаях, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.16. При выполнении рабочих чертежей деталей, изготовляемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверхности детали, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке (черт. 9 и 10).



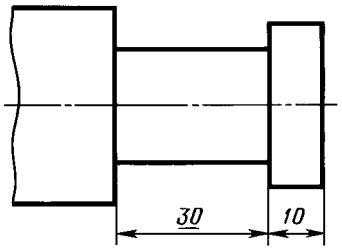

Черт. 9




Черт. 10

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.17. Если элемент изображен с отступлением от масштаба изображения, то размерное число следует подчеркнуть (черт. 10*а*).




Черт. 10а

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

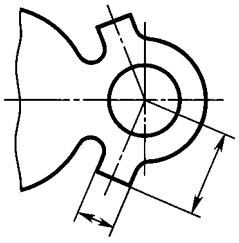
## 2. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

2.1. Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.

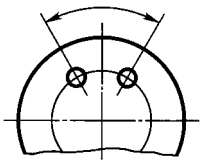
2.2. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии — перпендикулярно размерным (черт. 11).

2.3. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — радиально (черт. 12).

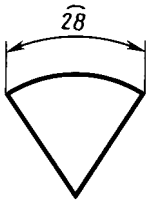
2.4. При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии — параллельно биссектрисе угла, и над размерным числом наносят знак «⌒» (черт. 13).



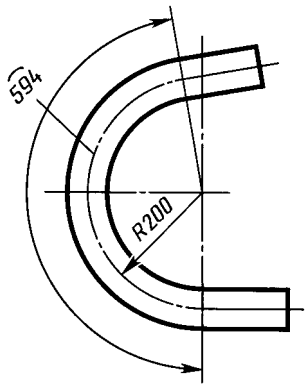
Черт. 11



Черт. 12




Черт. 13




Черт. 14

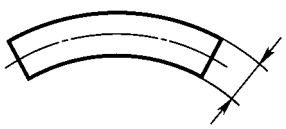
Допускается располагать выносные линии размера дуги радиально, и, если имеются еще концентричные дуги, необходимо указывать, к какой дуге относится размер (черт. 14).

2.4а. При нанесении размеров деталей, подобных изображенной на черт. 14*а*, размерные линии следует проводить в радиусном направлении, а выносные — по дугам окружностей (черт. 14*а*).

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

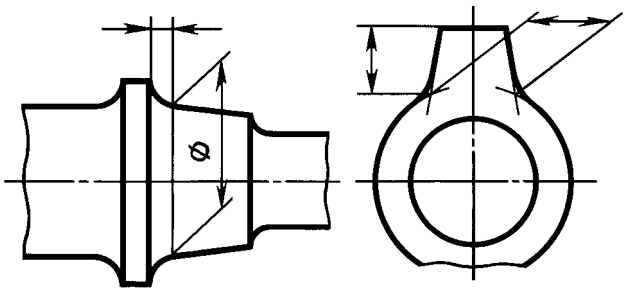
2.5. Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии, кроме случаев, приведенных в пп. 2.16, 2.17, 2.20 и 2.21, и при нанесении линии радиуса, ограниченной стрелкой со стороны определяемой дуги или скругления.

На строительных чертежах взамен стрелок допускается применять засечки на пересечении размерных и выносных линий, при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1...3 мм.



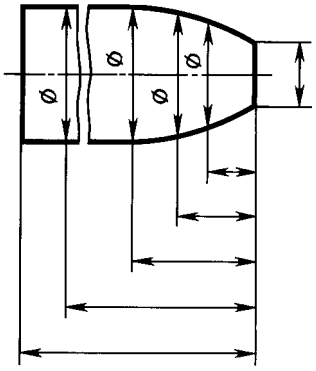
Черт. 14а

2.6. В случаях, показанных на черт. 15, размерную и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм.

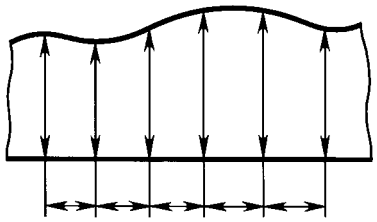


Черт. 15

2.7. Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям (черт. 16 и 17).



Черт. 16



Черт. 17

2.8. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.

2.9. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм.

2.10. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа.

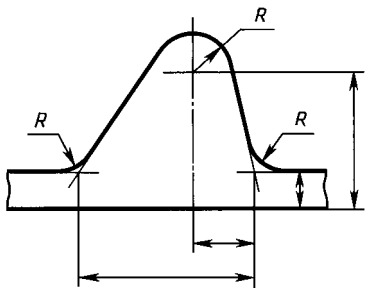
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.11. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий (см. черт. 16).

2.12. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

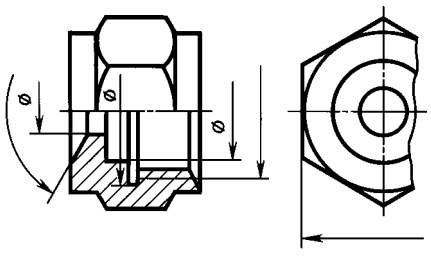
2.13. Выносные линии проводят от линий видимого контура, за исключением случаев, указанных в пп. 2.14 и 2.15, и случаев, когда при нанесении размеров на невидимом контуре отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения.

2.14. Размеры контура криволинейного профиля наносят, как показано на черт. 16 и 17.



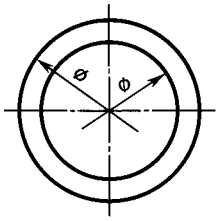

Черт. 18

2.15. Если надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги скругления, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла или центра дуги скругления (черт. 18).



Черт. 19

2.16. Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (черт. 19).



Черт. 20

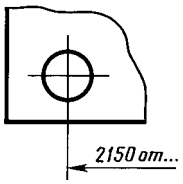
На строительных чертежах в подобных случаях все размеры допускается указывать только до оси симметрии, а размерные линии на пересечении с осью симметрии ограничивать крестиком из засечек.

2.17. Размерные линии допускается проводить с обрывом в следующих случаях:

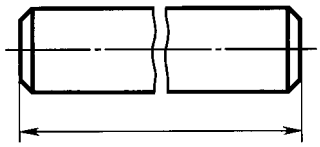
а) при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично; при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (черт. 20);

б) при нанесении размеров от базы, не изображенной на данном чертеже (черт. 21).

2.18. При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (черт. 22).




Черт. 21

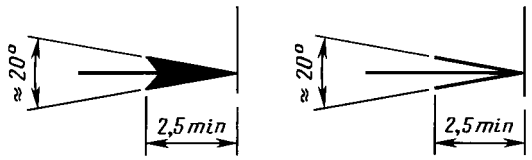


Черт. 22

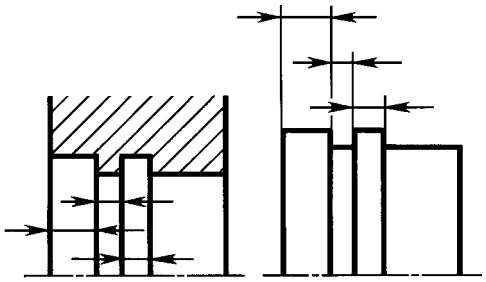
2.19. Величины элементов стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их приблизительно одинаковыми на всем чертеже. Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на черт. 23.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.20. Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или соответственно за контурные, осевые, центровые и т.д.) и стрелки наносят, как показано на черт. 24.



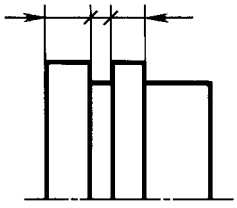

Черт. 23



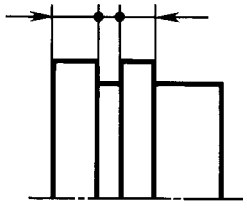
Черт. 24

2.21. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45 ° к размерным линиям (черт. 25); или четко наносимыми точками (черт. 26).

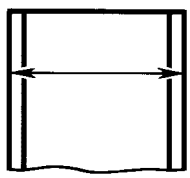
2.22. При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (черт. 24 и 27).



Черт. 25

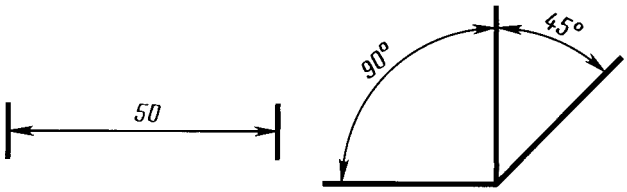


Черт. 26



Черт. 27

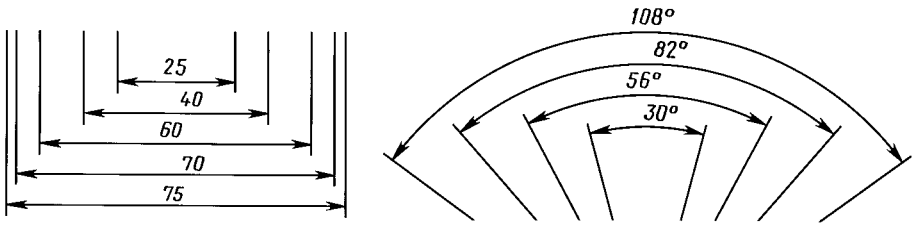
2.23. Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине (черт. 28).




Черт. 28

2.24. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий.

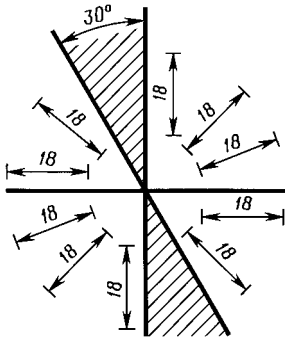
2.25. При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (черт. 29).



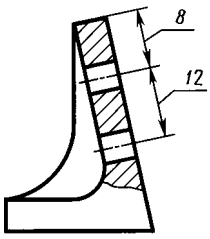

Черт. 29

2.26. Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на черт. 30.

Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (черт. 31).




Черт. 30

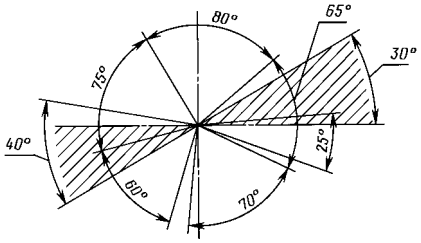



Черт. 31

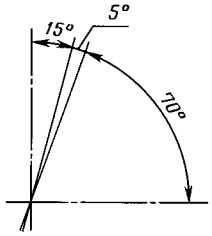
2.27. Угловые размеры наносят так, как показано на черт. 32. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии — со стороны вогнутости размерных линий. В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках.

Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне (черт. 33).

2.28. На строительных чертежах допускается линейные и угловые размерные числа и надписи наносить без полок линий-выносок.



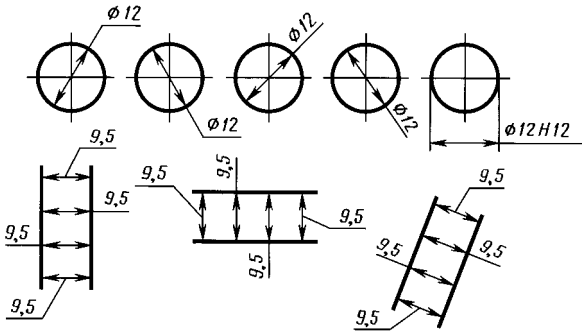

Черт. 32



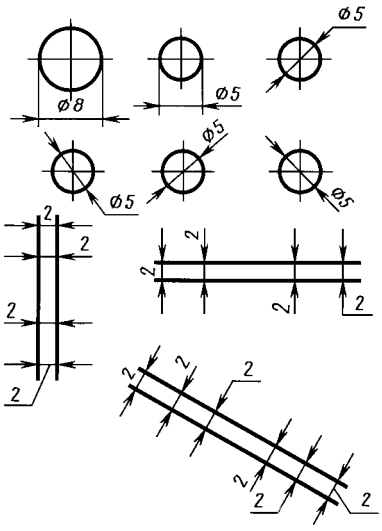

Черт. 33

2.29. Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на черт. 34; если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на черт. 35.

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения.




Черт. 34

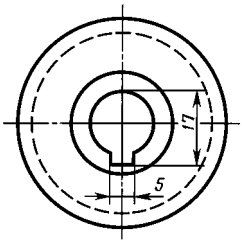



Черт. 35

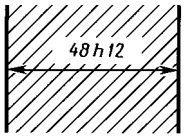
2.30. Размерные числа и предельные отклонения не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают (черт. 36 и 37).

2.29, 2.30. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

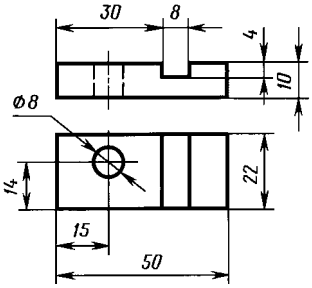
2.31. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.п.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (черт. 38).




Черт. 36




Черт. 37



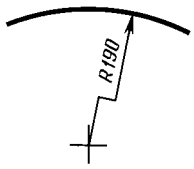

Черт.38

2.32. При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R*.

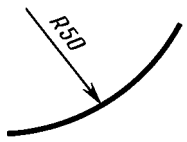
2.33. Если при нанесении размера радиуса дуги окружности необходимо указать размер, определяющий положение ее центра, то последний изображают в виде пересечения центровых или выносных линий.

При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге, в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90 ° (черт. 39).

2.34. Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра (черт. 40).



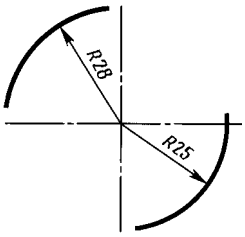

Черт. 39



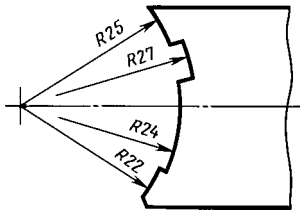

Черт. 40

2.35. При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой (черт. 41).

При совпадении центров нескольких радиусов их размерные линии допускается не доводить до центра, кроме крайних (черт. 41*а*).

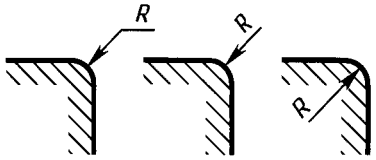



Черт. 41

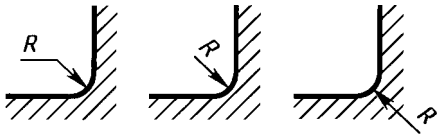



Черт. 41а

2.36. Размеры радиусов наружных скруглений наносят, как показано на черт. 42, внутренних скруглений — на черт. 43.



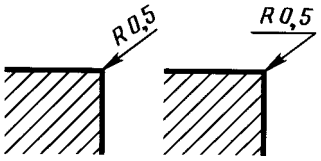

Черт. 42



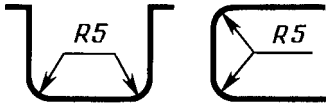

Черт. 43

Радиусы скругления, размер которых в масштабе чертежа 1 мм и менее, на чертеже не изображают и размеры их наносят, как показано на черт. 43*а*.

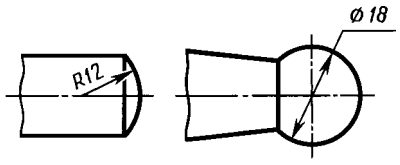
Способ нанесения размерных чисел при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения. Размеры одинаковых радиусов допускается указывать на общей полке, как показано на черт. 43*б*.




Черт. 43а




Черт. 43б




Черт. 44

Если радиусы скруглений, сгибов и т.п. на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображении рекомендуется в технических требованиях делать запись типа: «Радиусы скруглений 4 мм»; «Внутренние радиусы сгибов 10 мм»; «Неуказанные радиусы 8 мм» и т.п.

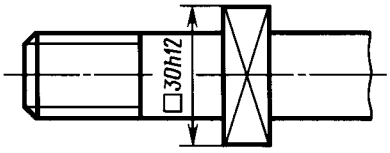
2.35, 2.36. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.37. При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак «∅».

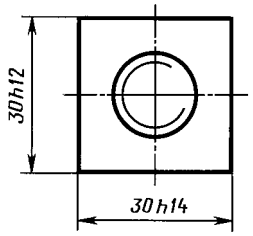
2.38. Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы также наносят знак ∅ (*R*) без надписи «Сфера» (черт. 44). Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово «Сфера» или знак ○, например, «Сфера ∅18, ○ *R*12».

Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже.

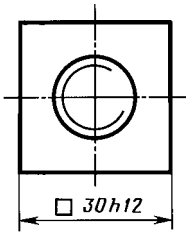
2.39. Размеры квадрата наносят, как показано на черт. 45, 46 и 46*а*.




Черт. 45




Черт. 46

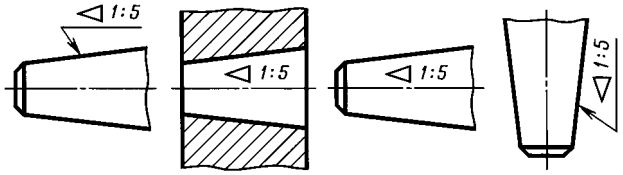



Черт. 46а

Высота знака □ должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже.

2.38, 2.39. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

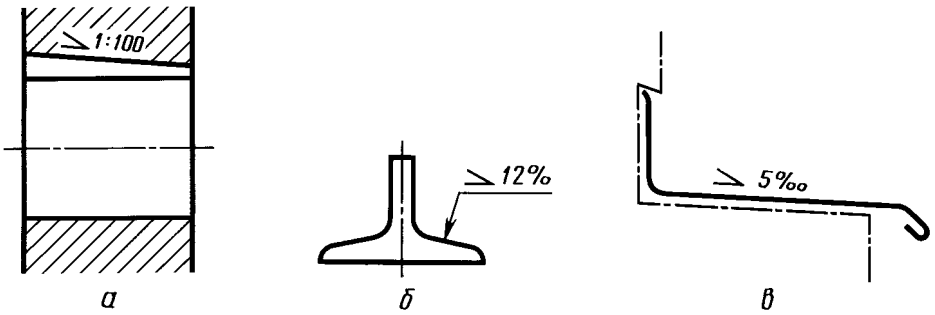
2.40. Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак « ◁ », острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса (черт. 47).




Черт. 47

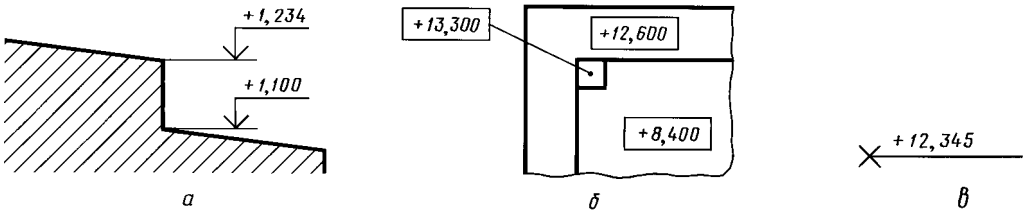
Знак конуса и конусность в виде соотношения следует наносить над осевой линией или на полке линии-выноски.

2.41. Уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения (черт. 48*а*), в процентах (черт. 48*б*) или в промилле (черт. 48*в*). Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак «>», острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.




Черт. 48

2.42. Отметки уровней (высоты, глубины) конструкции или ее элемента от какого-либо отсчетного уровня, принимаемого за «нулевой» на виде и разрезе, помещают на выносных линиях (или на линиях контура) и обозначают знаком «↓», выполненным сплошными тонкими линиями, длина штрихов 2—4 мм под углом 45 ° к выносной линии или линии контура (черт. 49*а*), на виде сверху их следует наносить в рамке непосредственно на изображении или на линии-выноске (черт. 49*б*), или как показано на черт. 49*в*.

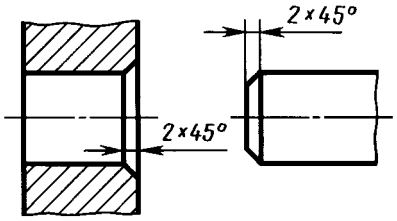



Черт. 49

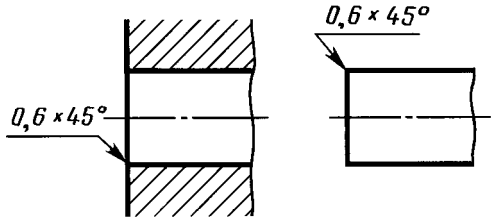
Отметки уровней указывают в метрах с точностью до третьего десятичного знака, без обозначения единицы измерения.

2.43. Размеры фасок под углом 45 ° наносят, как показано на черт. 50.

Допускается указывать размеры не изображенной на чертеже фаски под углом 45 °, размер которой в масштабе чертежа 1 мм и менее, на полке линии-выноски, проведенной от грани (черт. 50*а*).

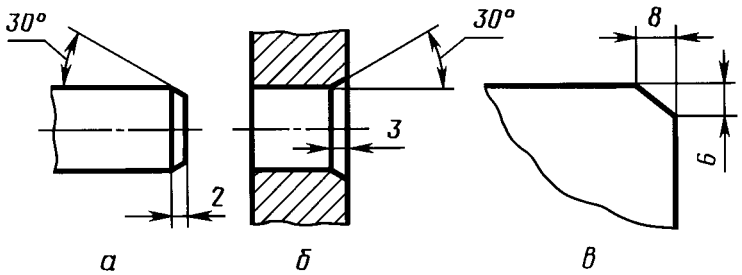



Черт. 50




Черт. 50а

Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейными угловыми размерами (черт. 51*а* и *б*) или двумя линейными размерами (черт. 51*в*).

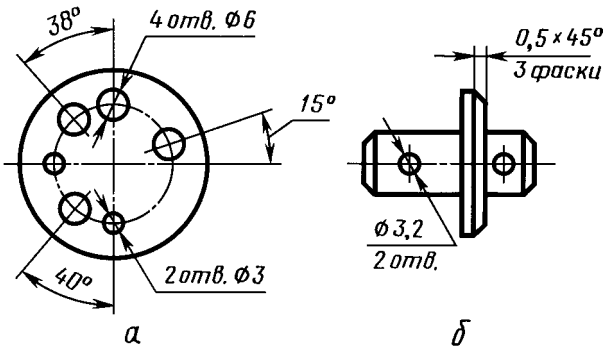



Черт. 51

2.40—2.43. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

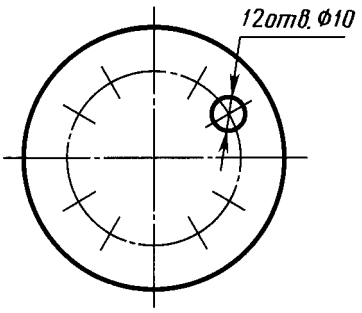
2.44. Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (черт. 52*а*).

Допускается указывать количество элементов, как показано на черт. 52*б*.

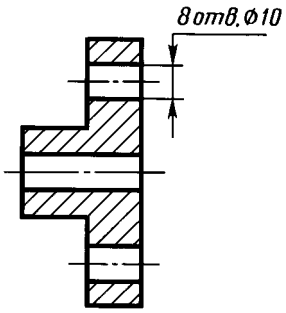



Черт. 52

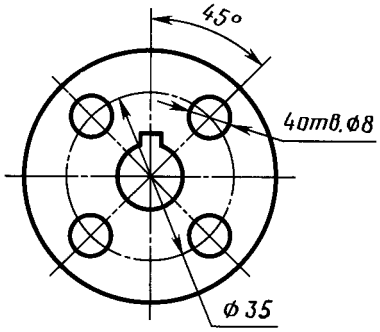
2.45. При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (черт. 53—55).




Черт. 53



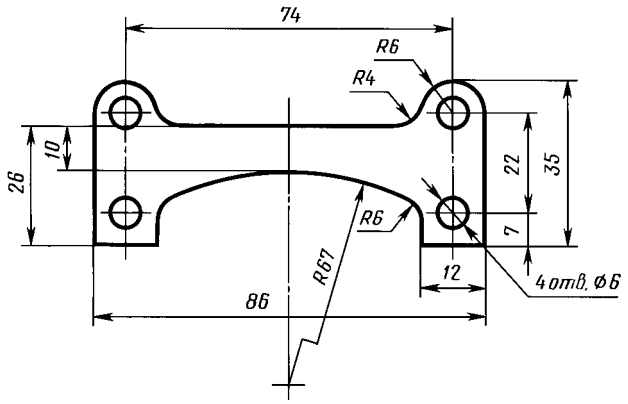

Черт. 54



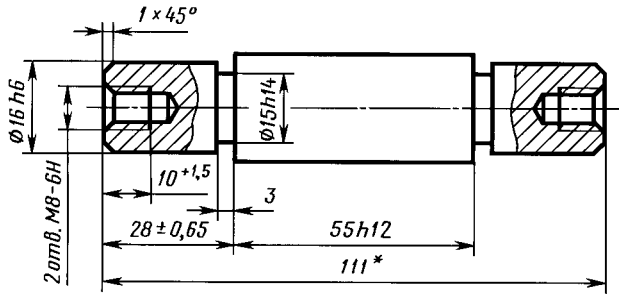

Черт. 55

2.46. Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, в одном месте все размеры (черт. 56 и 57).

Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры — только один раз.




Черт. 56



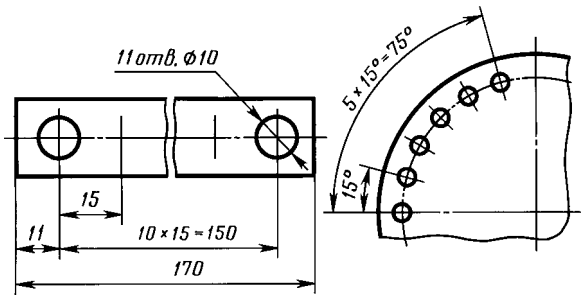

* Размеры для справок.

Черт. 57

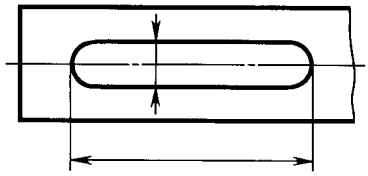
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.47. При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например, отверстиями), рекомендуется вместо размерных цепей наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (черт. 58).

2.47а. Допускается не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (черт. 58*а*).



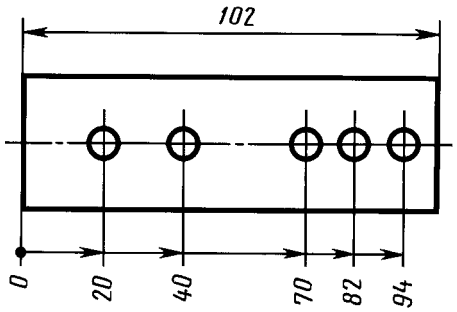

Черт. 58



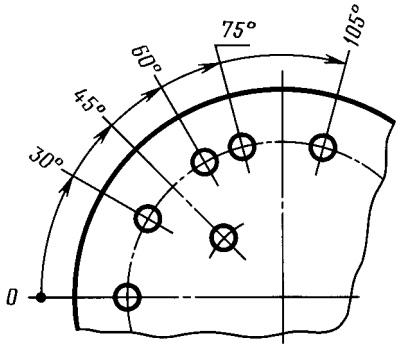
Черт. 58а

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

2.48. При большом количестве размеров, нанесенных от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на черт. 59 и 60, при этом проводят общую размерную линию от отметки «0» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов.

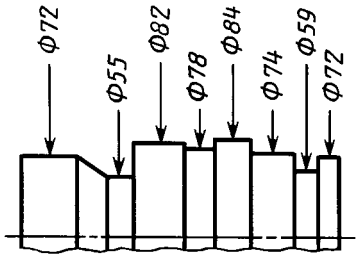



Черт. 59




Черт. 60

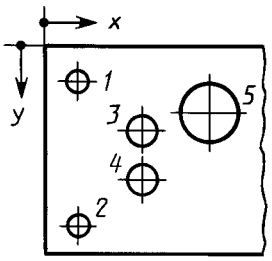
2.48а. Размеры диаметров цилиндрического изделия сложной конфигурации допускается наносить, как показано на черт. 60*а*.




Черт. 60а

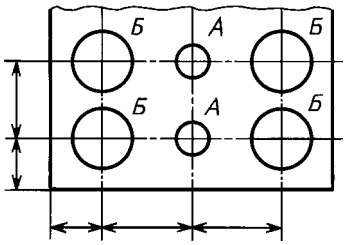
**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

2.49. При большом количестве однотипных элементов изделия, неравномерно расположенных на поверхности, допускается указывать их размеры в сводной таблице, при этом применяется координатный способ нанесения отверстий с обозначением их арабскими цифрами (черт. 61) или обозначение однотипных элементов прописными буквами (черт. 61*а*).




| № отв. | Ф | x | y |
|---|---|---|---|
| 1 | 9 | 20 | 20 |
| 2 | 9 | 20 | 110 |
| 3 | 13 | 60 | 50 |
| 4 | 13 | 60 | 80 |
| 5 | 25 | 90 | 40 |

Черт. 61

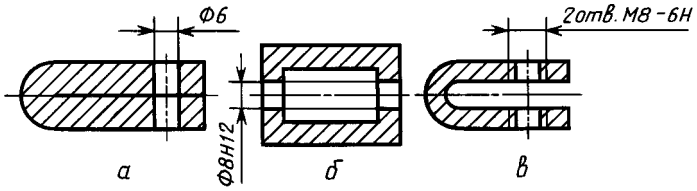



Черт. 61а

| *Обозначение отверстий* | *Кол.* | *Размер, мм* |
|---|---|---|
| *А* | *2* | *3* |
| *Б* | *4* | *6,5* |

2.50. Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например, отверстия), рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка (черт. 62*а*) или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (черт. 62*б*).

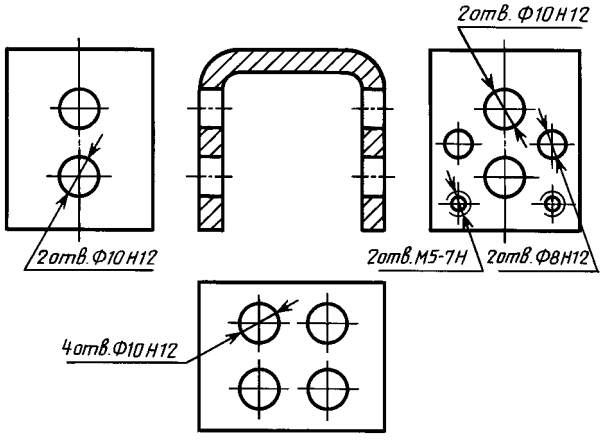
При отсутствии этих условий указывают полное количество элементов (черт. 62*в*).



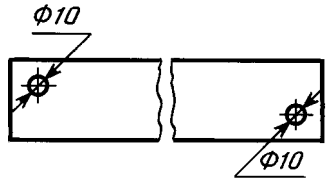

Черт. 62

2.51. Если одинаковые элементы изделия (например, отверстия) расположены на разных поверхностях и показаны на разных изображениях, то количество этих элементов записывают отдельно для каждой поверхности (черт. 63).

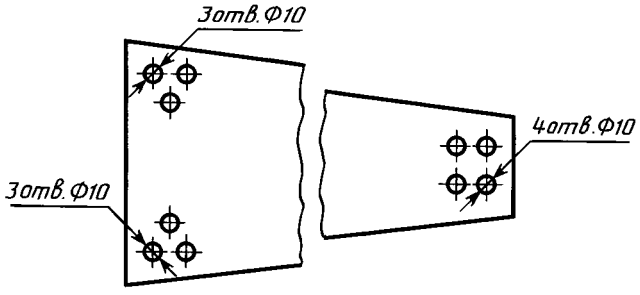
Допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия или их групп (в том числе отверстий), лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не увязаны между собой размерами (черт. 64 и 65).




Черт. 63



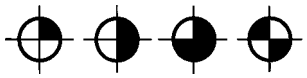

Черт. 64




Черт. 65

2.49—2.51. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.52. Если на чертеже показано несколько групп близких по размерам отверстий, то рекомендуется отмечать одинаковые отверстия одним из условных знаков, приведенных на черт. 66. Допускается применять и другие условные знаки.

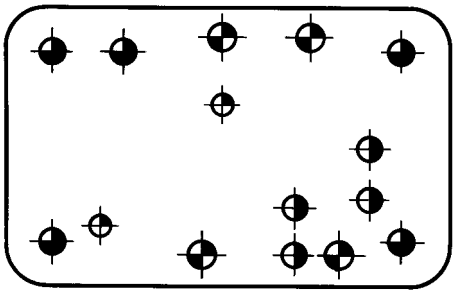


Черт. 66

Отверстия обозначают условными знаками на том изображении, на котором указаны размеры, определяющие положение этих отверстий.

На строительных чертежах допускается одинаковые группы отверстий обводить сплошной тонкой линией с поясняющей надписью.

2.53. При обозначении одинаковых отверстий условными знаками количество отверстий и их размеры допускается указывать в таблице (черт. 67).

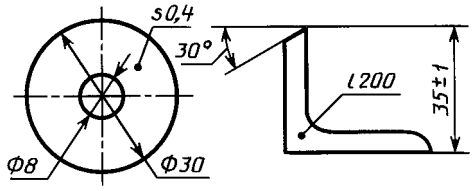


| Обозначение | Количество | Размеры | Шероховатость поверхности |
|---|---|---|---|
| ⊕ | 2 | Ф5Н7 | 3,2 |
| ◒ | 4 | Ф6Н12 | 12,5 |
| ◒ | 5 | Ф6,5 | 12,5 |
| ⊕ | 4 | Ф7 | 12,5 |

Черт. 67

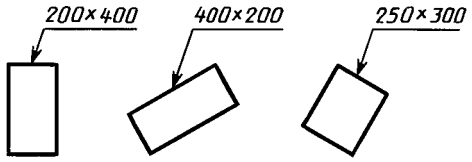
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.54. При изображении детали в одной проекции размер ее толщины или длины наносят, как показано на черт. 68.




Черт. 68

2.55. Размеры детали или отверстия прямоугольного сечения могут быть указаны на полке линии-выноски размерами сторон через знак умножения. При этом на первом месте должен быть указан размер той стороны прямоугольника, от которой проводится линия-выноска (черт. 68*а*).




Черт. 68а

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

## 3. НАНЕСЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ

3.1. Предельные отклонения размеров следует указывать непосредственно после номинальных размеров. Предельные отклонения линейных и угловых размеров относительно низкой точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях чертежа при условии, что эта запись однозначно определяет значения и знаки предельных отклонений.

Общая запись о предельных отклонениях размеров с неуказанными допусками должна содержать условные обозначения предельных отклонений линейных размеров в соответствии с ГОСТ 25346 (для отклонений по квалитетам) или по ГОСТ 25670 (для отклонений по классам точности). Симметричные предельные отклонения, назначаемые по квалитетам, следует обозначать $\pm \frac{IT}{2}$ с указанием номера квалитета.

Обозначения односторонних предельных отклонений по квалитетам, назначаемых только для круглых отверстий и валов (вариант 4 по ГОСТ 25670) дополняются знаком диаметра (∅).

Примеры общих записей, соответствующие вариантам по ГОСТ 25670 для 14 квалитета и (или) класса точности «средний», приведены в табл. 1:

Таблица 1

| Номер варианта | Пример записи условными обозначениями |
|---|---|
| 1. | $H14,\ h14,\ \pm\frac{t_2}{2}$ или $H14,\ h14,\ \pm\frac{IT14}{2}$ |
| 2. | $+t_2,\ -t_2,\ \pm\frac{t_2}{2}$ |
| 3. | $\pm\frac{t_2}{2}$ или $\pm\frac{IT14}{2}$ |
| 4. | $\varnothing H14,\ \varnothing h14,\ \pm\frac{t_2}{2}$ или $\varnothing H14,\ \varnothing h14,\ \pm\frac{IT14}{2}$ |

Примечания:

1. Допускается записи о неуказанных предельных отклонениях размеров дополнять поясняющими словами, например, «Неуказанные предельные отклонения размеров $H14,\ h14,\ \pm\frac{t_2}{2}$».

2. Если технические требования на чертеже состоят из одного пункта, содержащего запись о неуказанных предельных отклонениях размеров, или эта запись приводится в текстовых документах, то она должна обязательно сопровождаться поясняющими словами, например, «Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm\frac{t_2}{2}$».

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

3.1*а*. Неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов не оговариваются отдельно, а должны соответствовать приведенным в ГОСТ 25670 в соответствии с квалитетом или классом точности неуказанных предельных отклонений линейных размеров.

Если все предельные отклонения линейных размеров указаны непосредственно после номинальных размеров (общая запись отсутствует), то неуказанные предельные отклонения радиусов закруглений, фасок и углов должны соответствовать приведенным в ГОСТ 25670 для квалитетов от 12 до 16 и на чертеже не оговариваются.

**(Введен дополнительно, Изм. № 2).**

3.2. Предельные отклонения линейных размеров указывают на чертежах условными обозначениями полей допусков в соответствии с ГОСТ 25346, например: 18*H*7, 12*e*8 или числовыми значениями, например: $18^{+0,018}\ 12^{-0,032}_{-0,059}$, или условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках их числовых значений например: $18H7^{(+0,018)}$, $12e8\ (^{-0,032}_{-0,059})$.

Таблица 2

мм

| Размер | Пред. откл. |
|---|---|
| 18*H*7 | +0,018 |
| 12*e*8 | —0,032<br>—0,059 |

Допускается числовые значения предельных отклонений указывать в таблице (табл. 2), расположенной на свободном поле чертежа.

При указании номинальных размеров буквенными обозначениями поля допусков должны быть указаны после тире, например, *D*—*H*11.

3.3. При указании предельных отклонений условными обозначениями обязательно и указание их числовых значений в следующих случаях:

а) при назначении предельных отклонений (установленных стандартами на допуски и посадки) размеров, не включенных в ряды нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636, например: 41,5 $H7^{(+0,025)}$;

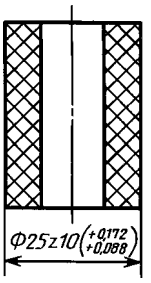
б) при назначении предельных отклонений, условные обозначения которых не предусмотрены в ГОСТ 25347, например, для пластмассовой детали с предельными отклонениями по ГОСТ 25349 (черт. 69);

в) при назначении предельных отклонений размеров уступов с несимметричным полем допуска (черт. 70, 71);

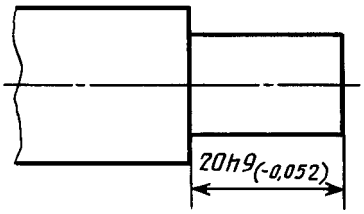
г) **(Исключен, Изм. № 2).**

3.4. Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми значениями (черт. 72).

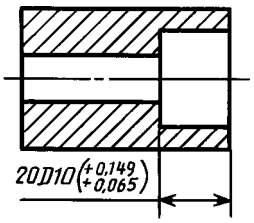
3.5. При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние отклонения помещают над нижними. Предельные отклонения, равные нулю, не указывают, например: $60^{+0,014}_{-0,032}$; $60^{-0,100}_{-0,174}$; $60^{+0,19}$; $60_{-0,19}$.



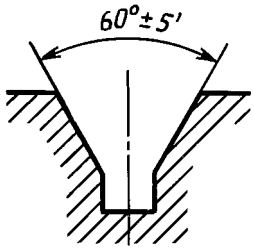

Черт. 69




Черт. 70




Черт. 71




Черт. 72

При симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонений указывают один раз со знаком ±; при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера, например: 60±0,23.

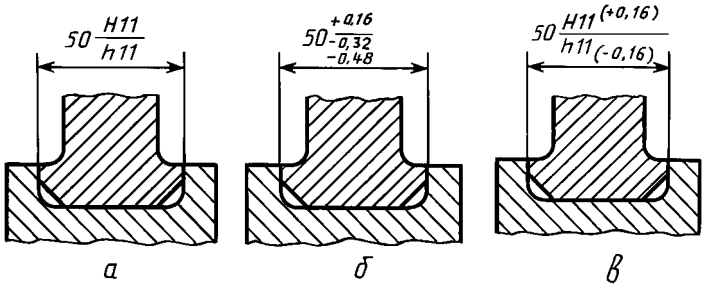
3.6. Предельные отклонения, указываемые числовыми значениями, выраженными десятичной дробью, записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая количество знаков в верхнем и нижнем отклонении добавлением нулей,например: $10^{+0,15}_{-0,30}$; $35^{-0,080}_{-0,142}$.

3.7. Предельные отклонения размеров деталей, изображенных на чертеже в сборе, указывают одним из следующих способов:

а) в виде дроби, в числителе которой указывают условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала, например: $50\frac{H11}{h11}$ или $50H11/h11$ (черт. 73*а*);

б) в виде дроби, в числителе которой указывают числовые значения предельных отклонений отверстия, а в знаменателе — числовые значения предельных отклонений вала (черт. 73*б*);

$б_1$) в виде дроби, в числителе которой указывают условное обозначение поля допуска отверстия с указанием справа в скобках его числового значения, а в знаменателе — условное обозначение поля допуска вала с указанием справа в скобках его числового значения (черт. 73*в*);

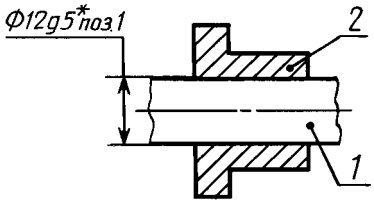



Черт. 73

в) в виде записи, в которой указывают предельные отклонения только одной из сопрягаемых деталей. В этом случае необходимо пояснить, к какой детали относятся эти отклонения (черт. 74).

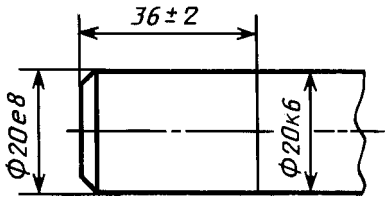
3.8. Когда для участков поверхности с одним номинальным размером назначают разные предельные отклонения, границу между ними наносят сплошной тонкой линией, а номинальный размер указывают с соответствующими предельными отклонениями для каждого участка отдельно (черт. 75).

Через заштрихованную часть изображения линию границы между участками проводить не следует (черт. 75*а*).

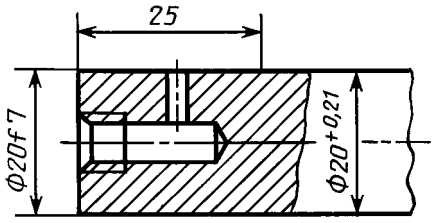



* Размеры для справок.

Черт. 74



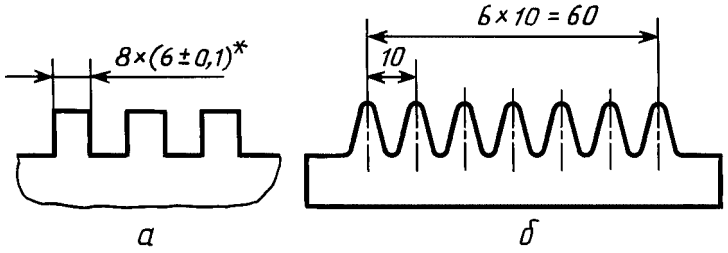

Черт. 75




Черт. 75а

3.2—3.8. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

3.9. Если необходимо ограничить колебания размера одинаковых элементов одной детали в пределах части поля допуска (черт. 76*а*) или необходимо ограничить величину накопленной погрешности расстояния между повторяющимися элементами (черт. 76*б*), то эти данные указывают в технических требованиях.

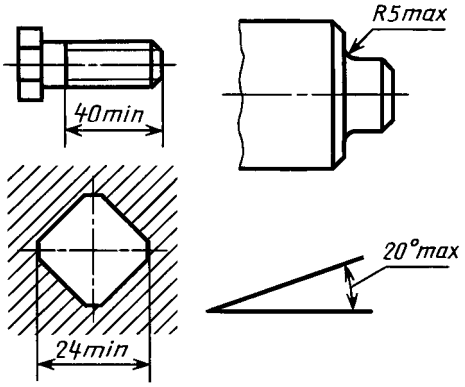



* Разность размеров 0,1 мм.

Предельные отклонения расстояния между любыми несмежными зубьями ±0,1 мм.

Черт. 76

3.10. Когда необходимо указать только один предельный размер (второй ограничен в сторону увеличения или уменьшения каким-либо условием), после размерного числа указывают соответственно max или min (черт. 77).



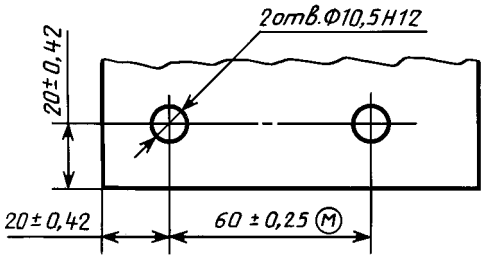

Черт. 77

Указывать предельные размеры допускается также на сборочных чертежах для зазоров, натягов, мертвых ходов и т.п., например: «Осевое смещение кулачка выдержать в пределах 0,6—1,4 мм».

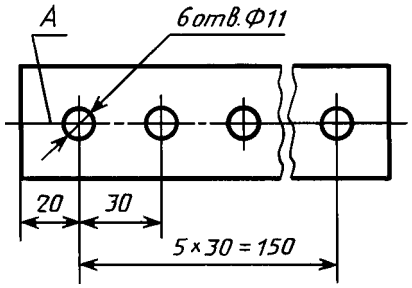
3.11. Предельные отклонения расположения осей отверстий можно указывать двумя способами:

а) позиционными допусками осей отверстий в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308;

б) предельными отклонениями размеров, координирующих оси (черт. 78—80).



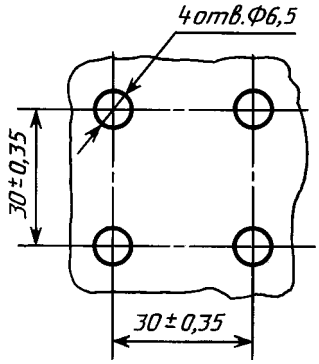

Черт. 78




1. Предельные отклонения размеров между осями двух любых отв. ±0,35 мм.

2. Смещение осей от плоскости А не более 0,18 мм.

Черт. 79




Предельные отклонения размеров по диагонали между осями двух любых отв. ±0,5 мм.

Черт. 80

Если допуски расположения осей зависимые, то после предельных отклонений размеров, координирующих оси, следует указывать знак зависимого допуска Ⓜ.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР**

**2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**

**3. ВЗАМЕН ГОСТ 3458—59, ГОСТ 9171—59, ГОСТ 5292—60 в части разд. III**

**4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

| Обозначение НТД, на который дана ссылка | Номер пункта, перечисления |
|---|---|
| ГОСТ 2.308—79 | 3.11, перечисление а |
| ГОСТ 2.414—75 | 1.1 |
| ГОСТ 2.417—91 | 1.1 |
| ГОСТ 2.419—68 | 1.1 |
| ГОСТ 6636—69 | 3.3, перечисление а |
| ГОСТ 25346—89 | 3.1, 3.2 |
| ГОСТ 25347—82 | 3.3, перечисление б |
| ГОСТ 25349—88 | 3.3, перечисление б |
| ГОСТ 25670—83 | 3.1, 3.1а |

**5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 2, 3, утвержденными в июне 1983 г., сентябре 1987 г. (ИУС 9—83, 12—87)**

УДК 744.43:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# УКАЗАНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Unified system for design documentation.
Representation of limits of forms and
surface lay-out on drawings

**ГОСТ 2.308—79***

**Взамен ГОСТ 2.308—68**

**Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 4 января 1979 г. № 31 срок введения установлен**

**с 01.01.80**

Настоящий стандарт устанавливает правила указания допусков формы и расположения поверхностей на чертежах изделий всех отраслей промышленности.

Термины и определения допусков формы и расположения поверхностей — по ГОСТ 24642—81.

Числовые значения допусков формы и расположения поверхностей — по ГОСТ 24643—81.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 368—76.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

## 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1.1. Допуски формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными обозначениями.

Вид допуска формы и расположения поверхностей должен быть обозначен на чертеже знаками (графическими символами), приведенными в таблице.

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

* *Издание (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в августе 1984 г. (ИУС 12—84)*

| Группа допусков | Вид допуска | Знак |
|---|---|---|
| Допуск формы | Допуск прямолинейности |  |
| | Допуск плоскостности |  |
| | Допуск круглости |  |
| | Допуск цилиндричности |  |
| | Допуск профиля продольного сечения |  |
| Допуск расположения | Допуск параллельности |  |
| | Допуск перпендикулярности |  |
| | Допуск наклона |  |
| | Допуск соосности |  |
| | Допуск симметричности |  |
| | Позиционный допуск |  |
| | Допуск пересечения осей |  |
| Суммарные допуски формы и расположения | Допуск радиального биения<br>Допуск торцового биения<br>Допуск биения в заданном направлении |  |
| | Допуск полного радиального биения |  |
| | Допуск полного торцового биения | |
| | Допуск формы заданного профиля |  |
| | Допуск формы заданной поверхности |  |

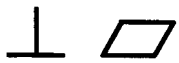
Формы и размеры знаков приведены в приложении 1.

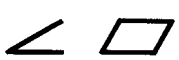
Примеры указания на чертежах допусков формы и расположения поверхностей приведены в приложении 2.

Примечание. Суммарные допуски формы и расположения поверхностей, для которых не установлены отдельные графические знаки, обозначают знаками составных допусков в следующей последовательности: знак допуска расположения, знак допуска формы.

Например:

 — знак суммарного допуска параллельности и плоскостности;

 — знак суммарного допуска перпендикулярности и плоскостности;

 — знак суммарного допуска наклона и плоскостности.

1.2. Допуск формы и расположения поверхностей допускается указывать текстом в технических требованиях, как правило, в том случае, если отсутствует знак вида допуска.

1.3. При указании допуска формы и расположения поверхностей в технических требованиях текст должен содержать:

вид допуска;

указание поверхности или другого элемента, для которого задается допуск (для этого используют буквенное обозначение или конструктивное наименование, определяющее поверхность);

числовое значение допуска в миллиметрах;

указание баз, относительно которых задается допуск (для допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения);

указание о зависимых допусках формы или расположения (в соответствующих случаях).

1.4. При необходимости нормирования допусков формы и расположения, не указанных на чертеже числовыми значениями и не ограничиваемых другими указанными в чертеже допусками формы и расположения, в технических требованиях чертежа должна быть приведена общая запись о неуказанных допусках формы и расположения со ссылкой на ГОСТ 25069—81 или другие документы, устанавливающие неуказанные допуски формы и расположения.

Например: 1. Неуказанные допуски формы и расположения — по ГОСТ 25069—81.

2. Неуказанные допуски соосности и симметричности — по ГОСТ 25069—81.

**(Введен дополнительно, Изм. № 1).**

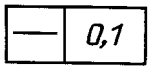
## 2. НАНЕСЕНИЕ ОБОЗНАЧЕНИЙ ДОПУСКОВ

2.1. При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более части (черт. 1, 2), в которых помещают:

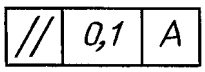
в первой — знак допуска по таблице;

во второй — числовое значение допуска в миллиметрах;

в третьей и последующих — буквенное обозначение базы (баз) или буквенное обозначение поверхности, с которой связан допуск расположения (пп. 3.7; 3.9).




Черт. 1




Черт. 2

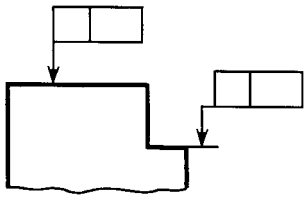
2.2. Рамки следует выполнять сплошными тонкими линиями. Высота цифр, букв и знаков, вписываемых в рамки, должна быть равна размеру шрифта размерных чисел.

Графическое изображение рамки приведено в приложении 1.

2.3. Рамку располагают горизонтально. В необходимых случаях допускается вертикальное расположение рамки.

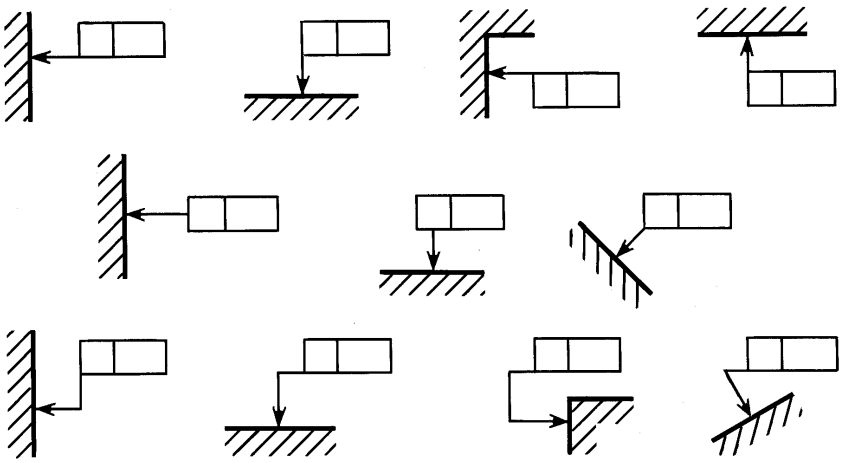
Не допускается пересекать рамку какими-либо линиями.

2.4. Рамку соединяют с элементом, к которому относится допуск, сплошной тонкой линией, заканчивающейся стрелкой (черт. 3).



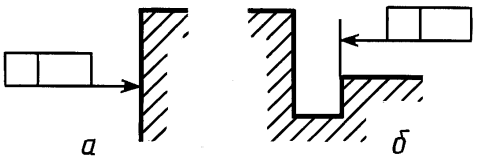
Черт. 3

Соединительная линия может быть прямой или ломаной, но направление отрезка соединительной линии, заканчивающегося стрелкой, должно соответствовать направлению измерения отклонения. Соединительную линию отводят от рамки, как показано на черт. 4.



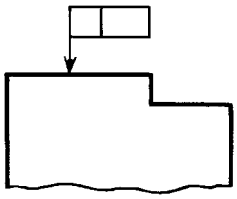
Черт. 4

В необходимых случаях допускается:
проводить соединительную линию от второй (последней) части рамки (черт. 5*а*);
заканчивать соединительную линию стрелкой и со стороны материала детали (черт. 5*б*).

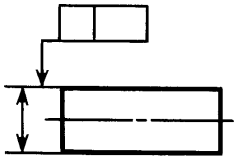



Черт. 5

2.5. Если допуск относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности или ее продолжением, при этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (черт. 6, 7).

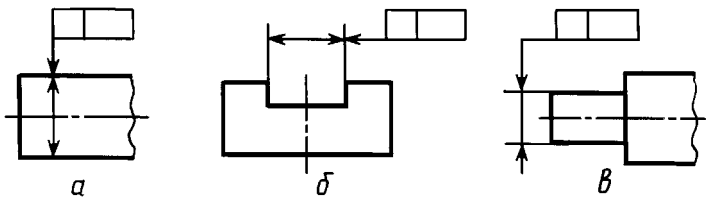


Черт. 6



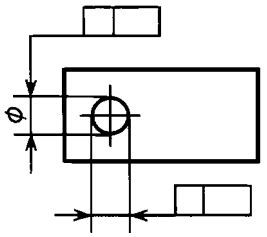
Черт. 7

2.6. Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии (черт. 8*а*, *б*). При недостатке места стрелку размерной линии допускается совмещать со стрелкой соединительной линии (черт. 8*в*).

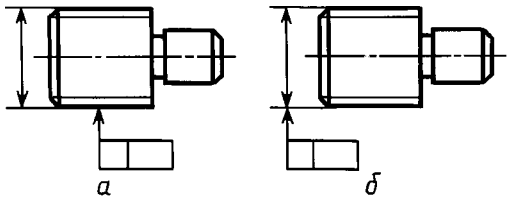



Черт. 8

Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения допуска формы и расположения, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения допуска формы или расположения (черт. 9).



Черт. 9

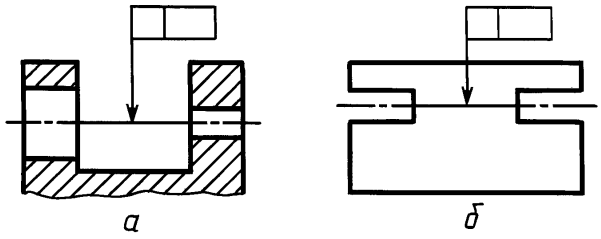



Черт. 10

2.7. Если допуск относится к боковым сторонам резьбы, то рамку соединяют с изображением в соответствии с черт. 10*а*.

Если допуск относится к оси резьбы, то рамку соединяют с изображением в соответствии с черт. 10*б*.

2.8. Если допуск относится к общей оси (плоскости симметрии) и из чертежа ясно, для каких поверхностей данная ось (плоскость симметрии) является общей, то рамку соединяют с осью (плоскостью симметрии) (черт. 11*а, б*).




Черт. 11

2.9. Перед числовым значением допуска следует указывать:

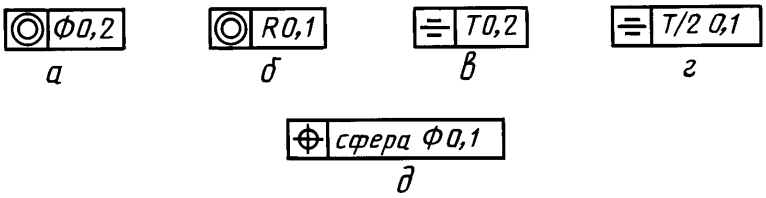
символ ∅, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают диаметром (черт. 12*а*);

символ *R*, если круговое или цилиндрическое поле допуска указывают радиусом (черт. 12*б*);

символ *T*, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда поле позиционного допуска ограничено двумя параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении (черт. 12*в*);

символ *T/2* для тех же видов допусков, если их указывают в радиусном выражении (черт. 12*г*);

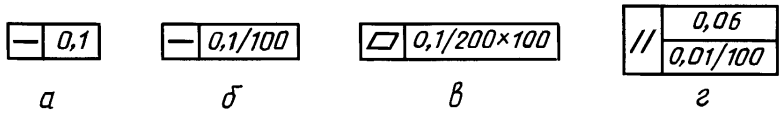
слово «сфера» и символы ∅ или *R*, если поле допуска сферическое (черт. 12*д*).




Черт. 12

2.10. Числовое значение допуска формы и расположения поверхностей, указанное в рамке (черт. 13*а*), относится ко всей длине поверхности. Если допуск относится к любому участку поверхности заданной длины (или площади), то заданную длину (или площадь) указывают рядом с допуском и отделяют от него наклонной линией (черт. 13 *б, в*), которая не должна касаться рамки.

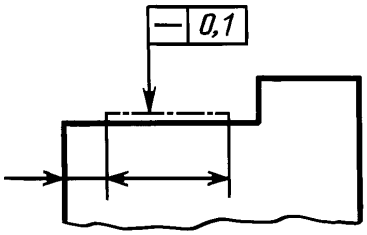
Если необходимо назначить допуск на всей длине поверхности и на заданной длине, то допуск на заданной длине указывают под допуском на всей длине (черт. 13*г*).




Черт. 13

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

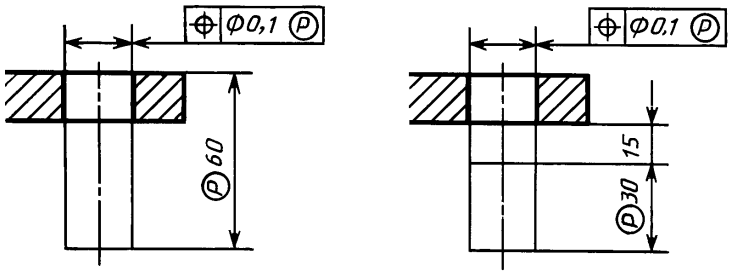
2.11. Если допуск должен относиться к участку, расположенному в определенном месте элемента, то этот участок обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами согласно черт. 14.




Черт. 14

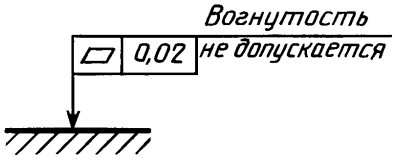
2.12. Если необходимо задать выступающее поле допуска расположения, то после числового значения допуска указывают символ Ⓟ.

Контур выступающей части нормируемого элемента ограничивают тонкой сплошной линией, а длину и расположение выступающего поля допуска — размерами (черт. 15).




Черт. 15

2.13. Надписи, дополняющие данные, приведенные в рамке допуска, следует наносить над рамкой, под ней или как показано на черт. 16.



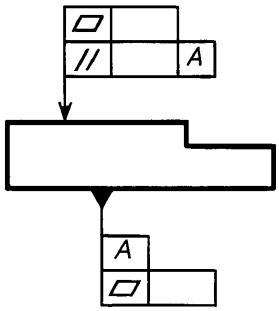

Черт. 16

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

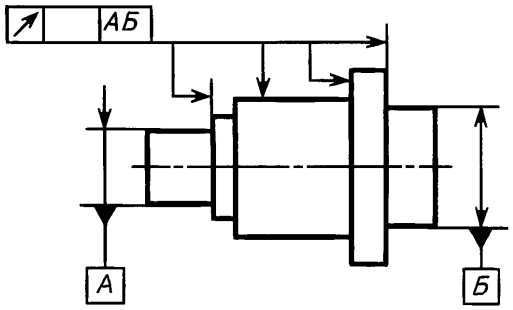
2.14. Если для одного элемента необходимо задать два разных вида допуска, то допускается рамки объединять и располагать их согласно черт. 17 (верхнее обозначение).

Если для поверхности требуется указать одновременно условное обозначение допуска формы или расположения и ее буквенное обозначение, используемое для нормирования другого допуска, то рамки с обоими условными обозначениями допускается располагать рядом на соединительной линии (черт. 17, нижнее обозначение).

2.15. Повторяющиеся одинаковые или разные виды допусков, обозначаемые одним и тем же знаком, имеющие одинаковые числовые значения и относящиеся к одним и тем же базам, допускается указывать один раз в рамке, от которой отходит одна соединительная линия, разветвляемая затем ко всем нормируемым элементам (черт. 18).




Черт. 17




Черт. 18

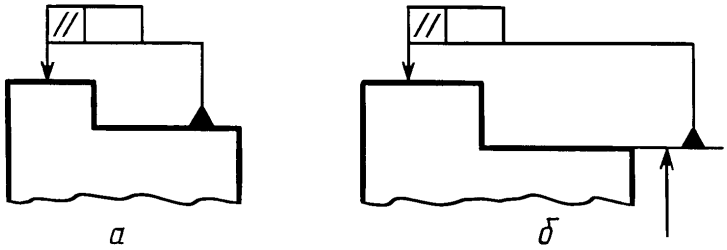
2.16. Допуски формы и расположения симметрично расположенных элементов на симметричных деталях указывают один раз.

## 3. ОБОЗНАЧЕНИЕ БАЗ

3.1. Базы обозначают зачерненным треугольником, который соединяют при помощи соединительной линии с рамкой. При выполнении чертежей с помощью выводных устройств ЭВМ допускается треугольник, обозначающий базу, не зачернять.

Треугольник, обозначающий базу, должен быть равносторонним, высотой, приблизительно равной размеру шрифта размерных чисел.

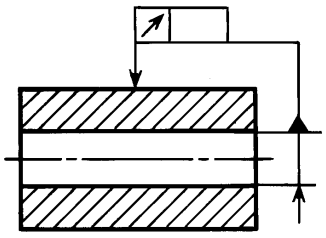
3.2. Если базой является поверхность или ее профиль, то основание треугольника располагают на контурной линии поверхности (черт. 19*а*) или на ее продолжении (черт. 19*б*). При этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии.




Черт. 19

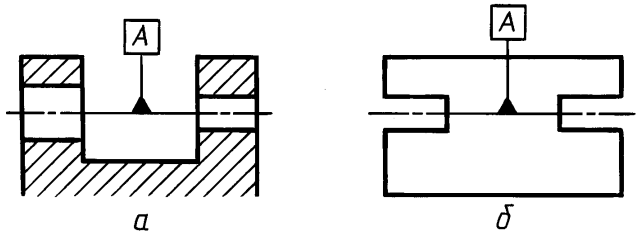
3.3. Если базой является ось или плоскость симметрии, то треугольник располагают на конце размерной линии (черт. 18).

В случае недостатка места стрелку размерной линии допускается заменять треугольником, обозначающим базу (черт. 20).



Черт. 20

Если базой является общая ось (черт. 21*а*) или плоскость симметрии (черт. 21*б*) и из чертежа ясно, для каких поверхностей ось (плоскость симметрии) является общей, то треугольник располагают на оси.

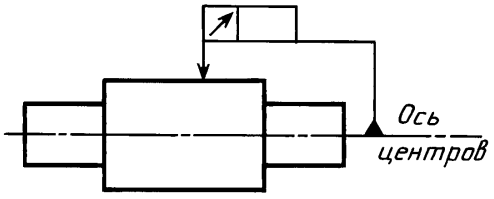



Черт. 21

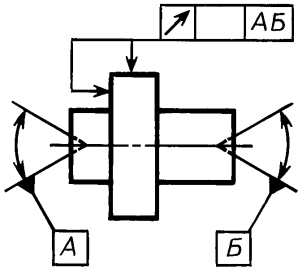
**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

3.4. Если базой является ось центровых отверстий, то рядом с обозначением базовой оси делают надпись «Ось центров» (черт. 22).

Допускается обозначать базовую ось центровых отверстий в соответствии с черт. 23.



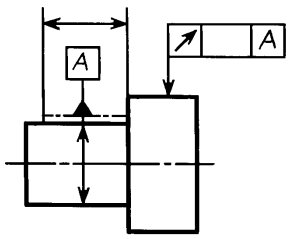

Черт. 22



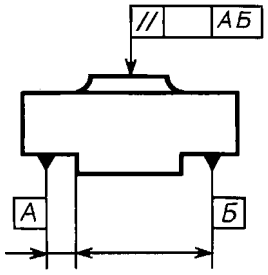

Черт. 23

3.5. Если базой является определенная часть элемента, то ее обозначают штрихпунктирной линией и ограничивают размерами в соответствии с черт. 24.

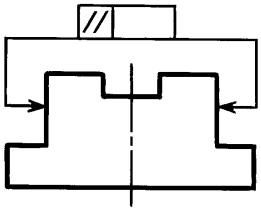
Если базой является определенное место элемента, то оно должно быть определено размерами согласно черт. 25.




Черт. 24



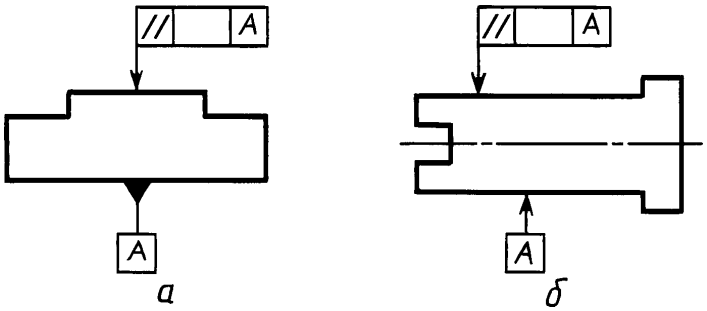

Черт. 25



Черт. 26

3.6. Если нет необходимости выделять как базу ни одну из поверхностей, то треугольник заменяют стрелкой (черт. 26).

3.7. Если соединение рамки с базой или другой поверхностью, к которой относится отклонение расположения, затруднительно, то поверхность обозначают прописной буквой, вписываемой в третью часть рамки. Эту же букву вписывают в рамку, которую соединяют с обозначаемой поверхностью линией, заканчивающейся треугольником, если обозначают базу (черт. 27*а*), или стрелкой, если обозначаемая поверхность не является базой (черт. 27*б*). При этом букву следует располагать параллельно основной надписи.

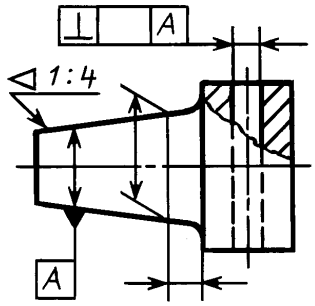



Черт. 27

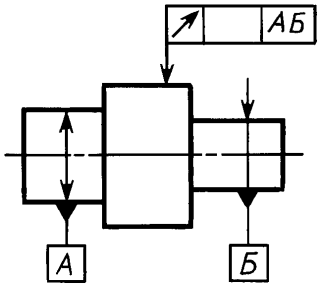
3.8. Если размер элемента уже указан один раз, то на других размерных линиях данного элемента, используемых для условного обозначения базы, его не указывают. Размерную линию без размера следует рассматривать как составную часть условного обозначения базы (черт. 28).

3.9. Если два или несколько элементов образуют объединенную базу и их последовательность не имеет значения (например, они имеют общую ось или плоскость симметрии), то каждый элемент обозначают самостоятельно и все буквы вписывают подряд в третью часть рамки (черт. 25, 29).

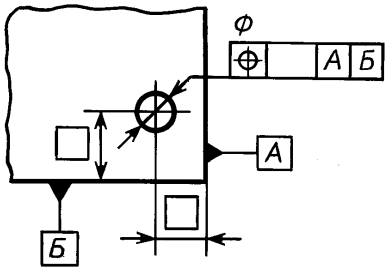
3.10. Если необходимо задать допуск расположения относительно комплекта баз, то буквенные обозначения баз указывают в самостоятельных частях (третьей и далее) рамки. В этом случае базы записывают в порядке убывания числа степеней свободы, лишаемых ими (черт. 30).




Черт. 28



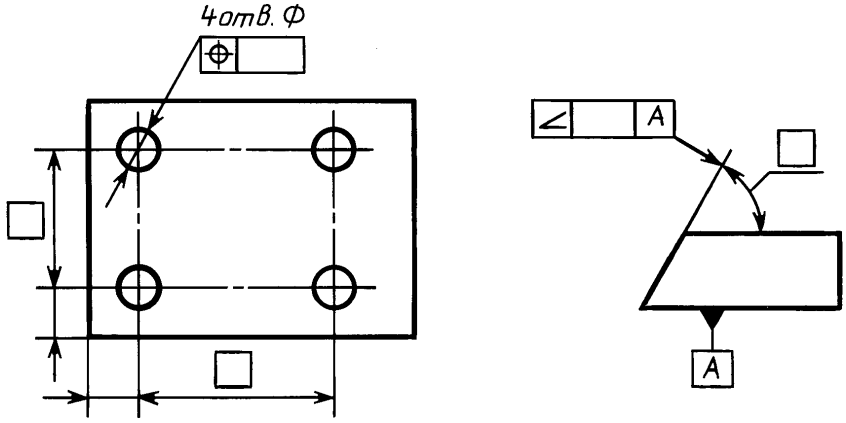

Черт. 29




Черт. 30

## 4. УКАЗАНИЯ НОМИНАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Линейные и угловые размеры, определяющие номинальное расположение и (или) номинальную форму элементов, ограничиваемых допуском, при назначении позиционного допуска, допуска наклона, допуска формы заданной поверхности или заданного профиля, указывают на чертежах без предельных отклонений и заключают в прямоугольные рамки (черт. 31).




Черт. 31

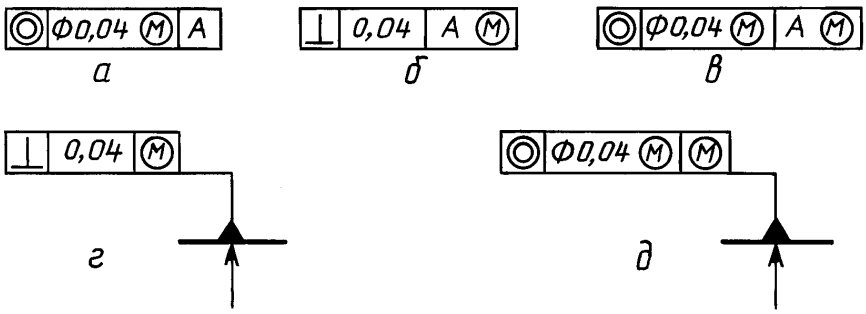
## 5. ОБОЗНАЧЕНИЕ ЗАВИСИМЫХ ДОПУСКОВ

5.1. Зависимые допуски формы и расположения обозначают условным знаком Ⓜ, который помещают:

после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента (черт. 32*а*);

после буквенного обозначения базы (черт. 32*б*) или без буквенного обозначения в третьей части рамки (черт. 32*г*), если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента;

после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (черт. 32*в*) или без буквенного обозначения (черт. 32*д*), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

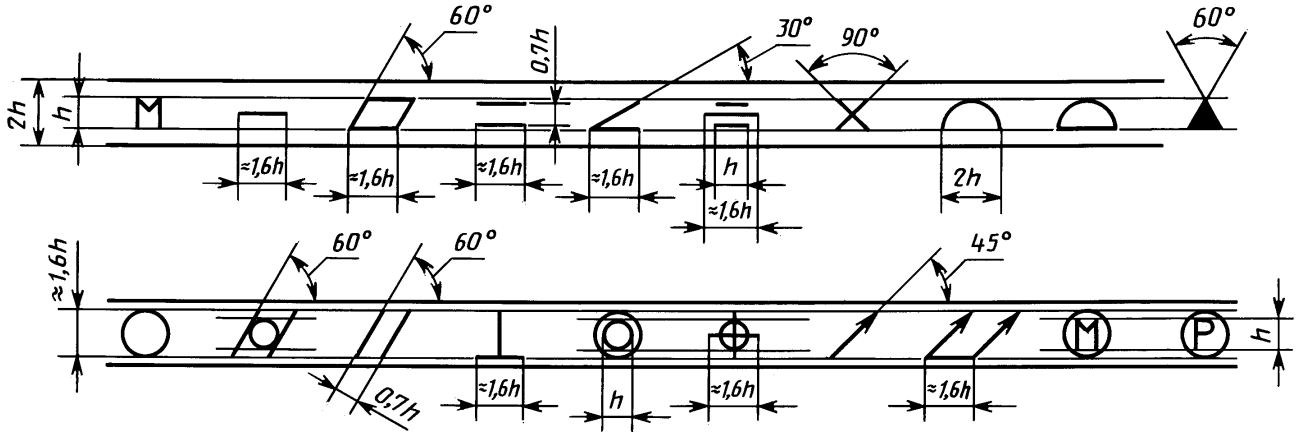


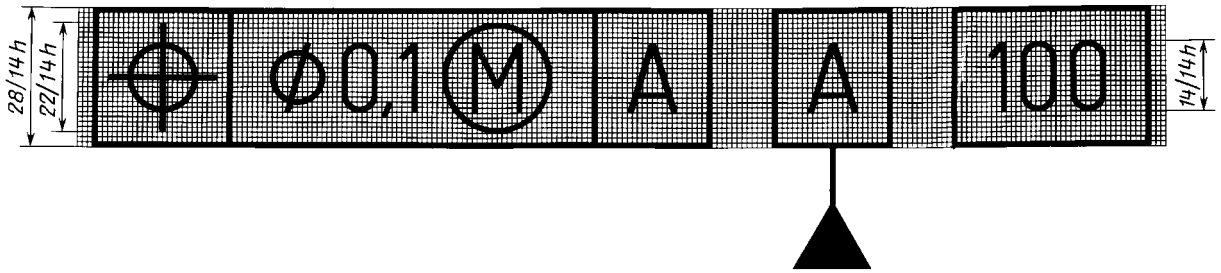

Черт. 32

5.2. Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Обязательное*

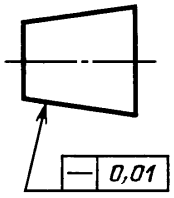
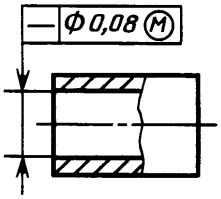
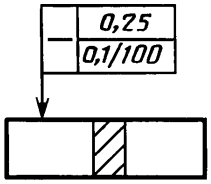
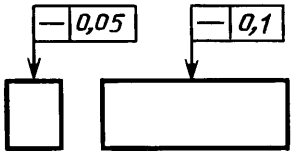
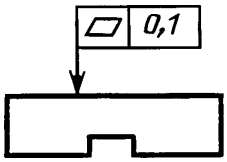
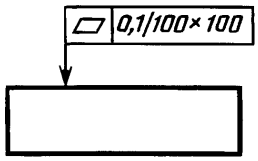
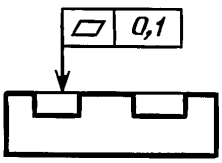
## ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗНАКОВ

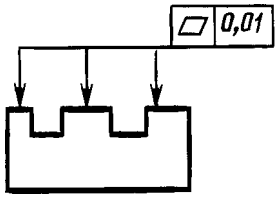
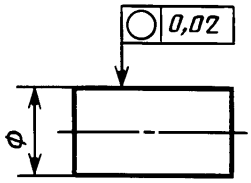
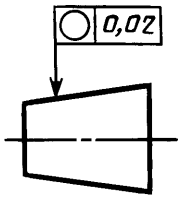
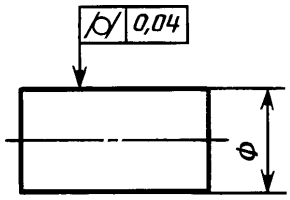
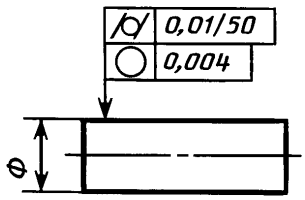
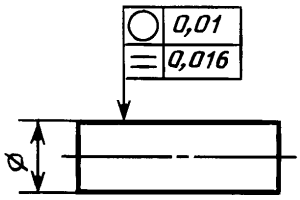
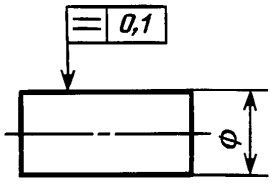


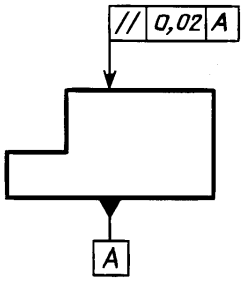
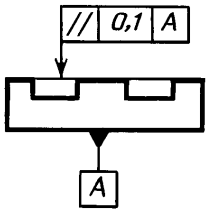
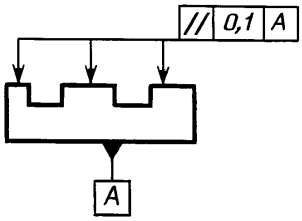
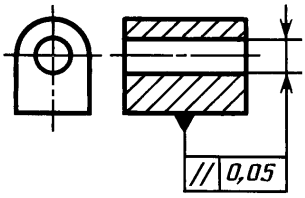
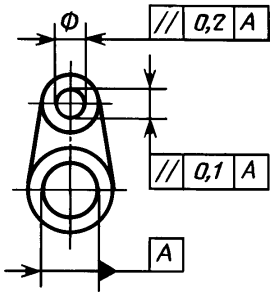
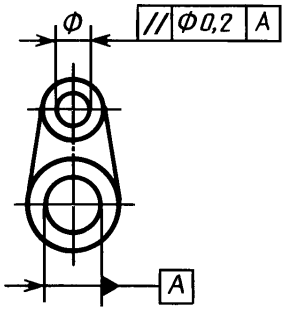



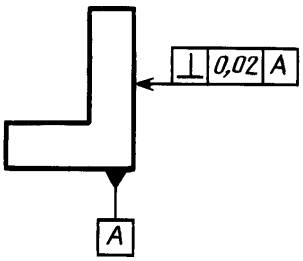
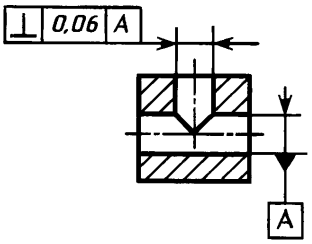
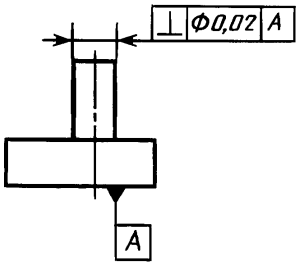
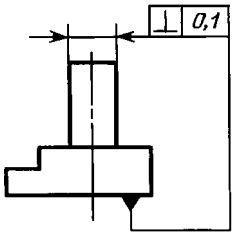
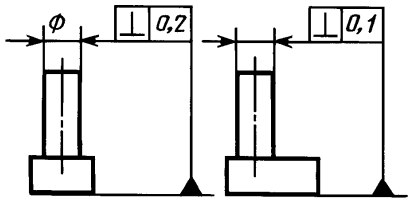
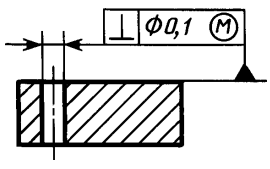
*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Справочное*

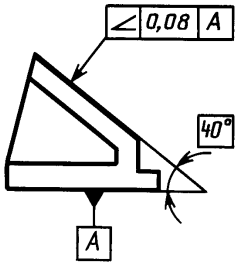
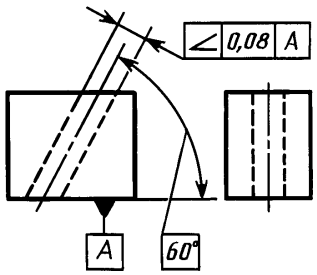
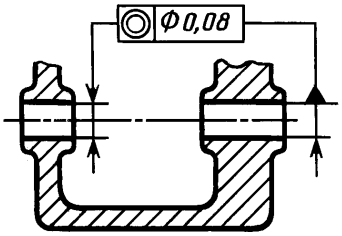
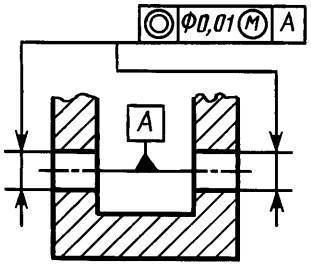
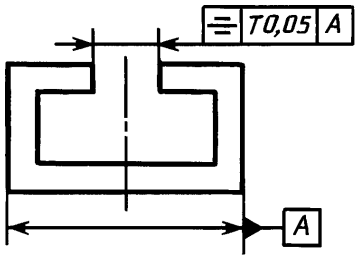
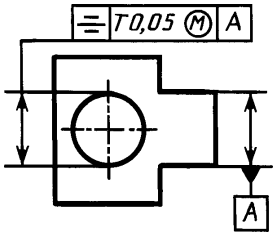
## ПРИМЕРЫ УКАЗАНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ ДОПУСКОВ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

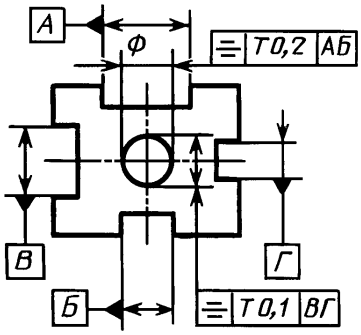
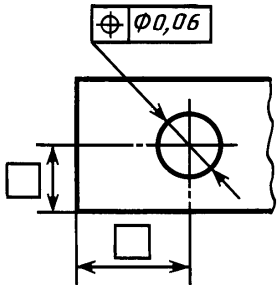
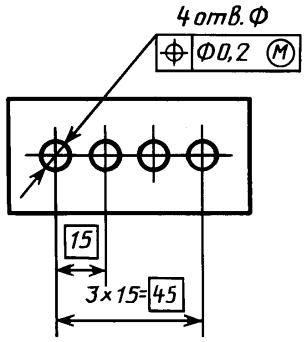
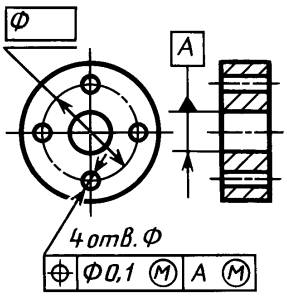
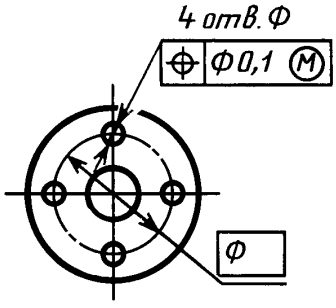
| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| 1. Допуск прямолинейности |  | Допуск прямолинейности образующей конуса 0,01 мм |
| |  | Допуск прямолинейности оси отверстия ∅ 0,08 мм (допуск зависимый) |
| |  | Допуск прямолинейности поверхности 0,25 мм на всей длине и 0,1 мм на длине 100 мм. |
| |  | Допуск прямолинейности поверхности в поперечном направлении 0,05 мм, в продольном направлении 0,1 мм. |
| 2. Допуск плоскостности |  | Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм. |
| |  | Допуск плоскостности поверхности 0,1 мм на площади 100 × 100 мм. |
| |  | Допуск плоскостности поверхностей относительно общей прилегающей плоскости 0,1 мм. |

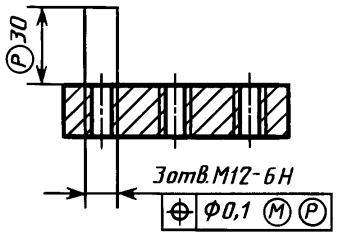
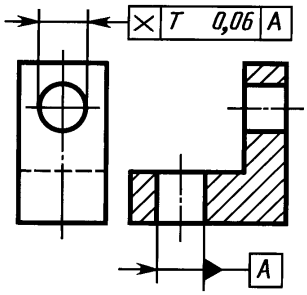
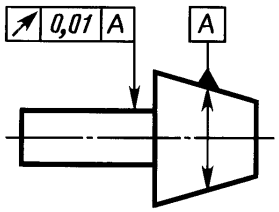
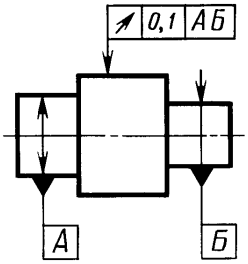
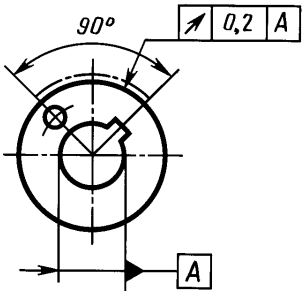
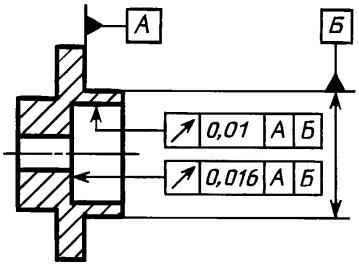
| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| |   | Допуск плоскостности каждой поверхности 0,01 мм. |
| 3. Допуск круглости |   | Допуск круглости вала 0,02 мм. |
| |   | Допуск круглости конуса 0,02 мм. |
| 4. Допуск цилиндричности |   | Допуск цилиндричности вала 0,04 мм. |
| |   | Допуск цилиндричности вала 0,01 мм на длине 50 мм. Допуск круглости вала 0,004 мм. |
| 5. Допуск профиля продольного сечения |   | Допуск круглости вала 0,01 мм. Допуск профиля продольного сечения вала 0,016 мм. |
| |   | Допуск профиля продольного сечения вала 0,1 мм. |

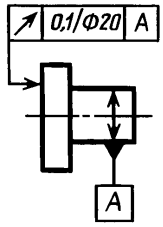
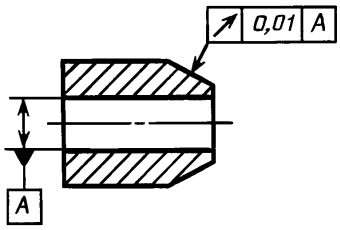
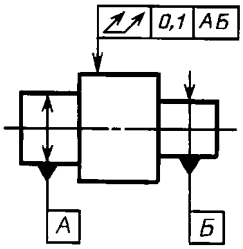
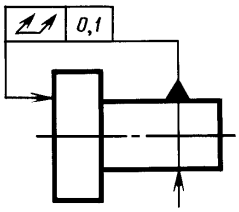
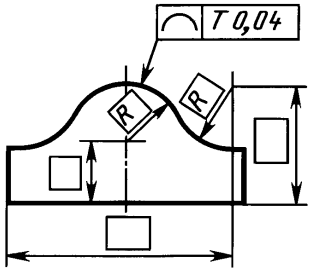
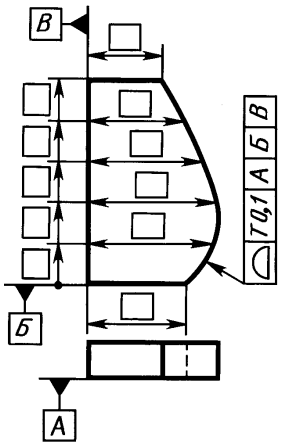
| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| 6. Допуск параллельности |  | Допуск параллельности поверхности относительно поверхности *А* 0,02 мм. |
| |  | Допуск параллельности общей прилегающей плоскости поверхностей относительно поверхности *А* 0,1 мм. |
| |  | Допуск параллельности каждой поверхности относительно поверхности *А* 0,1 мм. |
| |  | Допуск параллельности оси отверстия относительно основания 0,05 мм. |
| |  | Допуск параллельности осей отверстий в общей плоскости 0,1 мм.<br>Допуск перекоса осей отверстий 0,2 мм.<br>База — ось отверстия *А*. |
| |  | Допуск параллельности оси отверстия относительно оси отверстия *А*∅0,2 мм |

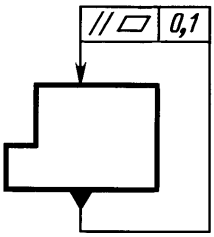
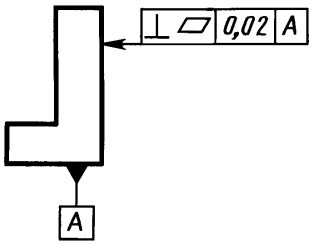
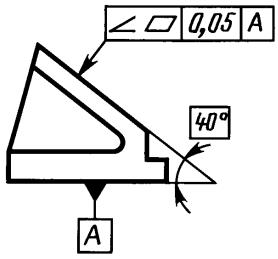
| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| 7. Допуск перпендикулярности |  | Допуск перпендикулярности поверхности относительно поверхности *А* 0,02 мм. |
| |  | Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно оси отверстия *А* 0,06 мм. |
| |  | Допуск перпендикулярности оси выступа относительно поверхности *А*∅0,02 мм. |
| |  | Допуск перпендикулярности оси выступа относительно основания 0,1 мм. |
| |  | Допуск перпендикулярности оси выступа в поперечном направлении 0,2 мм, в продольном направлении 0,1 мм.<br>База — основание |
| |  | Допуск перпендикулярности оси отверстия относительно поверхности ∅0,1 мм (допуск зависимый). |

| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| 8. Допуск наклона |  | Допуск наклона поверхности относительно поверхности *А* 0,08 мм. |
| |  | Допуск наклона оси отверстия относительно поверхности *А* 0,08 мм. |
| 9. Допуск соосности |  | Допуск соосности отверстия относительно отверстия ∅0,08 мм. |
| |  | Допуск соосности двух отверстий относительно их общей оси ∅0,01 мм (допуск зависимый). |
| 10. Допуск симметричности |  | Допуск симметричности паза *Т* 0,05 мм.<br>База — плоскость симметрии поверхностей *А*. |
| |  | Допуск симметричности отверстия *Т* 0,05 мм (допуск зависимый).<br>База — плоскость симметрии поверхностей *А*. |

| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| |  | Допуск симметричности оси отверстия относительно общей плоскости симметрии пазов *АБ* *Т* 0,2 мм и относительно общей плоскости симметрии пазов *ВГ* *Т* 0,1 мм. |
| 11. Позиционный допуск |  | Позиционный допуск оси отверстия ∅0,06 мм. |
| |  | Позиционный допуск осей отверстий ∅0,2 мм (допуск зависимый). |
| |  | Позиционный допуск осей 4-х отверстий ∅0,1 мм (допуск зависимый).<br>База — ось отверстия *А* (допуск зависимый). |
| |  | Позиционный допуск 4-х отверстий ∅0,1 мм (допуск зависимый). |

| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| |  | Позиционный допуск 3-х резьбовых отверстий ∅0,1 мм (допуск зависимый) на участке, расположенном вне детали и выступающем на 30 мм от поверхности. |
| 12. Допуск пересечения осей |  | Допуск пересечения осей отверстий *Т* 0,06 мм |
| 13. Допуск радиального биения |  | Допуск радиального биения вала относительно оси конуса 0,01 мм. |
| |  | Допуск радиального биения поверхности относительно общей оси поверхностей *А* и *Б* 0,1 мм. |
| |  | Допуск радиального биения участка поверхности относительно оси отверстия *А* 0,2 мм |
| |  | Допуск радиального биения отверстия 0,01 мм.<br>Первая база — поверхность *А*. Вторая база — ось поверхности *Б*.<br>Допуск торцового биения относительно тех же баз 0,016 мм. |

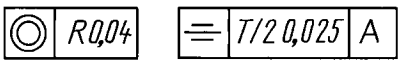
| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| 14. Допуск торцового биения |  | Допуск торцового биения на диаметре 20 мм относительно оси поверхности *А* 0,1 мм. |
| 15. Допуск биения в заданном направлении |  | Допуск биения конуса относительно оси отверстия *А* в направлении, перпендикулярном к образующей конуса 0,01 мм. |
| 16. Допуск полного радиального биения |  | Допуск полного радиального биения относительно общей оси поверхностей *А* и *Б* 0,1 мм. |
| 17. Допуск полного торцового биения |  | Допуск полного торцового биения поверхности относительно оси поверхности 0,1 мм. |
| 18. Допуск формы заданного профиля |  | Допуск формы заданного профиля *Т* 0,04 мм. |
| 19. Допуск формы заданной поверхности |  | Допуск формы заданной поверхности относительно поверхностей *А*, *Б*, *В*, *Т* 0,1 мм. |

| Вид допуска | Указания допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснение |
|---|---|---|
| 20. Суммарный допуск параллельности и плоскостности |   | Суммарный допуск параллельности и плоскостности поверхности относительно основания 0,1 мм. |
| 21. Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности |   | Суммарный допуск перпендикулярности и плоскостности поверхности относительно основания 0,02 мм. |
| 22. Суммарный допуск наклона и плоскостности |   | Суммарный допуск наклона и плоскостности поверхности относительно основания 0,05 мм. |

Примечания:

1. В приведенных примерах допуски соосности, симметричности, позиционные, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности указаны в диаметральном выражении.

Допускается указывать их в радиусном выражении, например:




В ранее выпущенной документации допуски соосности, симметричности, смещения осей от номинального расположения (позиционного допуска), обозначенные соответственно знаками ⌐¬ ; ÷ ; + или текстом в технических требованиях, следует понимать как допуски в радиусном выражении.

2. Указание допусков формы и расположения поверхностей в текстовых документах или в технических требованиях чертежа следует приводить по аналогии с текстом пояснений к условным обозначениям допусков формы и расположения, приведенным в настоящем приложении.

При этом поверхности, к которым относятся допуски формы и расположения или которые приняты за базу, следует обозначать буквами или приводить их конструкторские наименования.

Допускается вместо слов «допуск зависимый» указывать знак Ⓜ и вместо указаний перед числовым значением символа ∅; *R*; *T*; *T/2* запись текстом, например, «позиционный допуск оси 0,1 мм в диаметральном выражении» или «допуск симметричности 0,12 мм в радиусном выражении».

3. Во вновь разрабатываемой документации запись в технических требованиях о допусках овальности, конусообразности, бочкообразности и седлообразности должна быть, например, следующей: «Допуск овальности поверхности *A* 0,2 мм (полуразность диаметров)».

В технической документации, разработанной до 1 января 1980 г., предельные значения овальности, конусообразности, бочкообразности и седлообразности определяют как разность наибольшего и наименьшего диаметров.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

УДК 744:62-408.8:003.62:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ОБОЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Designations system for design documentation.
Designations of surface finish

**ГОСТ 2.309—73***

**Взамен ГОСТ 2.309—68**

**Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 9 ноября 1973 г. № 2604 срок введения установлен**

**с 01.01.75**

Настоящий стандарт устанавливает обозначения шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий всех отраслей промышленности.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1632—79 и стандарту ИСО 1302—78.

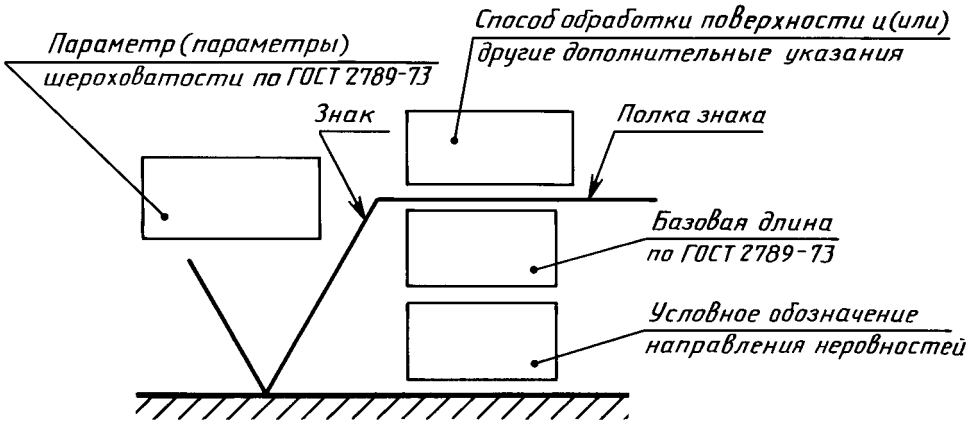
**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

## 1. ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

1.1. Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

1.2. Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на черт. 1.

При наличии в обозначении шероховатости только значения параметра (параметров) применяют знак без полки.

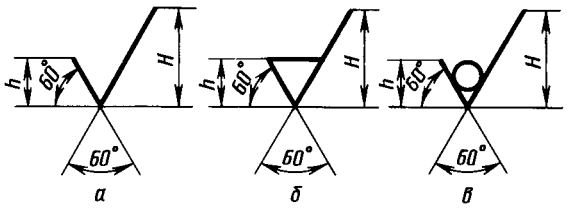



Черт.1

1.3. В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на черт. 2.

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1,2,утвержденными в июне 1980 г.,августе 1984 г. (ИУС 11—80,12—84)*




Черт.2

Высота *h* должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота *H* равна (1,5. . .3) *h*. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже.

В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак $\sqrt{}$ (черт. 2*а*).

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала, применяют знак $\sqrt{}$ (черт. 2*б*).

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, применяют знак $\sqrt{}$ (черт. 2*в*) с указанием значения параметра шероховатости.

1.4. Поверхности детали, изготовляемой из материала определенного профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу дополнительной обработке, должны быть отмечены знаком $\sqrt{}$ без указания параметра шероховатости.

Состояние поверхности, обозначенной знаком $\sqrt{}$, должно соответствовать требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями, или другим документом, причем на этот документ должна быть приведена ссылка, например, в виде указания сортамента материала в графе *3* основной надписи чертежа по ГОСТ 2.104—68.

1.5. Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789—73 указывают в обозначении шероховатости:

для параметра *Ra* — без символа, например, 0,4:

для остальных параметров — после соответствующего символа, например: *Rmax* 6,3; *Sm* 0,63; $t_{50}$ 70; *S* 0,032; *Rz* 50.

Примечание. В примере $t_{50}$ 70 указана относительная опорная длина профиля $t_p = 70$ % при уровне сечения профиля $p = 50$ %.

1.2—1.5. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.5а. При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении приводят параметр шероховатости без предельных отклонений, например: $\sqrt{0{,}4}$; $\sqrt{Rz\,50}$.

1.5б. При указании наименьшего значения параметра шероховатости после обозначения параметра следует указывать «min», например: $\sqrt{3{,}2\,min}$; $\sqrt{Rz\,50\,min}$.

1.5а, 1.5б. **(Введены дополнительно, Изм. № 2).**

1.6. При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности в обозначении шероховатости приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

$\begin{matrix}0{,}8\\0{,}4\end{matrix}$; $\begin{matrix}Rz\ 0{,}10\\0{,}05\end{matrix}$; $\begin{matrix}Rmax\ 0{,}80\\0{,}32\end{matrix}$; $\begin{matrix}t_{50}\ 70\\50\end{matrix}$ и т. п.

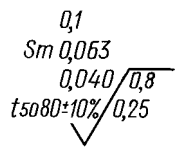
В верхней строке приводят значение параметра, соответствующее более грубой шероховатости.

1.7. При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789—73, например:

$1 + 20$ %; $Rz\ 100_{-10\ \%}$; $Sm\ 0{,}63^{+20\ \%}$; $t_{50}\ 70 \pm 40$ % и т. п.

1.6, 1.7. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.8. При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке (см. черт. 3):




Черт.3

параметр высоты неровностей профиля,

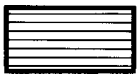
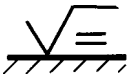
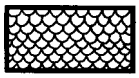
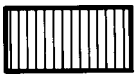
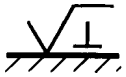
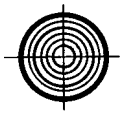
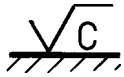
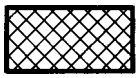
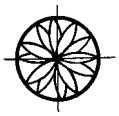
параметр шага неровностей профиля,

относительная опорная длина профиля.

1.9. При нормировании требований к шероховатости поверхности параметрами *Ra*, *Rz*, *Rmax* базовую длину в обозначении шероховатости не приводят, если она соответствует указанной в приложении 1 ГОСТ 2789—73 для выбранного значения параметра шероховатости.

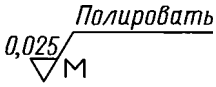
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.10. Условные обозначения направления неровностей должны соответствовать приведенным в таблице. Условные обозначения направления неровностей приводят на чертеже при необходимости.

| Типы направления неровностей | Обозначение | Типы направления неровностей | Обозначение |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

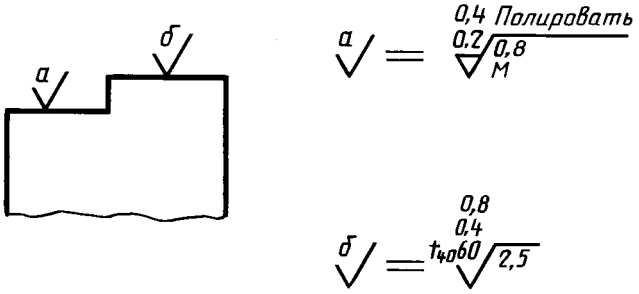
Высота знака условного обозначения направления неровностей должна быть приблизительно равна *h*. Толщина линий знака должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии.

1.11. Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности (черт. 4).




Черт.4

1.12. Допускается применять упрощенное обозначение шероховатости поверхностей с разъяснением его в технических требованиях чертежа по примеру, указанному на черт. 5.

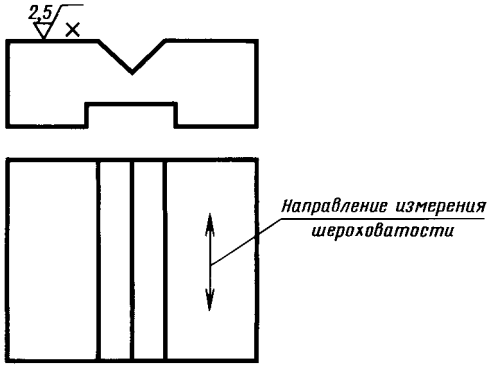



Черт.5

В упрощенном обозначении используют знак $\sqrt{}$ и строчные буквы русского алфавита в алфавитном порядке, без повторений и, как правило, без пропусков.

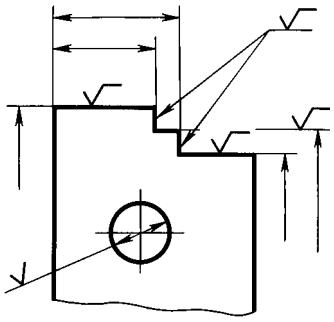
**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.13. Если направление измерения шероховатости должно отличаться от предусмотренного ГОСТ 2789—73, его указывают на чертеже по примеру, приведенному на черт. 6.




Черт.6

## 2. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ



Черт.7

2.1. Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок.

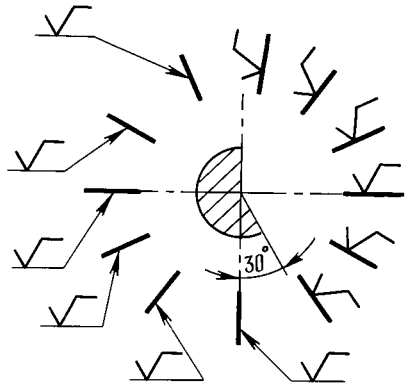
Допускается при недостатке места располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (черт. 7).

2.2. На линии невидимого контура допускается наносить обозначение шероховатости только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.

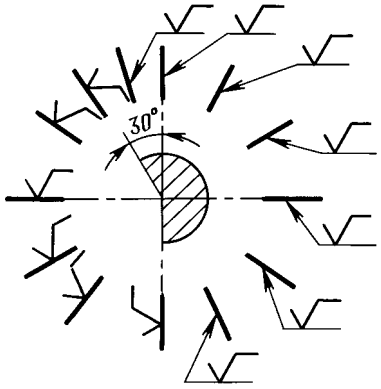
2.3. Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак имеет полку, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на черт. 8 и 9.

2.4. Обозначения шероховатости поверхности, в которых знак не имеет полки, располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на черт. 10.

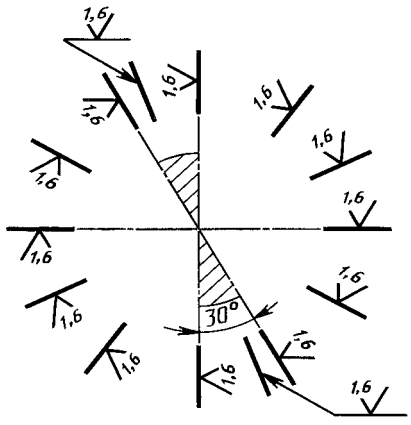
2.5. При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения, по возможности ближе к месту указания размеров (черт. 11).



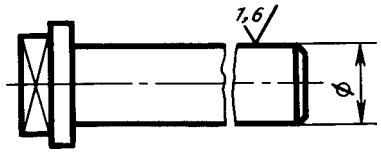

Черт.8



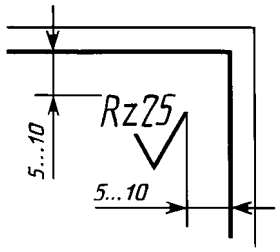

Черт.9




Черт.10




Черт.11




Черт.12

2.6. При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (черт. 12).

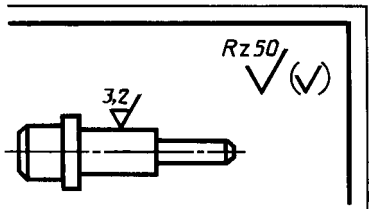
Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.

П р и м е ч а н и е. При расположении поверхности в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии-выноски.

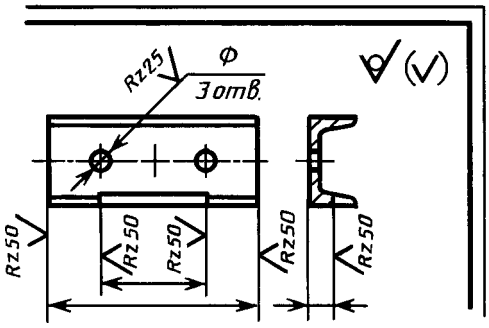
2.7. Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правом верхнем углу чертежа (черт. 13, 14) вместе с условным обозначением (√) . Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости или знак √ , должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением (√) .

Размеры знака, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении.

П р и м е ч а н и е . Не допускается обозначение шероховатости или знак √ выносить в правый верхний угол чертежа при наличии в изделии поверхностей, шероховатость которых не нормируется.




Черт.13

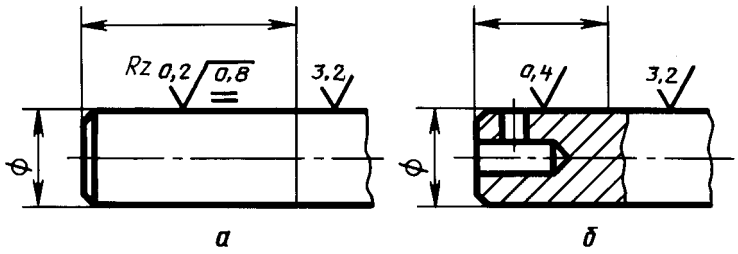



Черт.14

2.8. Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), количество которых указано на чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений.

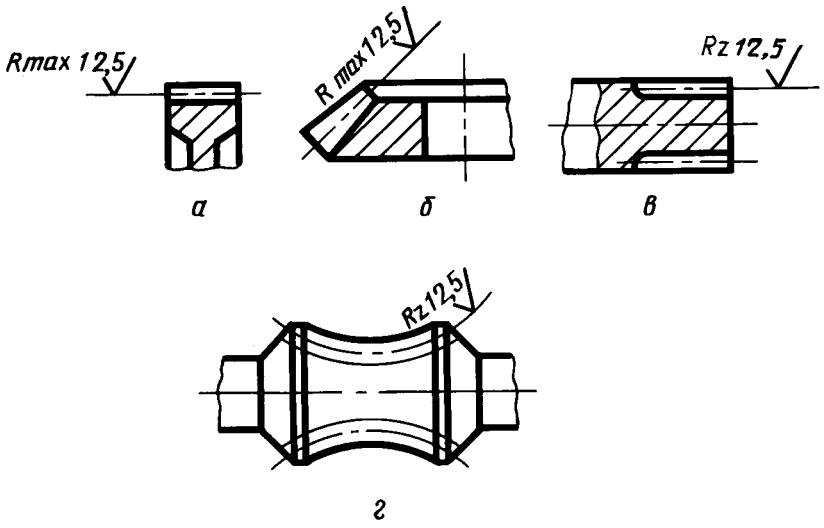
Обозначения шероховатости симметрично расположенных элементов симметричных изделий наносят один раз.

2.9. Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (черт. 15*а*). Через заштрихованную зону линию границы между участками не проводят (черт. 15*б*).



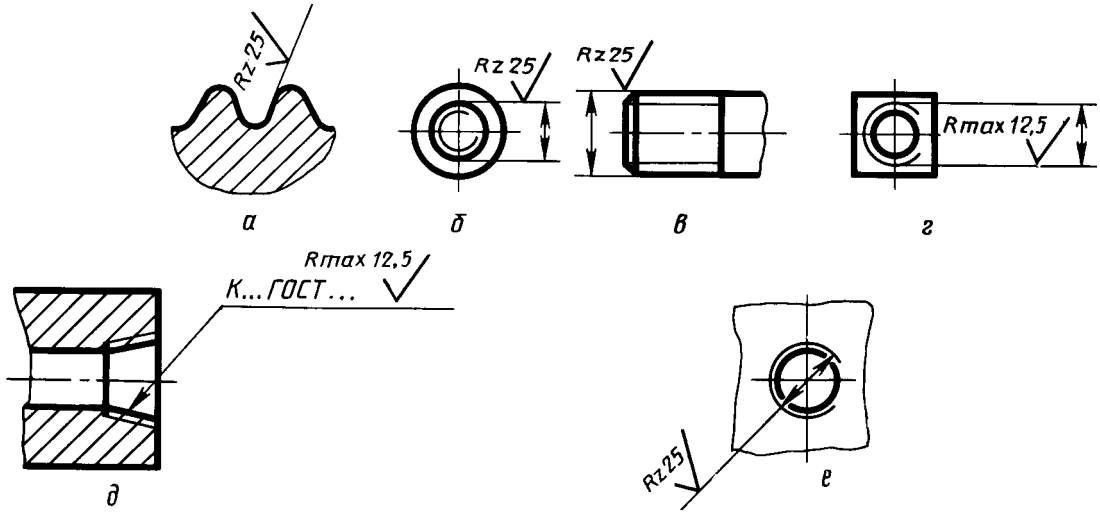

Черт.15

2.10. Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т. п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (черт. 16*а, б, в*), а для глобоидных червяков и сопряженных с ними колес — на линии расчетной окружности (черт. 16*г*).




Черт.16

2.11. Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносят по общим правилам при изображении профиля (черт. 17*а*) или условно на выносной линии для указания размера резьбы (черт. 17*б, в, г, д*), на размерной линии или на ее продолжении (черт. 17*е*).




Черт.17

2.4—2.11. **(Измененная редакция, Изм. № 2).**

2.12. Если шероховатость поверхностей, образующих контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносят один раз в соответствии с черт. 18*а, б*. Диаметр вспомогательного знака ○ — 4 . . . 5 мм.

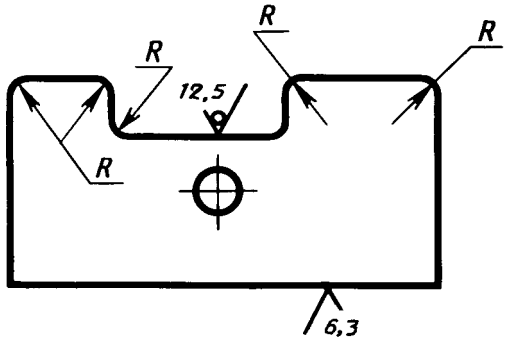
В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак ○ не приводят (черт. 19).




а) для знака с полкой

б) для знака без полки

Черт.18

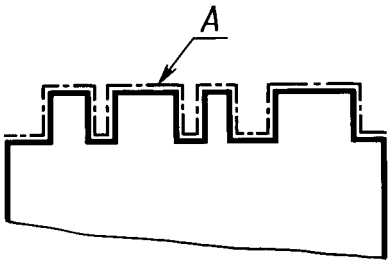



Черт.19

**(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

2.13. Обозначение одинаковой шероховатости поверхности сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например: «шероховатость поверхности $А - \overset{1,6}{\nabla}$». При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведенной от утолщенной штрихпунктирной линии, которой обводят поверхность на расстоянии 0,8 . . . 1 мм от линии контура (черт. 20).

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**




Черт.20

# ИЗМЕНЕНИЯ, ВНЕСЕННЫЕ В МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

## 01 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ТЕРМИНОЛОГИЯ. СТАНДАРТИЗАЦИЯ. ДОКУМЕНТАЦИЯ

**МКС 01.080.30**
**Группа Т52**

**Изменение № 3 ГОСТ 2.309—73 Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей**

**Принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 21 от 28.05.2002)**

**Зарегистрировано Бюро по стандартам МГС № 4180**

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: AM, BY, KZ, KG, MD, RU, TJ, UZ, UA [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004]

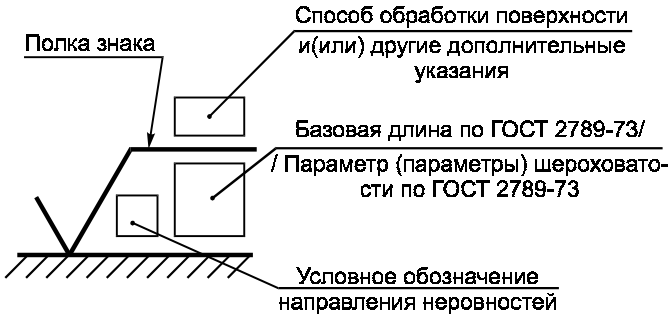
Вводная часть. Второй абзац изложить в новой редакции:

«Стандарт полностью соответствует стандарту ИСО 1302».

Пункт 1.2. Второй абзац изложить в новой редакции:

«При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки»;

чертеж 1 заменить новым:




Черт. 1

*(Продолжение см. с. 6)*

Пункт 1.3. Первый абзац. Заменить значение: (1,5 . . . 3) *h* на (1,5 . . . 5) *h*.

Пункт 1.5 после слов «в обозначении шероховатости» изложить в новой редакции (кроме примечания): «после соответствующего символа, например: *Ra* 0,4 ; *R*max 6,3; *Sm* 0,63; $t_{50}$ 70; *S* 0,032; *Rz* 50».

Пункт 1.5а. Заменить обозначения шероховатости: 0,4 ; Rz 50 на Ra 0,4 ; Rz 50 .

Пункт 1.5б. Заменить обозначения шероховатости: 3,2min ; Rz 50min на Ra 3,2min ; Rz 50min .

Пункт 1.6. Заменить обозначение: $^{0,8}_{0,4}$ на *Ra* $^{0,8}_{0,4}$.

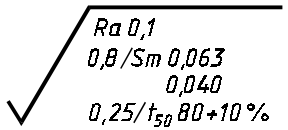
Пункт 1.7. Заменить обозначение: 1+20 % на *Ra* 1+20 %.

Пункт 1.8. Чертеж 3 заменить новым:

«параметр высоты неровностей профиля

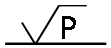
параметр шага неровностей профиля

относительная опорная длина профиля



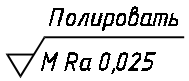

Черт. 3».

Пункт 1.10. Таблицу дополнить обозначением:

| Типы направления неровностей | Обозначение |
|---|---|
|  |  |



Пункт 1.11. Чертеж 4 заменить новым:



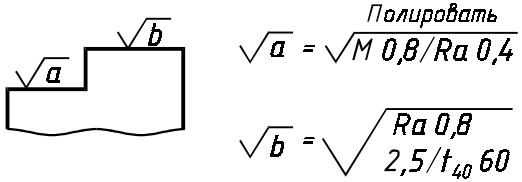

Черт. 4

*(Продолжение см. с. 7)*





Пункт 1.12. Чертеж 5 заменить новым:



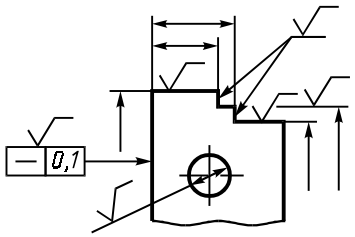

Черт. 5

Пункт 1.13. Чертеж 6. Заменить обозначение: 2,5 x на x Ra 2,5 .

Пункт 2.1. Второй абзац изложить в новой редакции:

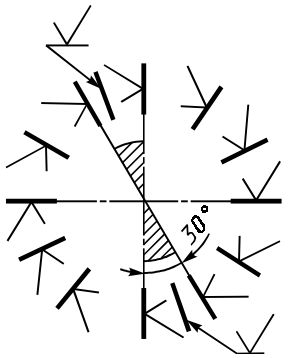
«Допускается при недостатке места располагать обозначение шероховатости на размерных линиях или на их продолжениях, на рамке допуска формы, а также разрывать выносную линию (черт. 7)»;

чертеж 7 заменить новым:




Черт. 7

Пункт 2.4. Чертеж 10 заменить новым:



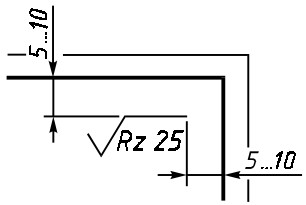

Черт. 10

*(Продолжение см. с. 8)*

Пункт 2.5. Чертеж 11. Заменить обозначение шероховатости:

1,6 на Ra 1,6 .

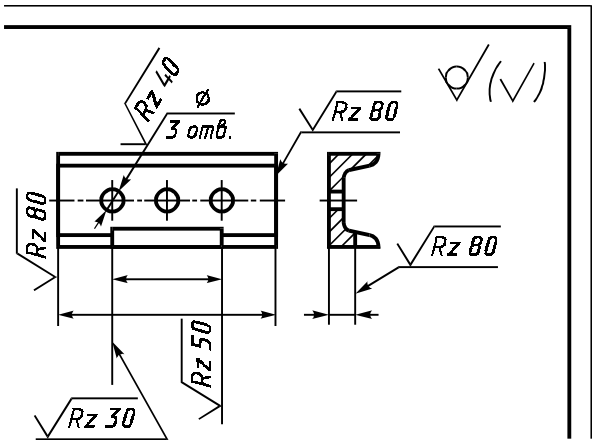
Пункт 2.6. Чертеж 12 заменить новым:




Черт. 12

Пункт 2.7. Чертеж 13. Заменить обозначение шероховатости: 3,2 на Ra 3,2 , Rz 50 (√) на Rz 50 (√) ;

чертеж 14 заменить новым:




Черт. 14

Пункт 2.9. Чертеж 15, а. Заменить обозначение шероховатости:

Rz 0,2 0,8 на =0,8/Rz 0,2 ; 3,2 на Ra 3,2 ;

*(Продолжение см. с. 9)*





0,4 на Ra 0,4 ; 3,2 на Ra 3,2 .

Пункт 2.10. Чертеж 16. Заменить обозначение шероховатости:

Rmax 12,5 на Rmax 12,5 (2 раза) ; Rz 12,5 на Rz 12,5 (2 раза) .

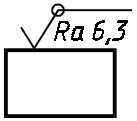
Пункт 2.11. Чертеж 17. Заменить обозначение шероховатости:

Rz 25 на Rz 25 (4 раза) ; Rmax 12,5 на Rmax 12,5 (2 раза) .

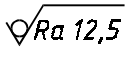
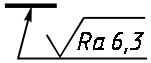
*(Продолжение см. с. 10)*

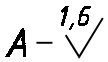
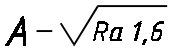
*(Продолжение изменения № 3 к ГОСТ 2.309—73)*

Пункт 2.12. Чертеж 18 заменить новым:




Черт. 18

чертеж 19. Заменить обозначение шероховатости:  на  ;  на  .

Пункт 2.13. Заменить обозначение:  на  .

(ИУС № 3 2003 г.)

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# НАНЕСЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОКРЫТИЙ, ТЕРМИЧЕСКОЙ И ДРУГИХ ВИДОВ ОБРАБОТКИ

**ГОСТ 2.310—68**

Unified system for design documentation.
Marking of designations of coverings, heat treatment and other types of treatment on engineering drawings

**Дата введения 01.01.71**

Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения на чертежи изделий всех отраслей промышленности обозначений покрытий (защитных, декоративных, электроизоляционных, износоустойчивых и т. п.), а также показателей свойств материалов, получаемых в результате термической и других видов обработки (химико-термической, наклепа и т. п.).

**(Измененная редакция, Изм. № 3).**

## 1. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОКРЫТИЙ

1.1. Обозначение покрытия —по ГОСТ 9.306 и ГОСТ 9.032 или отраслевому стандарту или все данные, необходимые для выполнения нестандартизованного покрытия, приводят в технических требованиях чертежа после слова «Покрытие».

1.2. В технических требованиях чертежа после обозначения покрытия приводят данные о материалах покрытия (марку и обозначение стандарта или технических условий), указанных в обозначении.

1.1, 1.2. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

1.3. **(Исключен, Изм. № 1).**

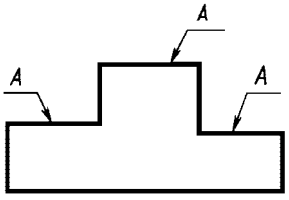
1.4. Если на все поверхности изделия должно быть нанесено одно и то же покрытие, то запись делают по типу: «Покрытие...».

1.5. Если должны быть нанесены покрытия на поверхности, которые можно обозначить буквами или однозначно определить (наружная или внутренняя поверхности и т. п.), то запись делают по типу: «Покрытие поверхностей *А* . . . »; «Покрытие наружных поверхностей . . . ».

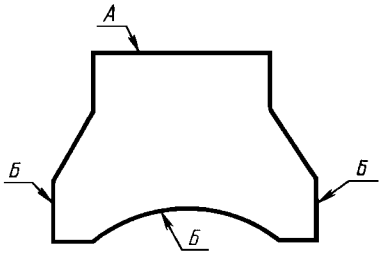
1.6. При нанесении одинакового покрытия на несколько поверхностей их обозначают одной буквой и запись делают по типу: «Покрытие поверхностей *А* . . . » (черт. 1).

1.7. При нанесении различных покрытий на несколько поверхностей изделия их обозначают разными буквами (черт. 2) и запись делают по типу: «Покрытие поверхности *А* . . . , поверхностей *Б* . . . ».

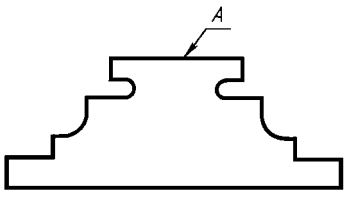
1.8. Если одно и то же покрытие наносят на большее количество поверхностей изделия, а на остальные поверхности наносят другое покрытие или их оставляют без покрытия, то последние обозначают буквами (черт. 3) и запись делают по типу: «Покрытие поверхности А... , остальных...» или «Покрытие... , кроме поверхности *А*».




Черт. 1




Черт. 2




Черт. 3

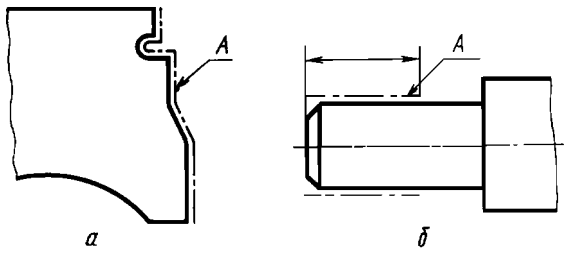
**Издание официальное** ★ **Перепечатка воспрещена**

1.9. Если необходимо нанести покрытие на поверхность сложной конфигурации или на часть поверхности, которую нельзя однозначно определить, то такие поверхности обводят штрихпунктирной утолщенной линией на расстоянии 0,8 ... 1 мм от контурной линии, обозначают их одной буквой и проставляют размеры, определяющие положение этих поверхностей; запись делают по типу: «Покрытие поверхности *А*...» (черт. 4).

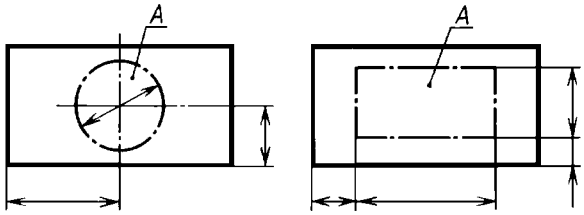
Размеры, определяющие положение поверхности, на которую должно быть нанесено покрытие, допускается не проставлять, если они ясны из чертежа (см. черт. 4*а*).

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.10. Участки поверхности, подлежащие покрытию, отмечают, как показано на черт. 5, с указанием размеров, определяющих положение этих участков.




Черт. 4




Черт. 5

## 2. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

2.1. На чертежах изделий, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, полученных в результате обработки, например: твердость (HRC, HRB, HRA, HB, HV), предел прочности ($\sigma_в$), предел упругости ($\sigma_у$), ударная вязкость ($a_к$) и т. п.

Глубину обработки обозначают буквой *h*.

Величины глубины обработки и твердости материалов на чертежах указывают предельными значениями: «от ... до», например: *h* 0,7 ... 0,9; 40 ... 46 HRC.

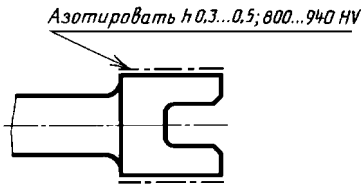
В технически обоснованных случаях допускается указывать номинальные значения этих величин с предельными отклонениями, например, *h* 0,8±0,1; (43±3) HRC.

Допускается указывать значения показателей свойств материалов со знаками ≥ или ≤, например: $\sigma_в \geq 1500$ кгс/см$^2$, твердость ≥ 780 HV и т. п.

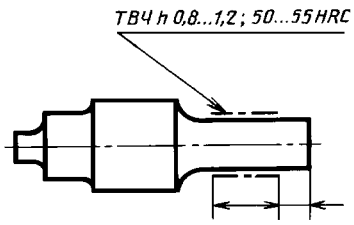
2.2. Допускается на чертежах указывать виды обработки, результаты которых не подвергаются контролю, например отжиг, а также виды обработки, если они являются единственными, гарантирующими требуемые свойства материала и долговечность изделия. В этих случаях наименование обработки указывают словами или условными сокращениями, принятыми в научно-технической литературе (черт. 6, 7).

2.1, 2.2. **(Измененная редакция, Изм. № 2, 4).**

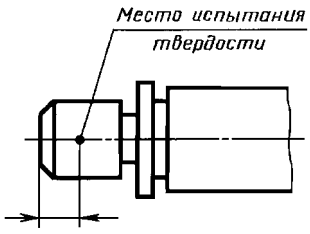
2.3. При необходимости в зоне требуемой твердости указывают место испытания твердости (черт. 8).




Черт. 6



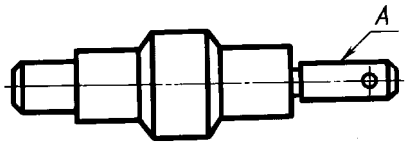

Черт. 7



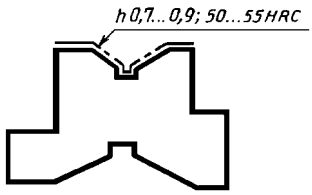

Черт. 8

2.4. Если все изделие подвергают одному виду обработки, то в технических требованиях делают запись: «40 ... 45 HRC» или «Цементировать *h* 0,7 ... 0,9 мм; 58 ... 62 HRC» или «Отжечь» и т. п.

2.5. Если большую часть поверхностей изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности другому виду обработки или предохраняют от нее, то в технических требованиях делают запись по типу: «40 ... 45 HRC, кроме поверхности *А*» (черт. 9) или «30 ... 35 HRC, кроме места, обозначенного особо» (черт. 10).

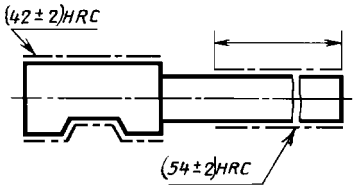



Черт. 9

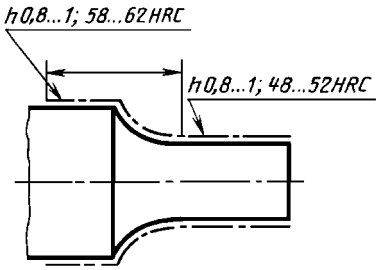



Черт. 10

2.6. Если обработке подвергают отдельные участки изделия, то показатели свойств материала и, при необходимости, способ получения этих свойств указывают на полках линий-выносок, а участки изделия, которые должны быть обработаны, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией, проводимой на расстоянии 0,8 ... 1 мм от них, с указанием размеров, определяющих поверхности (черт. 11, 12).



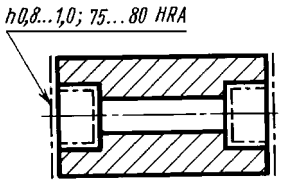

Черт. 11



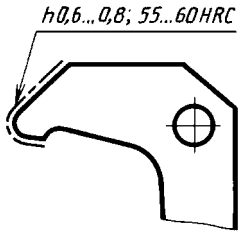

Черт. 12

Размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, допускается не проставлять, если они ясны из данных чертежа (черт. 13, 14).

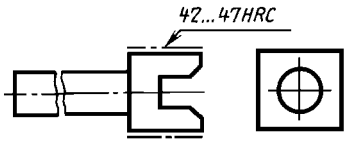
2.7. Поверхности изделия, подвергаемые обработке, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией на той проекции, на которой они ясно определены (черт. 15).




Черт. 13



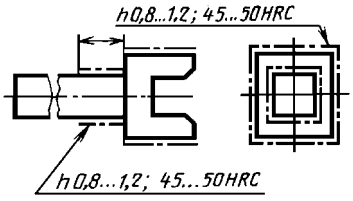

Черт. 14



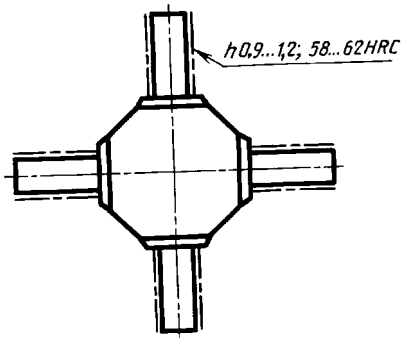

Черт. 15

Допускается отмечать эти поверхности и на других проекциях, при этом надпись с показателями свойств материала, относящимися к одной и той же поверхности, наносят один раз (черт. 16).

2.8. При одинаковой обработке симметричных участков или поверхностей изделия отмечают штрихпунктирной утолщенной линией все поверхности, подвергаемые обработке, а показатели свойств материала указывают один раз (черт. 13, 17).




Черт. 16




Черт. 17

2.4—2.8. **(Измененная редакция, Изм. № 2, 4).**

2.9. При наличии на изделии участков поверхностей с различными требованиями к свойствам материала эти требования указывают отдельно для каждого участка (см. черт. 11, 12).

2.10. Если надписи с указанием свойств материала и размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, затрудняют чтение чертежа, то допускается приводить их на дополнительном упрощенном изображении.

2.9, 10. **(Измененная редакция, Изм. № 4).**

2.11. При обработке поверхностей или участков изделия, определяемых термином или техническим понятием (например, рабочая часть или хвостовик режущего инструмента, поверхности зубьев, зубчатого колеса или поверхности, обозначенные буквами, и т. п.), допускается (если это не приведет к неоднозначному пониманию чертежа) не отмечать их штрихпунктирной утолщенной линией, а в технических требованиях делать запись по типу: «Хвостовик *h* 0,8 ... 1 мм; 48 ... 52 HRC». «Поверхность *А*—45 ... 50 HRC».

**(Измененная редакция, Изм. № 2, 4).**

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР**

**2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 05.06.68 № 830**

**Изменение № 4 принято Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 15 от 28.05.99)**

**За принятие проголосовали**

| Наименование государства | Наименование государственного органа по стандартизации |
|---|---|
| Азербайджанская Республика | Азгосстандарт |
| Республика Армения | Армгосстандарт |
| Республика Беларусь | Госстандарт Беларуси |
| Грузия | Грузстандарт |
| Республика Казахстан | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизская Республика | Киргизстандарт |
| Республика Молдова | Молдовастандарт |
| Российская Федерация | Госстандарт России |
| Республика Таджикистан | Таджикгосстандарт |
| Туркменистан | Главная государственная инспекция Туркменистана |
| Республика Узбекистан | Узгосстандарт |
| Украина | Госстандарт Украины |

**3. ВЗАМЕН ГОСТ 2940—63 в части пп. 15—17**

**4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

| Обозначение НТД, на который дана ссылка | Номер пункта |
|---|---|
| ГОСТ 9.032—74 | 1.1 |
| ГОСТ 9.306—85 | 1.1 |

**5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, 4, утвержденными в феврале 1973 г., августе 1984 г., октябре 1987 г., январе 2000 г. (ИУС № 4—73, 12—84, 1—88, 4—2000)**

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

**ГОСТ 2.311—68**

Unified system for design documentation.
Image of screw

**Дата введения 01.01.71**

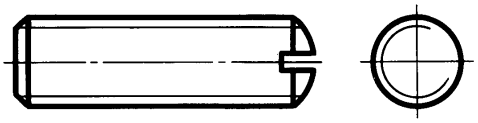
1. Настоящий стандарт устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 284—76.

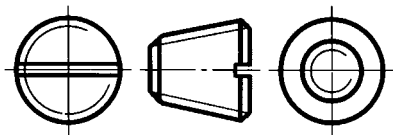
2. Резьбу изображают:

а) на стержне — сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями — по внутреннему диаметру.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $^3/_4$ окружности, разомкнутую в любом месте (черт. 1, 2);



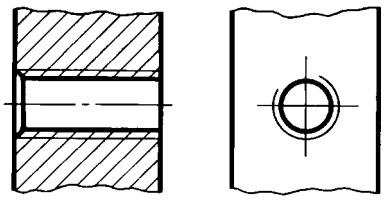
Черт.1



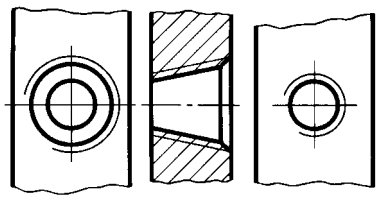
Черт.2

б) в отверстии — сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями — по наружному диаметру.

На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $^3/_4$ окружности, разомкнутую в любом месте (черт. 3, 4).

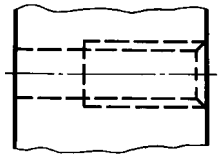


Черт.3



Черт.4

**Издание официальное** ★ **Перепечатка воспрещена**

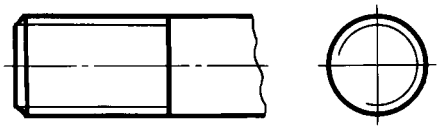


Черт.5

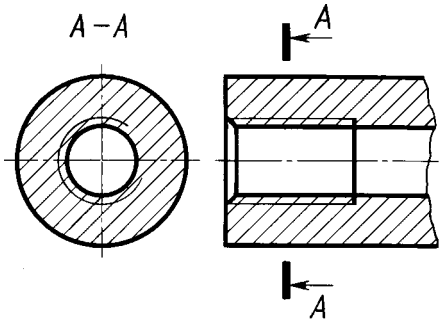
Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.

3. Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметру (черт. 5).

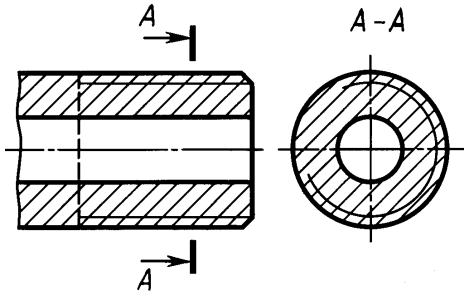
4. Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая (черт. 6—8).



Черт.6




Черт.7




Черт.8

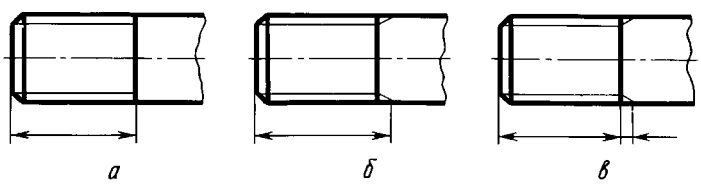
5. Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии (см. черт. 3, 4, 7, 8).

6. Размер длины резьбы с полным профилем (без сбега) на стержне и в отверстии указывают, как показано на черт. 9*а* и 10*а*.

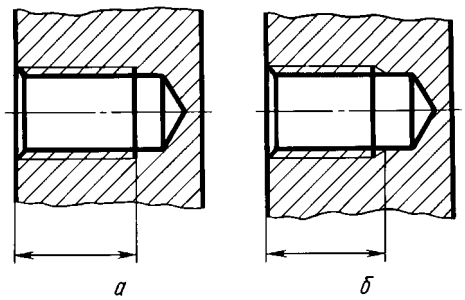
Размер длины резьбы (со сбегом) указывают, как показано на черт. 9*б* и 10*б*.

При необходимости указания величины сбега на стержне размеры наносят, как показано на черт. 9*в*.

Сбег резьбы изображают сплошной тонкой прямой линией, как показано на черт. 9*б, в* и 10*б*.

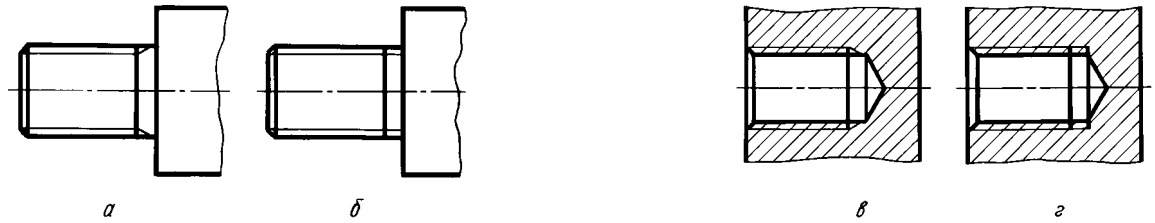



Черт.9




Черт.10

Недорез резьбы, выполненной до упора, изображают, как показано на черт. 11*а* и *в*.
Допускается изображать недорез резьбы, как показано на черт. 11*б* и *г*.

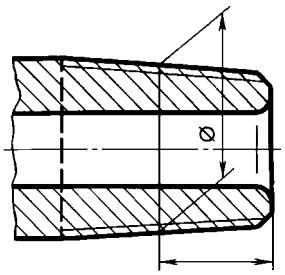



Черт.11

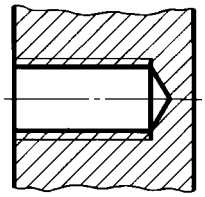
**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

7. Основную плоскость конической резьбы на стержне, при необходимости, указывают тонкой сплошной линией, как показано на черт. 12.

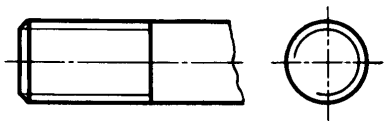
8. На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на черт. 13 и 14, даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы.




Черт.
12

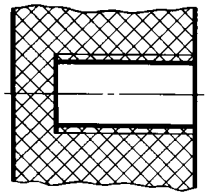


Черт.
13

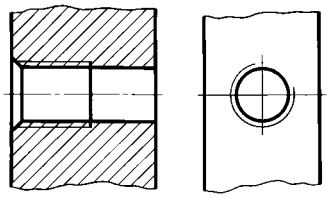


Черт.
14

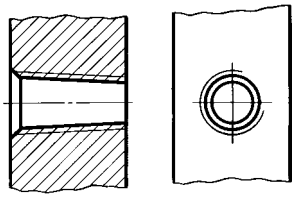
9. Фаски на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают (черт. 15—17). Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (см. черт. 15).



Черт.
15

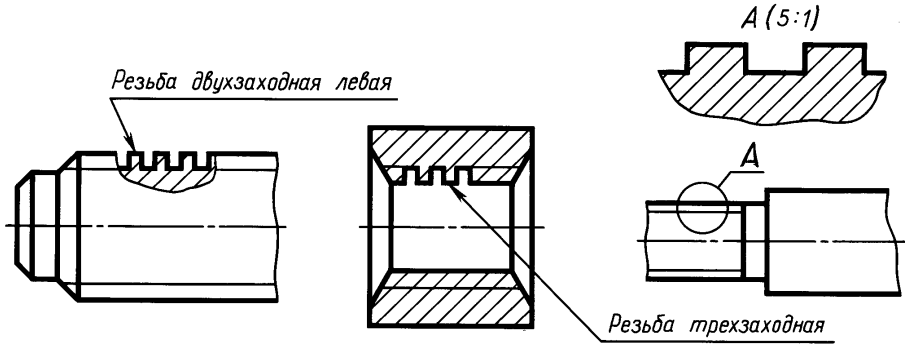


Черт.
16



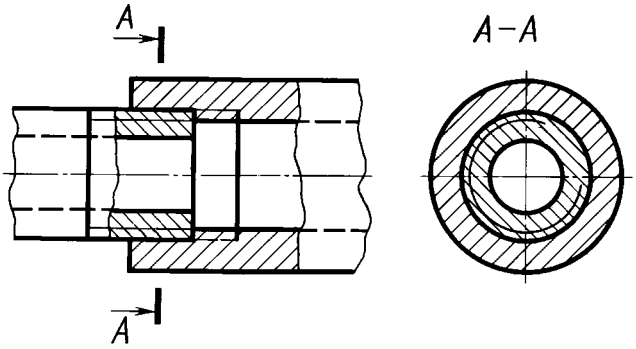
Черт.
17

10. Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на черт. 18, со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями. Кроме размеров и предельных отклонений резьбы, на чертеже указывают дополнительные данные о числе заходов, о левом направлении резьбы и т.п. с добавлением слова «Резьба».

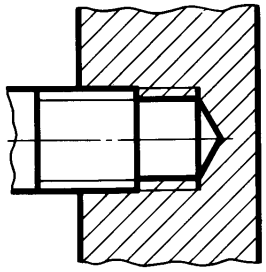



Черт.18

11. На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной к его оси, в отверстии показывают только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (черт. 19, 20).

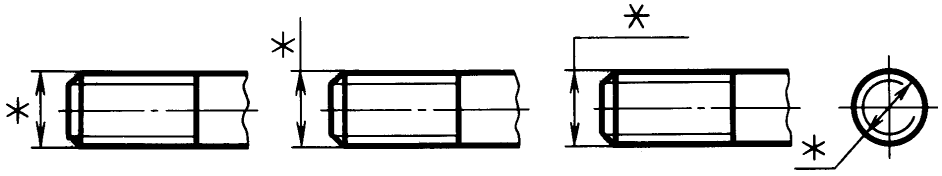



Черт.19

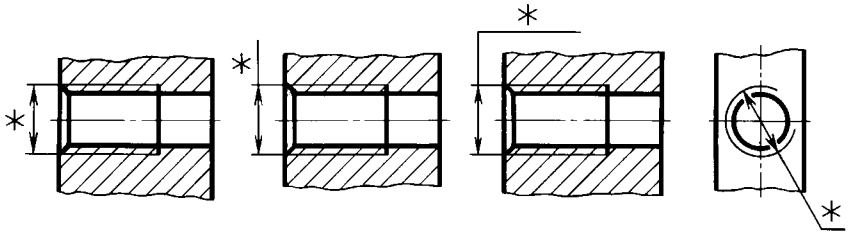


Черт.20

12. Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на черт. 21, 22.

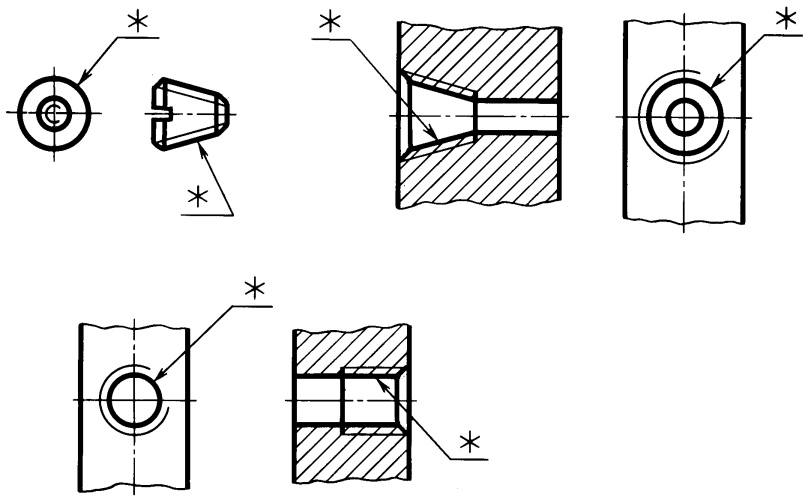


Черт.21



Черт.22

Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на черт. 23.



Черт.23

Примечание. Знаком «*» отмечены места нанесения обозначения резьбы.

13. Специальную резьбу со стандартным профилем обозначают сокращенно Сп и условным обозначением резьбы.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР**

**2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**

**3. Стандарт соответствует СТ СЭВ 284—76**

**4. ВЗАМЕН ГОСТ 3459—59**

**5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в апреле 1987 г. (ИУС 7—87)**

УДК 744:621.791.053:003.62:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Unified system for design documentation.
Symbolic designations and representations of welds and welded joints

**ГОСТ 2.312—72***

**Взамен ГОСТ 2.312—68**

**Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 10 мая 1972 г. № 935 срок введения установлен**

**с 01.01.73**

Настоящий стандарт устанавливает условные изображения и обозначения швов сварных соединений в конструкторских документах изделий всех отраслей промышленности, а также в строительной документации, в которой не использованы изображения и обозначения, применяемые в строительстве.

## 1. ИЗОБРАЖЕНИЕ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

1.1. Шов сварного соединения, независимо от способа сварки, условно изображают:

видимый — сплошной основной линией (черт. 1*а*, *в*);

невидимый — штриховой линией (черт. 1*г*).

Видимую одиночную сварную точку, независимо от способа сварки, условно изображают знаком «+» (черт. 1*б*), который выполняют сплошными линиями (черт. 2).

Невидимые одиночные точки не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (см. черт. 1). Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

1.2. На изображение сечения многопроходного шва допускается наносить контуры отдельных проходов, при этом их необходимо обозначать прописными буквами русского алфавита (черт. 3).

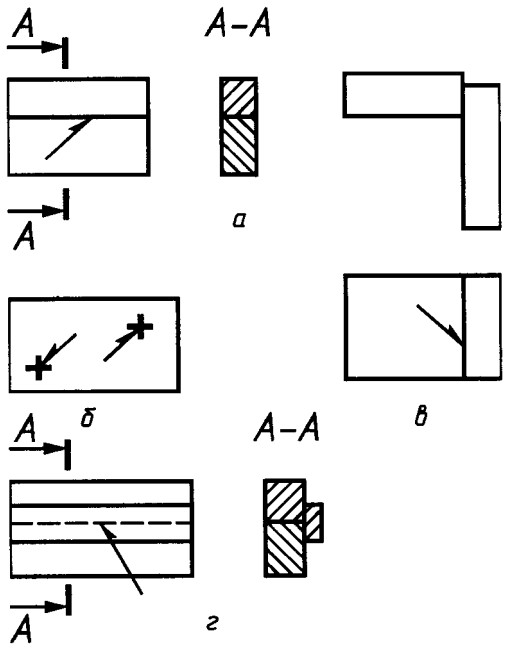
1.3. Шов, размеры конструктивных элементов которого стандартами не установлены (нестандартный шов), изображают с указанием размеров конструктивных элементов, необходимых для выполнения шва по данному чертежу (черт. 4).

Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

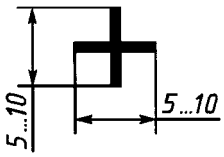
**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

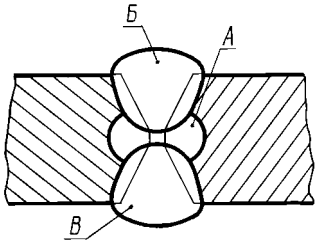
** Издание (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в июле 1991 г. (ИУС 10—91)*



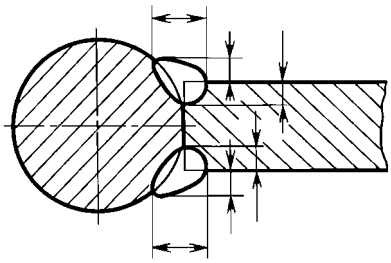

Черт. 1




Черт. 2



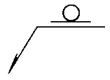
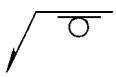
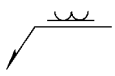
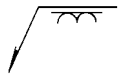
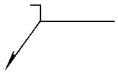

Черт. 3



Черт. 4

## 2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

2.1. Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов приведены в таблице.

| Вспомогательный знак | Значение вспомогательного знака | Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва | |
|---|---|---|---|
| | | с лицевой стороны | с оборотной стороны |
|  | Усиление шва снять |  |  |
|  | Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу |  |  |
|  | Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения |  | |

*Продолжение*

| Вспомогательный знак | Значение вспомогательного знака | Расположение вспомогательного знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва | |
|---|---|---|---|
| | | с лицевой стороны | с оборотной стороны |
| | Шов прерывистый или точечный с цепным расположением<br>Угол наклона линии ≈ 60° | | |
| Z | Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением | | |
| | Шов по замкнутой линии.<br>Диаметр знака — 3 . . . 5 мм | | |
| | Шов по незамкнутой линии.<br>Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа | | |

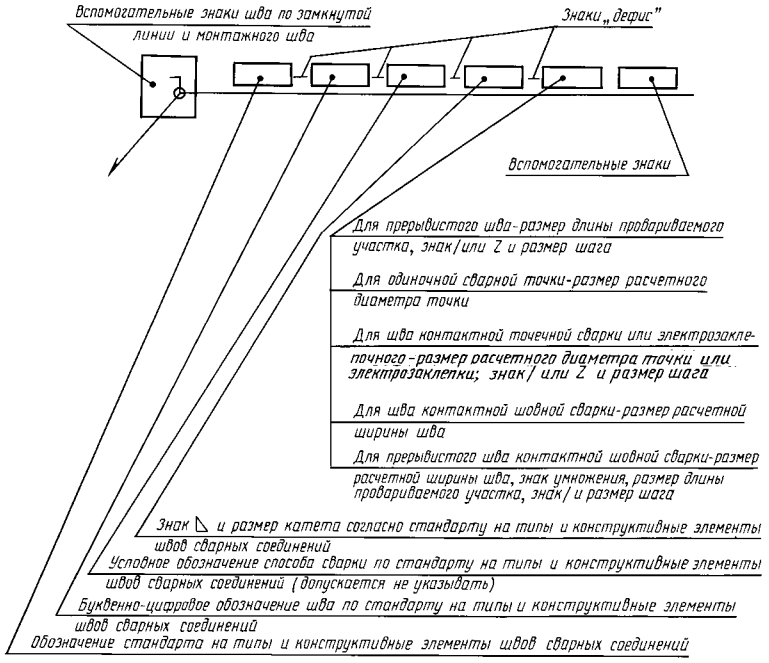
Примечания:

1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.
2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва.
3. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

В условном обозначении шва вспомогательные знаки выполняют сплошными тонкими линиями.

Вспомогательные знаки должны быть одинаковой высоты с цифрами, входящими в обозначение шва.

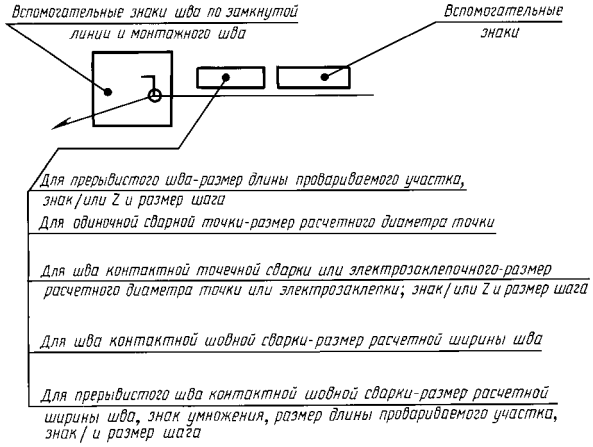
2.2. Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки приведена на схеме (черт. 5).




Черт. 5

Знак  выполняют сплошными тонкими линиями. Высота знака должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

2.3. Структура условного обозначения нестандартного шва или одиночной сварной точки приведена на схеме (черт. 6).



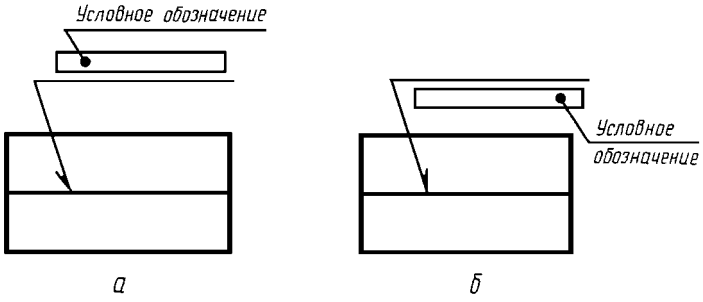

Черт. 6

В технических требованиях чертежа или таблицы швов указывают способ сварки, которым должен быть выполнен нестандартный шов.

2.4. Условное обозначение шва наносят:

а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (черт. 7*а*);

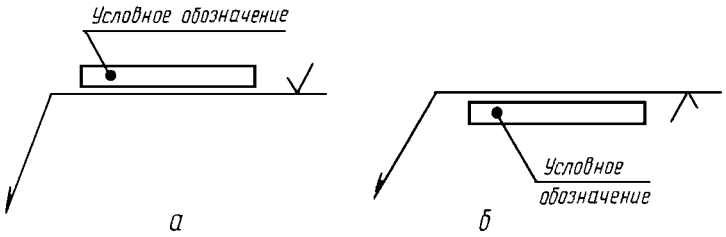
б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны (черт. 7*б*).



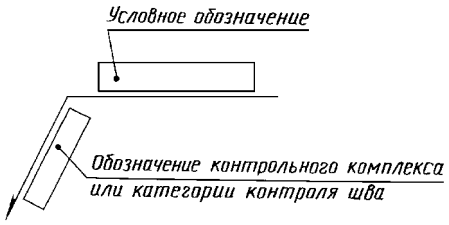

Черт. 7

2.5. Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски после условного обозначения шва (черт. 8), или указывают в таблице швов, или приводят в технических требованиях чертежа, например: «Параметр шероховатости поверхности сварных швов...»

Примечание. Содержание и размеры граф таблицы швов настоящим стандартом не регламентируются.




Черт. 8




Черт. 9

2.6. Если для шва сварного соединения установлен контрольный комплекс или категория контроля шва, то их обозначение допускается помещать под линией-выноской (черт. 9).

В технических требованиях или таблице швов на чертеже приводят ссылку на соответствующий нормативно-технический документ.

2.7. Сварочные материалы указывают на чертеже в технических требованиях или таблице швов.

Допускается сварочные материалы не указывать.

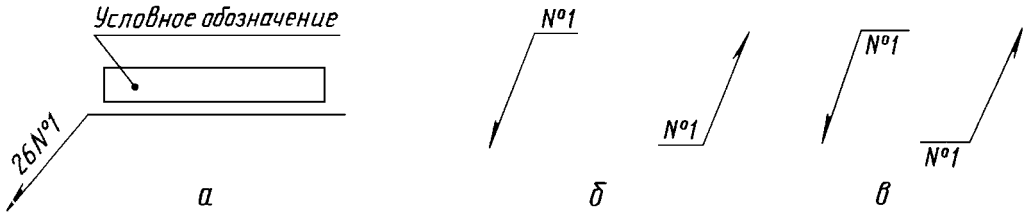
2.8. При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений, а от изображений остальных одинаковых швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один порядковый номер, который наносят:

а) на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением шва (черт. 10 *а*);

б) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с лицевой стороны (черт. 10 *б*);

в) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва, не имеющего обозначения, с оборотной стороны (черт. 10 *в*).

Количество одинаковых швов допускается указывать на линии-выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением (см. черт. 10 *а*).




Черт. 10

Примечание. Швы считают одинаковыми, если:
одинаковы их типы и размеры конструктивных элементов в поперечном сечении;
к ним предъявляют одни и те же технические требования.

2.9. Примеры условных обозначений швов сварных соединений приведены в приложениях 1 и 2.

## 3. УПРОЩЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЙ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

3.1. При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях чертежа (запись по типу: «Сварные швы... по...») или таблице.

3.2. Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом швы, не имеющие обозначения, отмечают линиями-выносками без полок (черт. 11).



Черт. 11

3.3. На чертеже симметричного изделия, при наличии на изображении оси симметрии, допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изображения изделия.

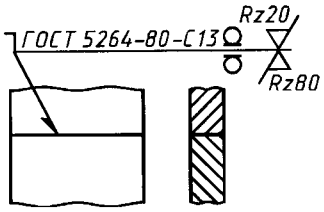
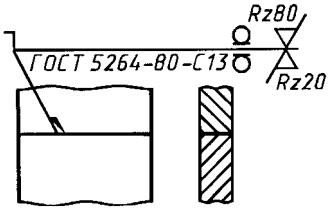
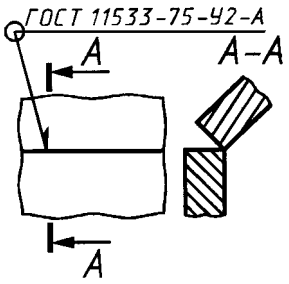
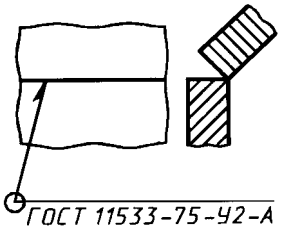
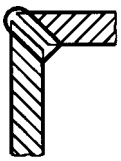
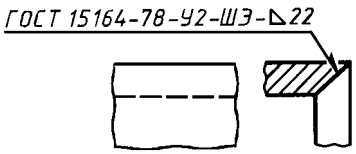
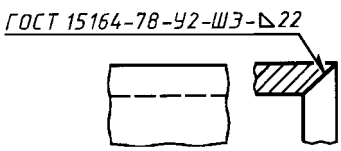
3.4. На чертеже изделия, в котором имеются одинаковые составные части, привариваемые одинаковыми швами, эти швы допускается отмечать линиями-выносками и обозначать только у одного из изображений одинаковых частей (предпочтительно у изображения, от которого приведена линия-выноска с номером позиции).

3.5. Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания по сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места сварки, способы сварки, типы швов сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении и расположение швов.

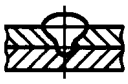
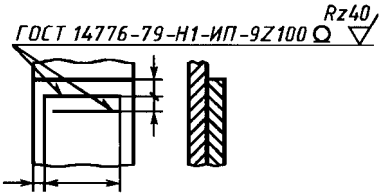
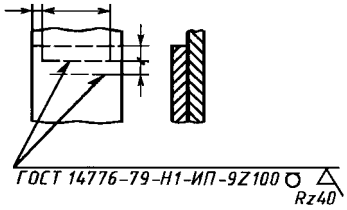
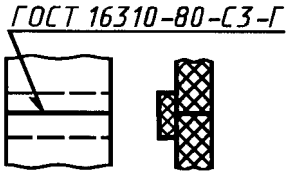
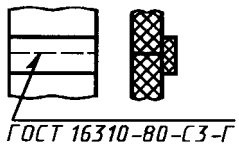
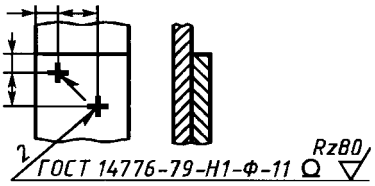
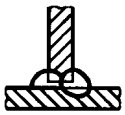
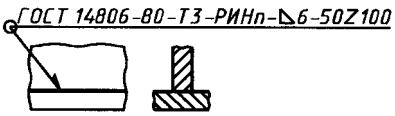
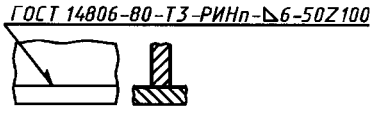
3.6. Одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз — в технических требованиях или таблице швов.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Справочное*

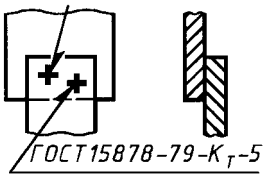
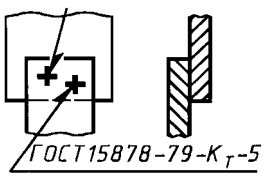
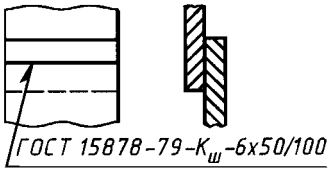
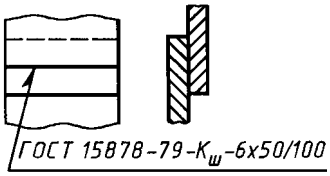
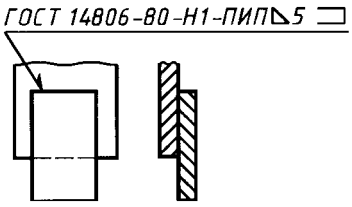
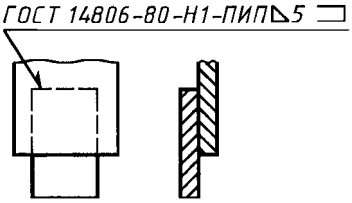
## ПРИМЕРЫ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ СТАНДАРТНЫХ ШВОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

| Характеристика шва | Форма поперечного сечения шва | Условное обозначение шва, изображенного на чертеже | |
|---|---|---|---|
| | | с лицевой стороны | с оборотной стороны |
| Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполняемый дуговой ручной сваркой при монтаже изделия.<br>Усиление снято с обеих сторон.<br>Параметр шероховатости поверхности шва:<br>с лицевой стороны — *Rz* 20 мкм;<br>с оборотной стороны — *Rz* 80 мкм |  |  |  |
| Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполняемый автоматической дуговой сваркой под флюсом по замкнутой линии |  |  |  |
| Шов углового соединения со скосом кромок, выполняемый электрошлаковой сваркой проволочным электродом. Катет шва 22 мм |  |  |  |

*Продолжение*

| Характеристика шва | Форма поперечного сечения шва | Условное обозначение шва, изображенного на чертеже | |
|---|---|---|---|
| | | с лицевой стороны | с оборотной стороны |
| Шов точечный соединения внахлестку, выполняемый дуговой сваркой в инертных газах плавящимся электродом. Расчетный диаметр точки 9 мм.<br>Шаг 100 мм.<br>Расположение точек шахматное.<br>Усиление должно быть снято.<br>Параметр шероховатости обработанной поверхности *Rz* 40 мкм. |  |  |  |
| Шов стыкового соединения без скоса кромок, односторонний, на остающейся подкладке, выполняемый сваркой нагретым газом с присадочным прутком |  |  |  |
| Одиночные сварные точки соединения внахлестку, выполняемые дуговой сваркой под флюсом.<br>Диаметр электрозаклепки 11 мм.<br>Усиление должно быть снято.<br>Параметр шероховатости обработанной поверхности *Rz* 80 мкм. |  |  | — |
| Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый ручной дуговой сваркой в инертных газах неплавящимся электродом с присадочным металлом по замкнутой линии<br>Катет шва 6 мм.<br>Длина провариваемого участка 50 мм.<br>Шаг 100 мм. |  |  |  |

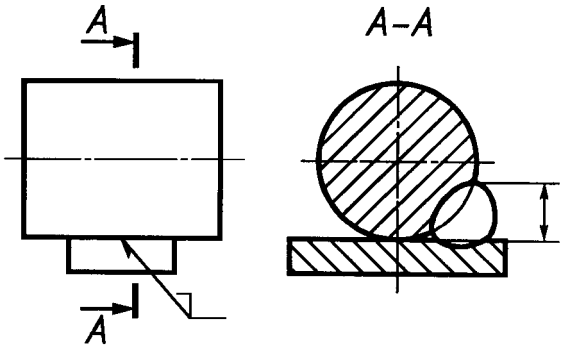
*Продолжение*

| Характеристика шва | Форма поперечного сечения шва | Условное обозначение шва, изображенного на чертеже | |
|---|---|---|---|
| | | с лицевой стороны | с оборотной стороны |
| Одиночные сварные точки соединения внахлестку, выполняемые контактной точечной сваркой. Расчетный диаметр литого ядра точки 5 мм | |   |   |
| Шов соединения внахлестку прерывистый, выполняемый контактной шовной сваркой.<br>Ширина литой зоны шва 6 мм.<br>Длина провариваемого участка 50 мм.<br>Шаг 100 мм. |  |   |   |
| Шов соединения внахлестку без скоса кромок, односторонний, выполняемый дуговой полуавтоматической сваркой в инертных газах плавящимся электродом.<br>Шов по незамкнутой линии.<br>Катет шва 5 мм. |  |   |   |

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Справочное*

## ПРИМЕР УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ НЕСТАНДАРТНОГО ШВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

| Характеристика шва | Условное изображение и обозначение шва на чертеже |
|---|---|
| Шов соединения без скоса кромок, односторонний, выполняемый ручной дуговой сваркой при монтаже изделия |   |

Примечание. В технических требованиях делают следующее указание: «Сварка ручная дуговая».

УДК 744.43:621:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Unified system for design documentation.
Symbolic designations and representations of dead joints

**ГОСТ 2.313—82**

**Взамен ГОСТ 2.313—68**

**Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1982 г. № 5294 срок введения установлен**

**с 01.01.84**

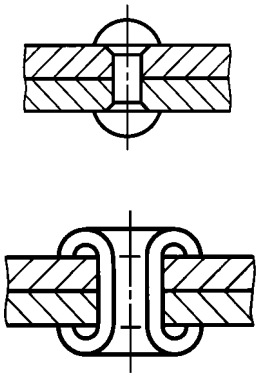
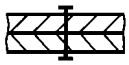
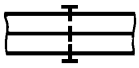
Настоящий стандарт устанавливает условные изображения и обозначения соединений, получаемых клепкой, пайкой, склеиванием, сшиванием и металлическими скобками, на чертежах всех отраслей промышленности и строительства, кроме чертежей строительных металлических конструкций.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 138—81.

## 1. СОЕДИНЕНИЯ КЛЕПАНЫЕ

1.1. Примеры условного изображения соединений, получаемых клепкой, приведены в табл. 1.

Таблица 1

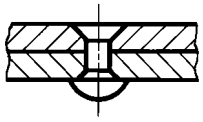
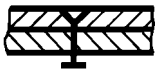
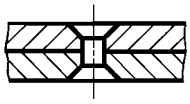
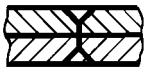
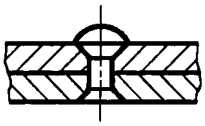
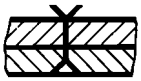
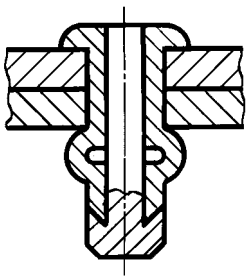
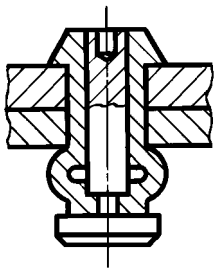
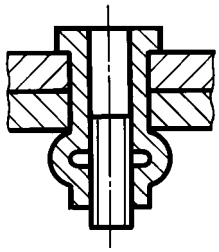
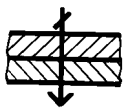
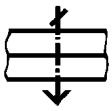
| Вид соединения | Изображение | Условное обозначение | |
|---|---|---|---|
| | | в сечении | на виде |
| 1. Заклепкой с полукруглой, плоской, скругленной головкой и с полукруглой, плоской, скругленной замыкающей головкой |  |  |  |

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

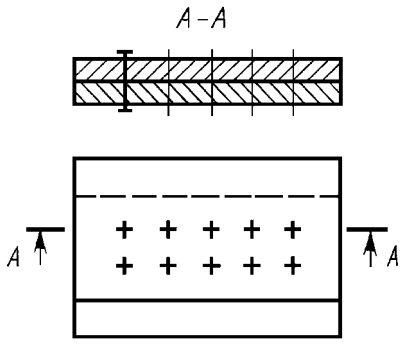
*Переиздание. Июль 2001 г.*

*Продолжение табл. 1*

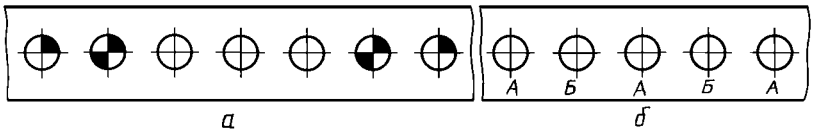
| Вид соединения | Изображение | Условное обозначение | |
|---|---|---|---|
| | | в сечении | на виде |
| 2. Заклепкой с потайной головкой и с полукруглой, плоской, скругленной замыкающей головкой |  |  |  |
| 3. Заклепкой с потайной головкой и с потайной замыкающей головкой |  |  |  |
| 4. Заклепкой с полупотайной головкой и с потайной замыкающей головкой |  |  |  |
| 5. Заклепками специальными |  <br>  <br>  |  |  |

1.2. Если предмет, изображенный на сборочном чертеже, имеет ряд однотипных соединений с заклепками одного типа и с одинаковыми размерами, то заклепки, входящие в соединение, следует показать условно в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центровыми или осевыми линиями (черт. 1).

1.3. Если на чертеже необходимо показать несколько групп заклепок различных типов и размеров, то рекомендуется отмечать одинаковые заклепки одним и тем же условным знаком (черт. 2*а*) или одинаковыми буквами (черт. 2*б*).



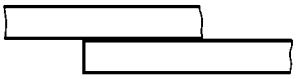

Черт. 1




Черт. 2

## 2. СОЕДИНЕНИЯ ПАЯНЫЕ И КЛЕЕНЫЕ

2.1. В соединениях, получаемых пайкой и склеиванием, место соединения элементов следует изображать сплошной линией толщиной 2*s* (черт. 3).

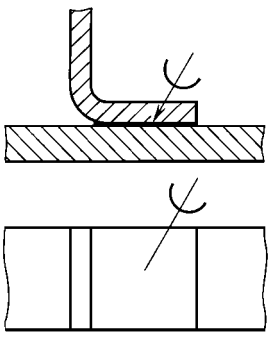


Черт. 3

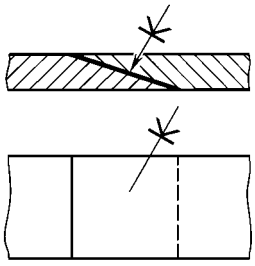
2.2. Для обозначения паяного и клееного соединения следует применять условный знак, который наносят на линии-выноске сплошной основной линией:

 — для пайки (черт. 4, 6, 8);

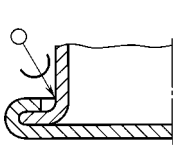
 — для склеивания (черт. 5, 7, 9).



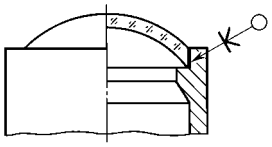
Черт. 4



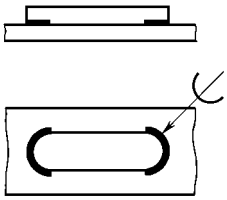
Черт. 5



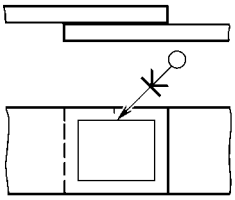
Черт. 6



Черт. 7



Черт. 8



Черт. 9

2.3. Швы, выполняемые по замкнутой линии, следует обозначать окружностью диаметром от 3 до 5 мм, выполняемой тонкой линией (черт. 6, 7, 9).

2.4. Швы, ограниченные определенным участком, следует обозначать, как показано на черт. 8.

2.5. На изображении паяного соединения при необходимости следует указывать размеры шва и обозначение шероховатости поверхности.

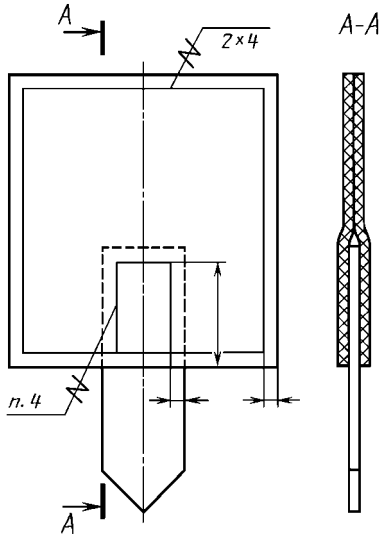
2.6. Обозначение припоя или клея (клеящего вещества) по соответствующему стандарту или техническим условиям следует приводить в технических требованиях чертежа записью по типу: «ПОС 40 ГОСТ...» или «Клей БФ-2 ГОСТ...».

При необходимости в том же пункте технических требований следует приводить требования к качеству шва. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва.

2.7. При выполнении швов припоями или клеями различных марок всем швам, выполняемым одним и тем же материалом, следует присваивать один порядковый номер, который следует наносить на линии-выноске. При этом в технических требованиях материал следует указывать записью по типу:

«ПОС 4 ГОСТ... (№ 1), ПМЦ 36 ГОСТ... (№ 2), клей БФ-2 ГОСТ... (№ 3)».

## 3. СОЕДИНЕНИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ СШИВАНИЕМ




Черт. 10

3.1. Соединения, получаемые сшиванием, следует изображать на чертежах тонкой сплошной линией и обозначать условным знаком, выполненным сплошной основной линией и нанесенным на линии-выноске (черт. 10).

3.2. Обозначение материала (ниток и т. п.) по соответствующему стандарту или техническим условиям, а также, при необходимости, сведения, характеризующие шов, в том числе количество ниток и размер стежка, следует приводить в технических требованиях чертежа. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва (черт. 10).

3.3. Если соединение имеет несколько рядов швов, то на чертеже следует изображать только один шов, расположенный ближе к краю. Количество швов и расстояние между ними следует указывать под полкой линии-выноски (черт. 10).

## 4. СОЕДИНЕНИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ ПОМОЩИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СКОБОК

4.1. Соединение, получаемое при помощи металлических скобок, следует обозначать условным знаком, выполненным сплошной основной линией и нанесенным на линии-выноске:

 — для соединений, выполняемых внахлестку;

 — для угловых соединений.

Линия-выноска подводится к соединению со стороны расположения скобок.

4.2. При изображении ряда металлических скобок следует изображать только крайние скобки, соединяемые между собой сплошной тонкой линией.

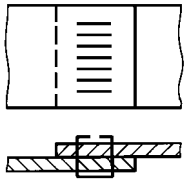
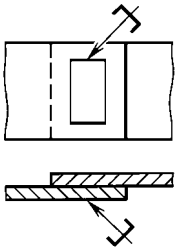
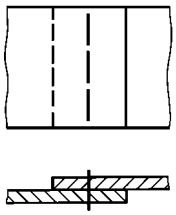
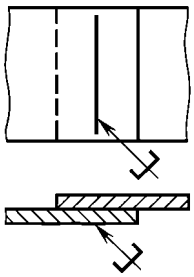
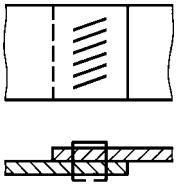
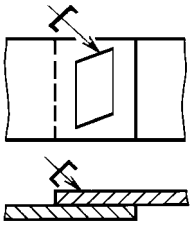
4.3. Соединение, выполняемое по замкнутой линии, следует обозначать в соответствии с требованием п. 2.3.

4.4. Дополнительные сведения, характеризующие соединение, например, параметры скобки и расстояние между ними, при необходимости, следует приводить в технических требованиях чертежа.

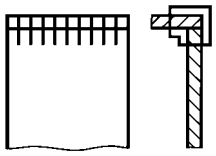
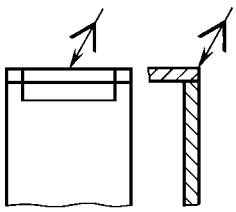
4.5. Если соединение образуется несколькими рядами скобок, то на чертеже следует изобразить один ряд, расположенный ближе к краю, а на полке линии-выноски указать количество рядов и расстояние между ними.

4.6. Примеры изображения и обозначения соединений, выполненных при помощи металлических скобок, приведены в табл. 2.

Таблица 2

| Соединение | Изображение | Условное изображение |
|---|---|---|
| 1. С параллельным расположением скобок |  |  |
| 2. С последовательным расположением скобок |  |  |
| 3. С параллельным наклонным расположением скобок |  |  |

*Продолжение табл. 2*

| Соединение | Изображение | Условное изображение |
|---|---|---|
| 4. Угловое с параллельным расположением скобок |  |  |

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# УКАЗАНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ О МАРКИРОВАНИИ И КЛЕЙМЕНИИ ИЗДЕЛИЙ

Unified system for design documentation.
Instructions for marking and stamping articles

**ГОСТ 2.314—68***

**Взамен ГОСТ 5292—60 в части п. 6**

**Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**
**Срок введения установлен**

**с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения на чертежи указаний о маркировании и клеймении изделий всех отраслей промышленности.

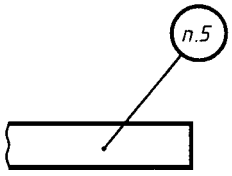
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 648—77.

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

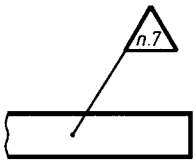
2. Указания о маркировании и клеймении помещают в технических требованиях чертежа и начинают словами: «Маркировать...» или «Клеймить...».

Указания о клеймении на чертежах помещают только в тех случаях, когда необходимо предусмотреть на изделии определенное место клеймения, размеры и способ нанесения клейма.

3. Место нанесения маркировки или клейма на изображении изделия отмечают точкой и соединяют ее линией-выноской со знаками маркирования или клеймения, которые располагают вне изображения. Знак маркирования — окружность диаметром 10 ... 15 мм (черт. 1), знак клеймения — равносторонний треугольник высотой 10 ... 15 мм (черт. 2).




Черт. 1




Черт. 2

Внутри знака помещают номер соответствующего пункта технических требований, в котором приведены указания о маркировании и клеймении.

Знаки маркирования и клеймения выполняют сплошными основными линиями.

4. Если маркированию или клеймению подлежат определенные части изделий (головка болта, торец вала и т. п.), то знаки маркирования или клеймения на чертеж не наносят, а место нанесения маркировки или клейма указывают в технических требованиях.

5. Если указания о маркировании и клеймении помещают в технических условиях на изделие, то на чертеже изделия делают следующую запись: «Маркировать по ТУ...».

6. Если маркировка и клеймо необходимы, но нанесение их на изделие нецелесообразно или невозможно по конструктивным соображениям, то в технических требованиях помещают соответствующее указание, например: «Маркировать... на бирке» или «Клеймить... на бирке».

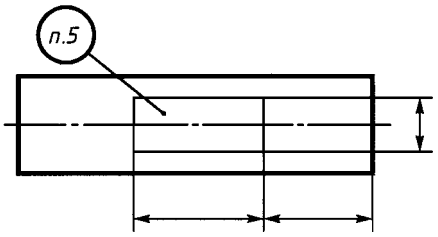
7. При необходимости ограничить участок поверхности для нанесения маркировки или клейма наносят сплошной тонкой линией границы участка и указывают его размеры (черт. 3) или изображают маркировку, или клеймо, наносимые на изделие.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в октябре 1969 г., августе 1980 г. (ИУС 11—69, 10—80)*




Черт. 3

8. Указания о маркировании и клеймении должны определять:

а) содержание маркировки и клейма;

б) место нанесения;

в) способ нанесения (при необходимости);

г) размер шрифта (при необходимости).

9. С целью сокращения объема надписей на чертеже допускается указания о содержании и способе нанесения маркировки или клейма приводить буквенными обозначениями, установленными приложением 1 к настоящему стандарту.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Рекомендуемое*

## ОБОЗНАЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И СПОСОБОВ НАНЕСЕНИЯ МАРКИРОВКИ И КЛЕЙМ

1. Содержание маркировки указывают буквенными обозначениями, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

| Содержание маркировки | Обозначение |
|---|---|
| Товарный знак, наименование предприятия-изготовителя | Т |
| Индекс изделия | Ш |
| Обозначение изделия по основному конструкторскому документу | Ч |
| Заводской номер изделия* | Н |
| Марка материала | М |
| Номер плавки, порядковый номер в плавке | П |
| Технические данные | Х |
| Группа селективности | С |
| Знаки полярности, направления вращения, направления потока среды и др. данные, необходимые для монтажа | З |
| Дата изготовления | Д |
| Цена изделия | Ц |

* Под номером изделия понимается также номер партии или серии.

2. Содержание клейма указывают буквенными обозначениями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

| Содержание клейма | Обозначение |
|---|---|
| Испытания (контроль): механические, гидравлические, пневматические, электрические, на твердость и др. | И |
| Окончательная приемка | К |

3. Способы нанесения маркировки или клейма указывают буквенными обозначениями, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

| Способ нанесения маркировки или клейма | Обозначение | Способ нанесения маркировки или клейма | Обозначение |
|---|---|---|---|
| Ударный | у | Краской | к |
| Гравированием | г | Литьем или давлением (прессованием, штамповкой и т. п.) | л |
| Травлением | т | | |

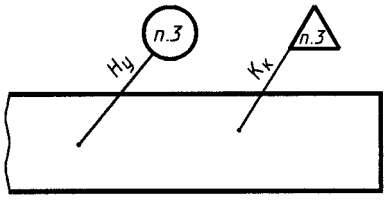
Примечание. Если маркировка или клеймо могут быть нанесены любым способом, то способ нанесения не указывают.

4. Обозначения и способы нанесения маркировки и клейма указывают на наклонном участке линии-выноски.

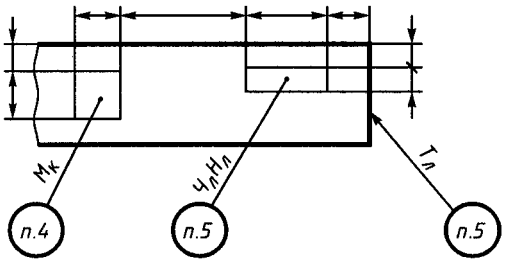
ПРИМЕР НАНЕСЕНИЯ на чертеже обозначений заводского номера изделия ударным способом и клейма окончательной приемки краской при наличии в технических условиях на изделие всех данных о маркировании и клеймении приведен на черт. 1.

При этом в технических требованиях чертежа делают запись по типу: «3. Маркировать и клеймить по ТУ...».

ПРИМЕР НАНЕСЕНИЯ на чертеже обозначений марки материала — краской, обозначения изделия, заводского номера его и товарного знака — литейным способом, при необходимости указания на чертеже отсутствующих в технических условиях данных о месте, способе нанесения и шрифте маркировки, приведен на черт. 2.




Черт. 1




Черт. 2

При этом в технических требованиях чертежа делают запись по типу:

а) если маркировки выполняются разным шрифтом, —

«4. Маркировать по ТУ . . . шрифтом . . . ГОСТ . . .» .

5. Маркировать по ТУ . . . , Чл — шрифтом . . . ГОСТ . . . Нл — шрифтом . . . ГОСТ . . . ».

«6. Маркировать по ТУ . . . шрифтом . . . ГОСТ . . .» :

б) если маркировки выполняются одним шрифтом, —

«4. Маркировать по ТУ . . . шрифтом . . . ГОСТ . . . ».

**(Введено дополнительно, Изм. № 1).**

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Справочное*

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Маркирование** — нанесение на изделие знаков, характеризующих это изделие.

**Маркировка** — совокупность знаков, характеризующих изделие, например: обозначение, шифр, номер партии (серии), порядковый номер, дата изготовления, товарный знак предприятия-изготовителя, марка материала, группа селективности, монтажные или транспортные знаки и т. п.

**Клеймение** — нанесение на изделие знаков, удостоверяющих его качество.

**Клеймо** — знак, удостоверяющий качество изделия.

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ИЗОБРАЖЕНИЯ УПРОЩЕННЫЕ И УСЛОВНЫЕ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Unified system for design documentation.
Simplified and symbolic designations of fasteners

**ГОСТ 2.315—68***

**Взамен ГОСТ 3465—52**

**Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от декабря 1967 г. срок введения установлен**

**с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах и чертежах общих видов всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1978—79.

2. На сборочных чертежах и чертежах общих видов изображение крепежных деталей (упрощенное или условное) выбирают в зависимости от назначения и масштаба чертежа.

Крепежные детали, у которых на чертеже диаметры стержней равны 2 мм и менее, изображают условно. Размер изображения должен давать полное представление о характере соединения.

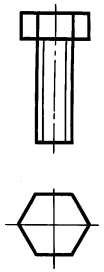
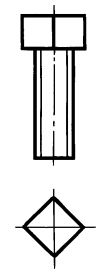
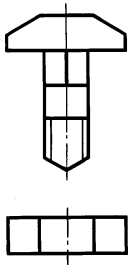
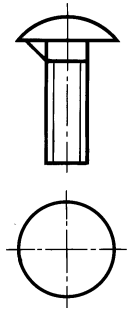
3. Упрощенные и условные изображения крепежных деталей должны соответствовать указанным в табл. 1.

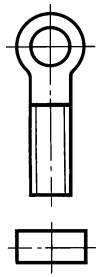
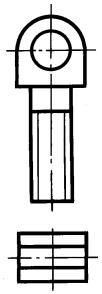
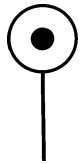
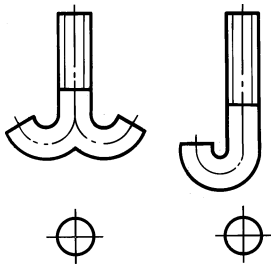
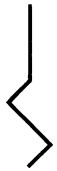
**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в декабре 1980 г., апреле 1998 г. (ИУС 3—81, 7—98)*

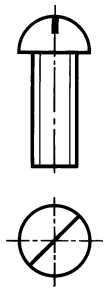
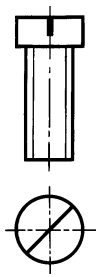
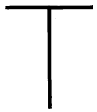
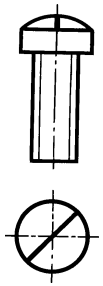
Таблица 1

*Продолжение табл. 1*

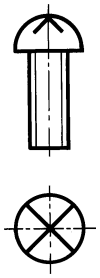
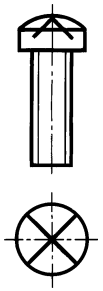
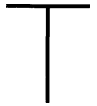
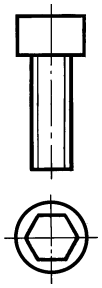
| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| 1. Болты и винты: | | |
| с шестигранной головкой |  | |
| с квадратной головкой |  |  |
| с молоткообразной головкой |  | |
| 2. Болты: с полукруглой головкой и усом |  |  |

| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| откидные с круглой головкой |  | |
| откидные с вилкой |  |  |
| фундаментные |  |  |

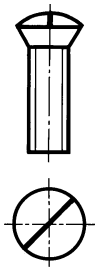
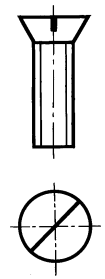
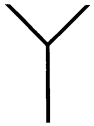
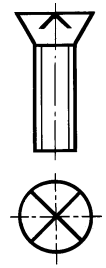
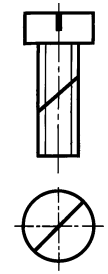
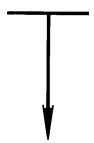
*Продолжение табл. 1*

| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| 3. Винты: | | |
| с полукруглой головкой |  | |
| с цилиндрической головкой |  |  |
| с цилиндрической головкой и сферой |  | |

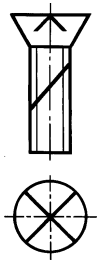
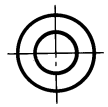
*Продолжение табл. 1*

| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| с полукруглой головкой и крестообразным шлицем |  | |
| с цилиндрической головкой, сферой и крестообразным шлицем |  |  |
| с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ |  | |

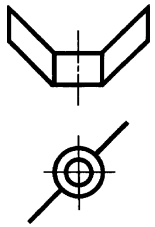
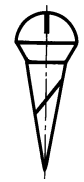
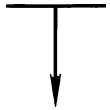
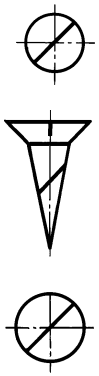
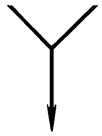
*Продолжение табл. 1*

| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| с полупотайной головкой |  | |
| с потайной головкой |  |  |
| с потайной головкой и крестообразным шлицем |  | |
| с цилиндрической головкой саморежущие |  |  |

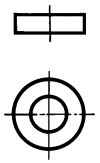
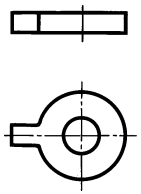
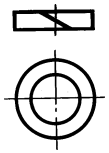
*Продолжение табл. 1*

| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| с потайной головкой и крестообразным шлицем саморежущие |  |  |
| 4. Гайки: |  | |
| круглые |  | |
| шестигранные |  |  |
| |  | |
| шестигранные прорезные и корончатые |  | |
| |  | |

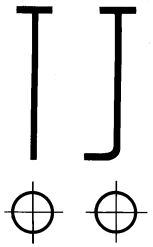
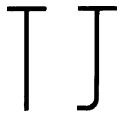
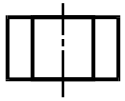
*Продолжение табл. 1*

| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| гайки-барашки |  |  |
| 5. Шурупы: | | |
| с полукруглой головкой |  |  |
| с потайной головкой |  | |
| с полупотайной головкой |  |  |

*Продолжение табл. 1*

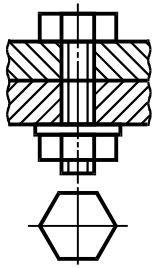
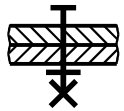
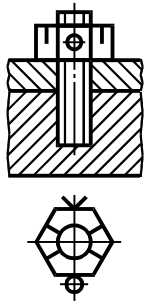
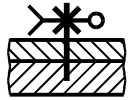
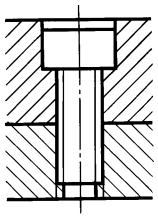
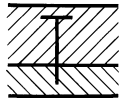
| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| 6. Шпильки |  |  |
| 7. Шайбы: | | |
| простые, стопорные и т. д. |  |  |
| стопорные с язычком |  |  |
| пружинные |  |  |

*Окончание табл. 1*

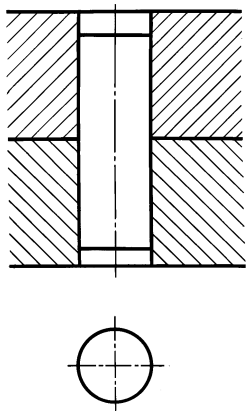
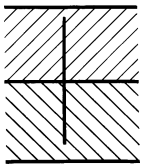
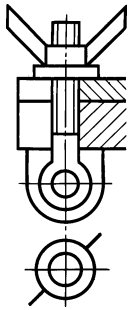
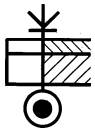
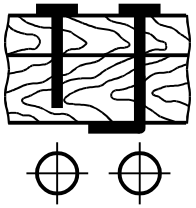
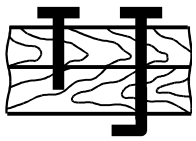
| Наименование | Изображение | |
|---|---|---|
| | упрощенное | условное |
| 8. Штифты:<br>цилиндрические |  |  |
| конические |  | |
| 9. Гвозди |  |  |
| 10. Шплинты |  |  |
| 11. Резьбовые вставки |  | |

4. Примеры упрощенных и условных изображений крепежных деталей в соединениях даны в табл. 2.

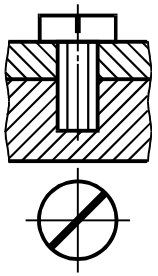
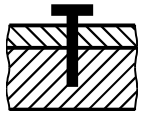
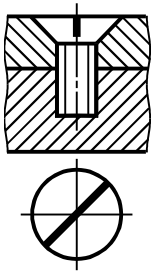
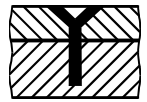
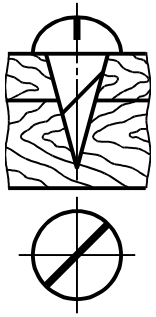
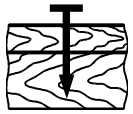
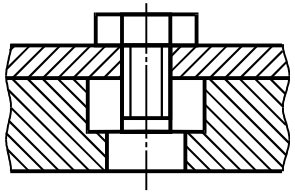
Таблица 2

| Изображение | |
|---|---|
| упрощенное | условное |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | |

*Продолжение табл. 2*

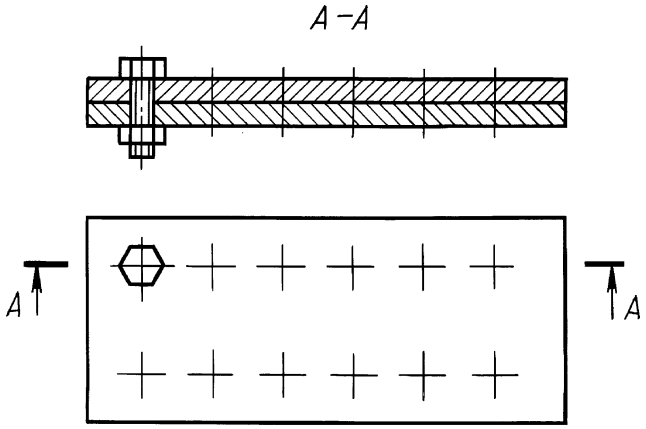
| Изображение | |
|---|---|
| упрощенное | условное |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

*Окончание табл. 2*

| Изображение | |
|---|---|
| упрощенное | условное |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  | |

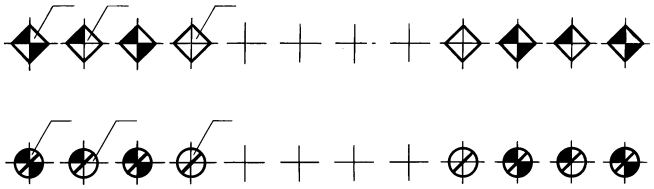
3, 4. **(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

5. Если предмет, изображенный на сборочном чертеже, имеет ряд однотипных соединений, то крепежные детали, входящие в эти соединения, следует показывать условно или упрощенно в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центровыми или осевыми линиями (черт. 1).




Черт. 1

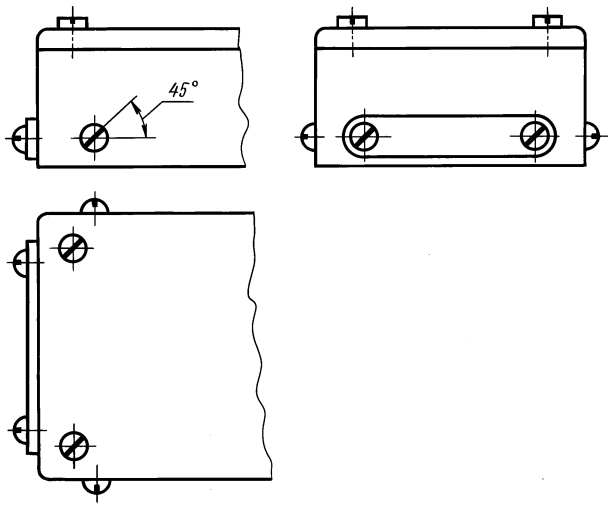
6. Если на чертеже имеется несколько групп крепежных деталей, различных по типам и размерам, то вместо нанесения повторяющихся номеров позиций рекомендуется одинаковые крепежные детали обозначать условными знаками, а номер позиции наносить только один раз (черт. 2).



Черт. 2

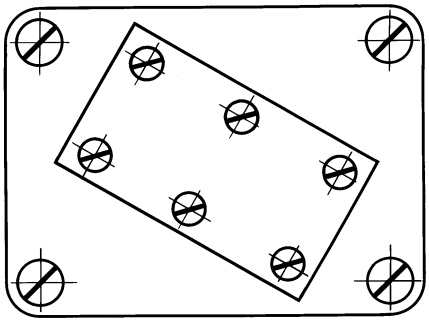
В строительных чертежах допускается одинаковые группы крепежных деталей обводить сплошной тонкой линией с поясняющей надписью на полке линии-выноски; при этом преобладающие крепежные детали не обводят и не оговаривают в общих указаниях к чертежу.

7. Шлицы на головках крепежных деталей следует изображать одной сплошной линией, как показано на черт. 3: на одном виде — по оси крепежной детали, на другом — под углом 45° к рамке чертежа.




Черт. 3

Если линия шлица, проведенная под углом 45° к рамке чертежа, совпадает с центровой линией или близка по направлению к ней, то линия шлица проводится под углом 45° к центровой линии (черт. 4).



Черт. 4

**Изменение № 2 принято Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 12 от 21.11.97)**

**За принятие изменения проголосовали:**

| Наименование государства | Наименование национального органа стандартизации |
|---|---|
| Азербайджанская Республика | Азгосстандарт |
| Республика Армения | Армгосстандарт |
| Республика Казахстан | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизская Республика | Киргизстандарт |
| Республика Молдова | Молдовастандарт |
| Российская Федерация | Госстандарт России |
| Республика Таджикистан | Таджикгосстандарт |
| Туркменистан | Главная государственная инспекция Туркменистана |
| Республика Узбекистан | Узгосстандарт |
| Украина | Госстандарт Украины |

УДК 62(084.11):006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ НАДПИСЕЙ, ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И ТАБЛИЦ

Unified system for design documentation.
Rules for placing of inscriptions, technical data and tables on drawings

**ГОСТ 2.316—68***
**Взамен ГОСТ 5292—60 в части разд. VI и приложения, ГОСТ 3453—59 в части разд. VI**

**Утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР в декабре 1967 г.**
**Срок введения установлен**

**с 01.01.71**

1. Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на чертежи изделий всех отраслей промышленности.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 856—78, СТ СЭВ 6306—88.

**(Измененная редакция, Изм. № 1, 2).**

2. Кроме изображения предмета с размерами и предельными отклонениями, чертеж может содержать:

а) текстовую часть, состоящую из технических требований и (или) технических характеристик;

б) надписи с обозначением изображений, а также относящиеся к отдельным элементам изделия;

в) таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, контрольными комплексами, условными обозначениями и т. д.

3. Выполнение основной надписи чертежа должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104—68 и ГОСТ 2.109—73.

4. Текстовую часть, надписи и таблицы включают в чертеж в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями.

5. Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В надписях на чертежах не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых, а также установленных в стандартах и указанных в приложении к настоящему стандарту.

6. Текст на поле чертежа, таблицы, надписи с обозначением изображений, а также надписи, связанные непосредственно с изображением, как правило, располагают параллельно основной надписи чертежа.

7. Около изображений на полках линий-выносок наносят только краткие надписи, относящиеся непосредственно к изображению предмета, например, указания о количестве конструктивных элементов (отверстий, канавок и т. п.), если они не внесены в таблицу, а также указания лицевой стороны, направления проката, волокон и т. п.

8. Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от какой-либо линии, заканчивают точкой (черт. 1*а*).

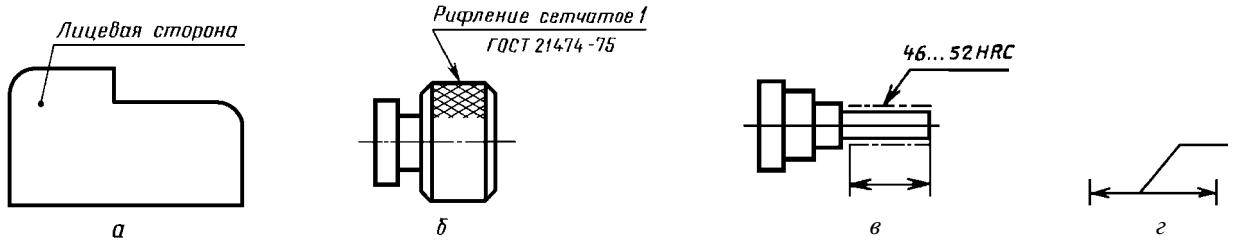
Линию-выноску, отводимую от линий видимого и невидимого контура, а также от линий, обозначающих поверхности, заканчивают стрелкой (черт. 1б, *в*).

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

** Издание (июль 2001 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в июле 1980 г., марте 1989 г. (ИУС 11—80, 7—89)*

На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни стрелки, ни точки (черт. 1*г*).

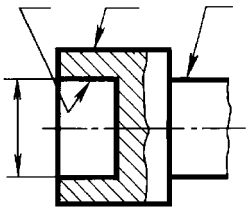



Черт. 1

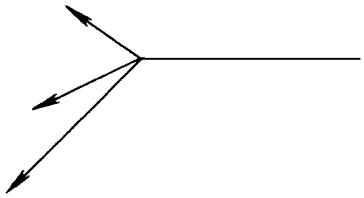
**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

9. Линии-выноски должны не пересекаться между собой, быть непараллельными линиям штриховки (если линия-выноска проходит по заштрихованному полю) и не пересекать, по возможности, размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись.

Допускается выполнять линии-выноски с одним изломом (черт. 2), а также проводить от одной полки две и более линии-выноски (черт. 3).



Черт. 2



Черт. 3

10. Надписи, относящиеся непосредственно к изображению, могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней.

11. Текстовую часть, помещенную на поле чертежа, располагают над основной надписью.

Между текстовой частью и основной надписью не допускается помещать изображения, таблицы и т. п.

На листах формата более 11 допускается размещение текста в две и более колонки. Ширина колонки должна быть не более 185 мм.

На чертеже оставляют место для продолжения таблицы изменений.

12. На чертеже изделия, для которого стандартом установлена таблица параметров (например, зубчатого колеса, червяка и т. п.), ее помещают по правилам, установленным соответствующим стандартом. Все другие таблицы размещают на свободном месте поля чертежа справа от изображения или ниже его и выполняют по ГОСТ 2.105—95.

13. Технические требования на чертеже излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, по возможности в следующей последовательности:

а) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали (электрические, магнитные, диэлектрические, твердость, влажность, гигроскопичность и т. д.), указание материалов-заменителей;

б) размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, массы и т. п.;

в) требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;

г) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;

д) требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;

е) другие требования к качеству изделий, например: бесшумность, виброустойчивость, самоторможение и т. д.;

ж) условия и методы испытаний;

з) указания о маркировании и клеймении;

и) правила транспортирования и хранения;

к) особые условия эксплуатации;

л) ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

14. Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию. Каждый пункт технических требований записывают с новой строки.

15. Заголовок «Технические требования» не пишут.

16. В случае, если необходимо указать техническую характеристику изделия, ее размещают отдельно от технических требований, с самостоятельной нумерацией пунктов, на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». При этом над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Оба заголовка не подчеркивают.

17. При выполнении чертежа на двух и более листах текстовую часть помещают только на первом листе независимо от того, на каких листах находятся изображения, к которым относятся указания, приведенные в текстовой части.

Надписи, относящиеся к отдельным элементам предмета и наносимые на полках линий-выносок, помещают на тех листах чертежа, на которых они являются наиболее необходимыми для удобства чтения чертежа.

18. Для обозначения на чертеже изображений (видов, разрезов, сечений), поверхностей, размеров и других элементов изделия применяют прописные буквы русского алфавита, за исключением букв Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь.

Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и, как правило, без пропусков, независимо от количества листов чертежа. Предпочтительно обозначать сначала изображения.

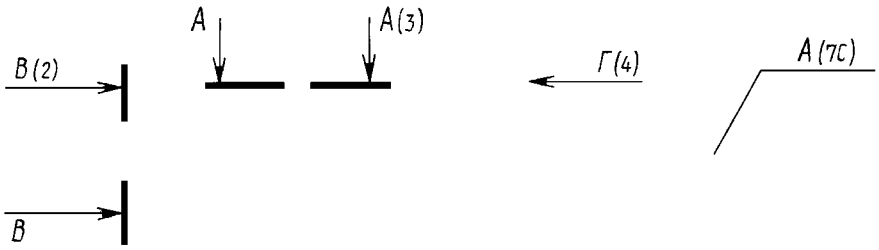
В случае недостатка букв применяют цифровую индексацию, например: «А»; «$А_1$»; «$А_2$»; «Б—Б»; «$Б_1$—$Б_1$»; «$Б_2$—$Б_2$».

19. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в два раза.

20. Масштаб изображения на чертеже, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают непосредственно после надписи, относящейся к изображению, например:

А — А (1:1); Б (5:1); А (2:1).

Если на чертеже отыскание дополнительных изображений (сечений, разрезов, дополнительных видов, выносных элементов) затруднено вследствие большой насыщенности чертежа или выполнения его на двух и более листах, то у обозначения дополнительных изображений указывают номера листов или обозначения зон, на которых эти изображения помещены (черт. 4).




Черт. 4

В этих случаях над дополнительными изображениями у их обозначений указывают номера листов или обозначения зон, на которых дополнительные изображения отмечены (черт. 5).




Черт. 5

21. Таблицы, помещенные на чертеже, нумеруют в пределах чертежа при наличии ссылок на них в технических требованиях. При этом над таблицей справа ставят слово «Таблица» с порядковым номером (без знака №).

Если на чертеже только одна таблица, то ее не нумеруют и слово «Таблица» не пишут.

*ПРИЛОЖЕНИЕ*

## ПЕРЕЧЕНЬ ДОПУСКАЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ СЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОСНОВНЫХ НАДПИСЯХ, ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЯХ И ТАБЛИЦАХ НА ЧЕРТЕЖАХ И СПЕЦИФИКАЦИЯХ

| Полное наименование | Сокращение | Полное наименование | Сокращение |
|---|---|---|---|
| Без чертежа | БЧ | Плоскость | плоск. |
| Ведущий | Вед.* | Поверхность | поверхн. |
| Верхнее отклонение | верхн. откл. | Подлинник | подл. |
| Взамен | взам. | Подпись | подп.* |
| Внутренний | внутр. | Позиция | поз. |
| Главный | Гл.* | Покупка, покупной | покуп. |
| Глубина | глуб. | По порядку | п/п |
| Деталь | дет. | Правый | прав. |
| Длина | дл. | Предельное отклонение | пред. откл. |
| Документ | докум. | Приложение | прилож. |
| Дубликат | дубл. | Примечание | примеч. |
| Заготовка | загот. | Проверил | Пров. |
| Зенковка, зенковать | зенк. | Пункт | п. |
| Извещение | изв. | Пункты | пп. |
| Изменение | изм. | Разработал | Разраб.* |
| Инвентарный | инв. | Рассчитал | Рассч.* |
| Инженер | Инж.* | Регистрация, регистрационный | регистр. |
| Инструмент | инстр. | | |
| Исполнение | исполн. | Руководитель | Рук.* |
| Класс (точности, чистоты) | кл. | Сборочный чертеж | сб. черт. |
| Количество | кол. | Свыше | св. |
| Конический | конич. | Сечение | сеч. |
| Конструктор | Констр.* | Специальный | спец. |
| Конструкторский отдел | КО* | Спецификация | специф. |
| Конструкторское бюро | КБ* | Справочный | справ. |
| Конусность | конусн. | Стандарт, стандартный | станд. |
| Конусообразность | конусообр. | Старший | Ст.* |
| Лаборатория | лаб.* | Страница | стр. |
| Левый | лев. | Таблица | табл. |
| Литера | лит. | Твердость | тв. |
| Металлический | металл. | Теоретический | теор. |
| Металлург | Мет.* | Технические требования | ТТ |
| Механик | Мех.* | Технические условия | ТУ |
| Наибольший | наиб. | Техническое задание | ТЗ |
| Наименьший | наим. | Технолог | Техн.* |
| Наружный | нар. | Технологический контроль | Т. контр.* |
| Начальник | Нач.* | Ток высокой частоты | ТВЧ |
| Нормоконтроль | Н. контр. | Толщина | толщ. |
| Нижнее отклонение | нижн. откл. | Точность, точный | точн. |
| Номинальный | номин. | Утвердил | Утв. |
| Обеспечить | обеспеч. | Условное давление | усл. давл. |
| Обработка, обрабатывать | обраб. | Условный проход | усл. прох. |
| Отверстие | отв. | Химический | хим. |
| Отверстие центровое | отв. центр. | Цементация, цементировать | цемент. |
| Относительно | относит. | Центр масс | Ц. М. |
| Отдел | отд.* | Цилиндрический | цилиндр. |
| Отклонение | откл. | Чертеж | черт. |
| Первичная применяемость | перв. примен.* | Шероховатость | шерох. |
| | | Экземпляр | экз. |

Примечания:
1. Сокращения, отмеченные знаком «*», применяют только в основной надписи.
2. Сокращение «табл.» применяют в тексте только в тех случаях, когда таблицы имеют номера.

**МКС 01.080.30**
**Группа Т52**

**Изменение № 3 ГОСТ 2.316—68 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц**

**Принято Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 1 по переписке от 17.01.2002)**

**Зарегистрировано Бюро по стандартам МГС № 4046**

За принятие изменения проголосовали национальные органы по стандартизации следующих государств: AZ, AM, BY, KZ, KG, MD, RU, TJ, TM, UZ [коды альфа-2 по МК (ИСО 3166) 004]

Пункт 1. Второй абзац исключить.

Пункт 11. Третий абзац. Заменить обозначение формата: 11 на А4.

Пункт 18 дополнить абзацем:

«Буквенные обозначения не подчеркивают».

Пункт 21 исключить.

Приложение. Исключить наименование: «Таблица», «табл.»;

заменить сокращение: «стр.» на «с.»;

примечания изложить в новой редакции:

«П р и м е ч а н и е. Сокращения, отмеченные знаком «*», применяют только в основной надписи».

(ИУС № 3 2003 г.)

УДК 744.4:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Unified system for design documentation.
Axonometric projections

**ГОСТ 2.317—69***

**Взамен ГОСТ 2.305—68 в части приложения**

**Постановлением Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР от 14 октября 1969 г. № 1118 срок введения установлен**

**с 01.01.71**

Настоящий стандарт устанавливает аксонометрические проекции, применяемые в чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1979—79.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

## 1. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ

1.1. Изометрическая проекция

1.1.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 1.

1.1.2. Коэффициент искажения по осям *x*, *y*, *z* равен 0,82.

Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без искажения по осям *x*, *y*, *z*, т. е. приняв коэффициент искажения равным 1.

1.1.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (черт. 2).

Если изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x*, *y*, *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна 1,22, а малая ось — 0,71 диаметра окружности.

Если изометрическую проекцию выполняют с искажением по осям *x*, *y*, *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна диаметру окружности, а малая ось — 0,58 диаметра окружности.

1.1.4. Пример изометрической проекции детали приведен на черт. 3.

1.2. Диметрическая проекция

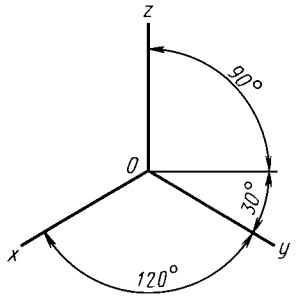
1.2.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 4.

1.2.2. Коэффициент искажения по оси *y* равен 0,47, а по осям *x* и *z* — 0,94.

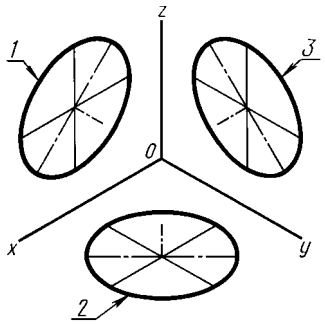
Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям *x* и *z* и с коэффициентом искажения 0,5 по оси *y*.

**Издание официальное** ★ **Перепечатка воспрещена**

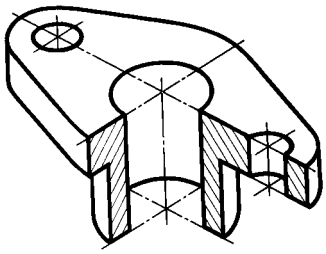
** Издание (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в августе 1980 г. (ИУС 11—80)*




Черт. 1




*1* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *y*);
*2* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *z*);
*3* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *x*).



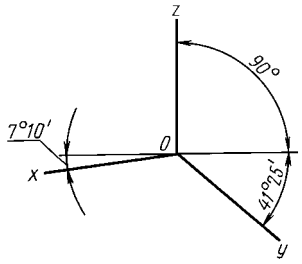
Черт. 3

1.2.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (черт. 5).

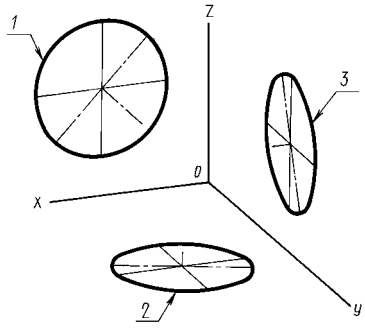
Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x* и *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна 1,06 диаметра окружности, а малая ось эллипса *1* — 0,95, эллипсов *2* и *3* — 0,35 диаметра окружности.

Если диметрическую проекцию выполняют с искажением по осям *x* и *z*, то большая ось эллипсов *1*, *2*, *3* равна диаметру окружности, а малая ось эллипса *1* — 0,9, эллипсов *2* и *3* — 0,33 диаметра окружности.

1.2.4. Пример диметрической проекции детали приведен на черт. 6.

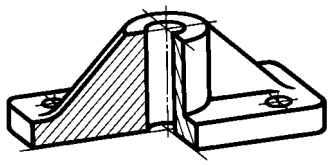



Черт. 4




*1* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *y*); *2* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *z*); *3* — эллипс (большая ось расположена под углом 90 ° к оси *x*).

Черт. 5



Черт. 6

## 2. КОСОУГОЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ

2.1. Фронтальная изометрическая проекция

2.1.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 7.

Допускается применять фронтальные изометрические проекции с углом наклона оси *y* 30 и 60 °.

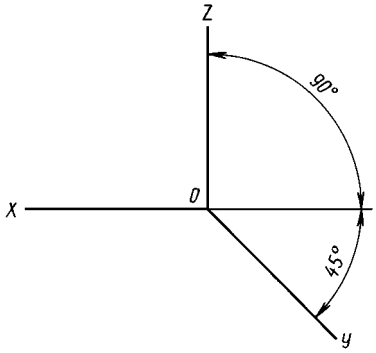
2.1.2. Фронтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x*, *y*, *z*.

2.1.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций,

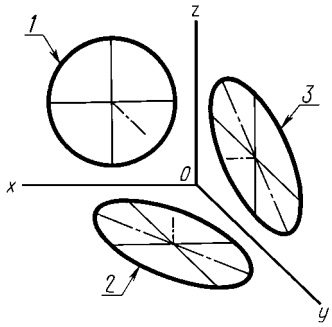
проецируются на аксонометрическую плоскость в окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, — в эллипсы (черт. 8).

Большая ось эллипсов *2* и *3* равна 1,3, а малая ось — 0,54 диаметра окружности.

2.1.4. Пример фронтальной изометрической проекции детали приведен на черт. 9.

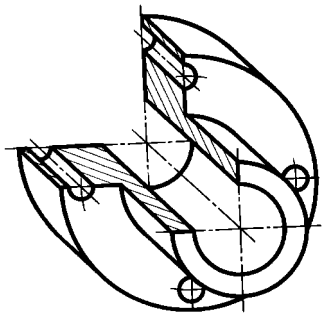



Черт. 7




*1* — окружность; *2* — эллипс (большая ось составляет с осью *x* угол 22°30′); *3* — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 22°30′).

Черт. 8



Черт. 9

2.2. Горизонтальная изометрическая проекция

2.2.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 10.

Допускается применять горизонтальные изометрические проекции с углом наклона оси *y* 45 и 60 °, сохраняя угол между осями *x* и *y* 90 °.

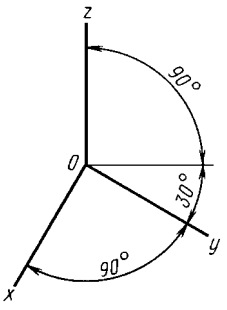
2.2.2. Горизонтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям *x*, *y* и *z*.

2.2.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной и профильной плоскостям проекций — в эллипсы (черт. 11).

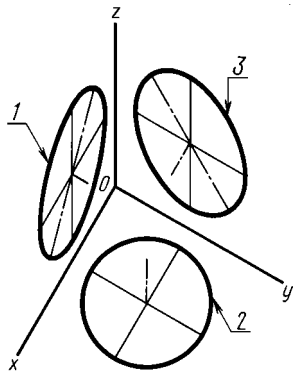
Большая ось эллипса *1* равна 1,37, а малая ось — 0,37 диаметра окружности.

Большая ось эллипса *3* равна 1,22, а малая ось — 0,71 диаметра окружности.

2.2.4. Пример горизонтальной изометрической проекции приведен на черт. 12.

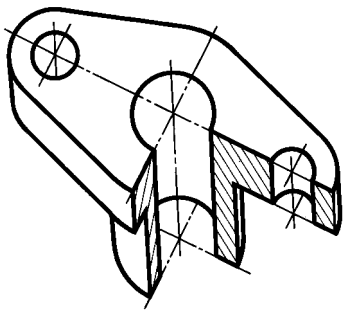



Черт. 10




*1* — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 15 °); *2* — окружность; *3* — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 30 °)

Черт. 11



Черт. 12

2.3. Фронтальная диметрическая проекция

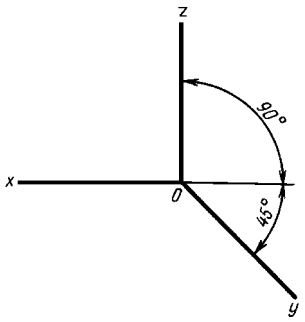
2.3.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 13.

Допускается применять фронтальные диметрические проекции с углом наклона оси *y* 30 и 60 °.

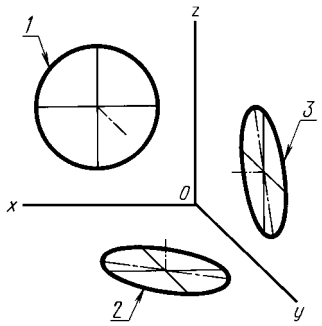
Коэффициент искажения по оси *y* равен 0,5, а по осям *x* и *z* — 1.

2.3.2. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, — в эллипсы (черт. 14). Большая ось эллипсов *2* и *3* равна 1,07, а малая ось — 0,33 диаметра окружности.

2.3.3. Пример фронтальной диметрической проекции детали приведен на черт. 15.

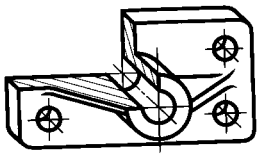



Черт. 13




*1* — окружность; *2* — эллипс (большая ось составляет с осью *x* угол 7°14′); *3* — эллипс (большая ось составляет с осью *z* угол 7°14′).

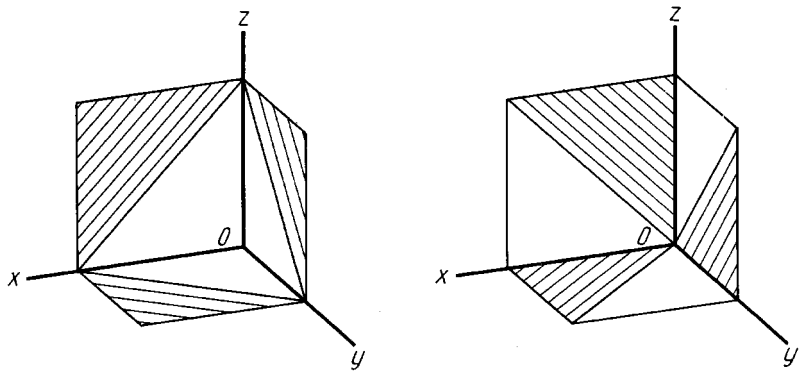
Черт. 14



Черт. 15

## 3. УСЛОВНОСТИ И НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

3.1. Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (черт. 16).




Черт. 16

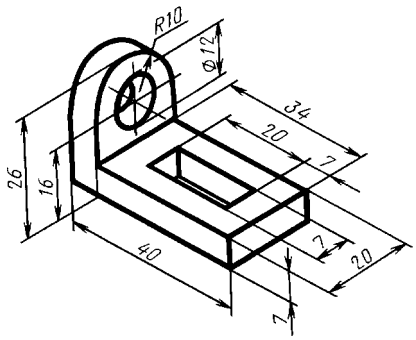
3.2. При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии — параллельно измеряемому отрезку (черт. 17).

3.3. В аксонометрических проекциях спицы маховиков и шкивов, ребра жесткости и подобные элементы штрихуют (см. черт. 6).

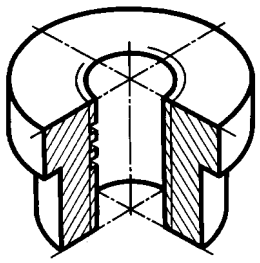
3.4. При выполнении в аксонометрических проекциях зубчатых колес, реек, червяков и подобных элементов допускается применять условности по ГОСТ 2.402—68.

В аксонометрических проекциях резьбу изображают по ГОСТ 2.311—68.

Допускается изображать профиль резьбы полностью или частично, как показано на черт. 18.




Черт. 17



Черт. 18

3.5. В необходимых случаях допускается применять другие теоретически обоснованные аксонометрические проекции.

УДК 744.4:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ПРАВИЛА УПРОЩЕННОГО НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ

**ГОСТ 2.318—81**

Unified system for design documentation.
Rules of simplified marking of hole dimensions

**Дата введения 01.01.82**

1. Настоящий стандарт устанавливает правила упрощенного нанесения размеров отверстий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

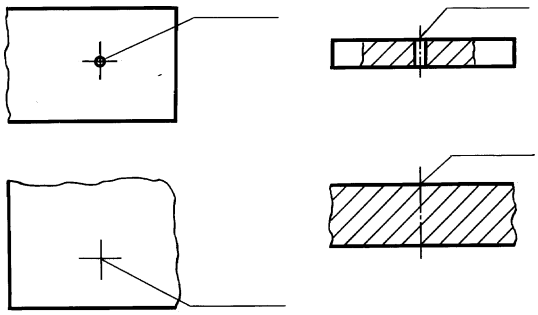
2. Размеры отверстий на чертежах допускается наносить упрощенно в следующих случаях:

диаметр отверстия на изображении — 2 мм и менее;

отсутствует изображение отверстий в разрезе (сечении) вдоль оси;

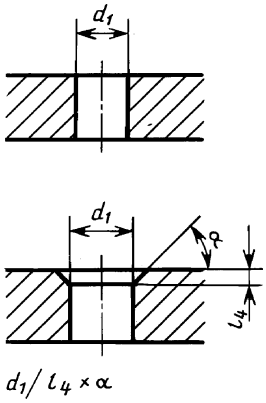
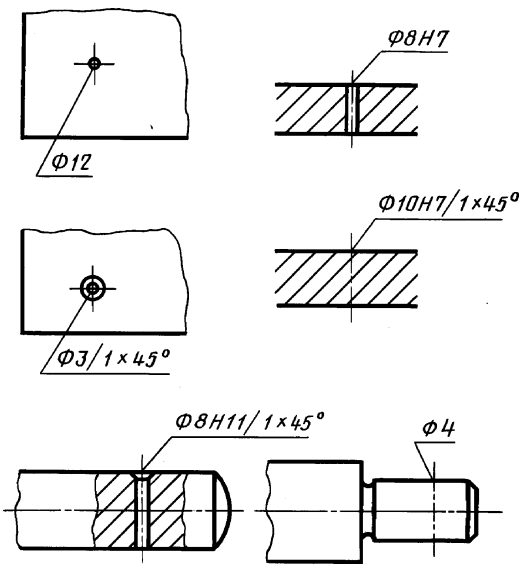
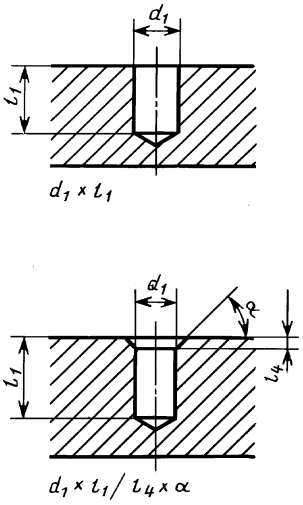
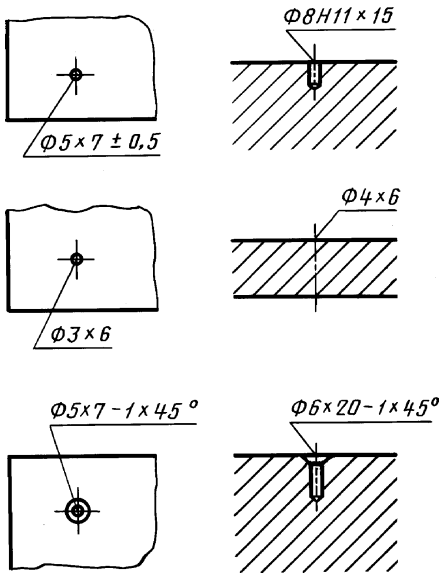
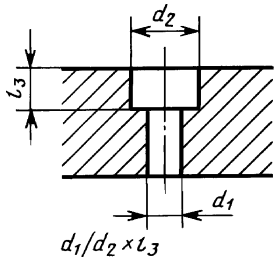
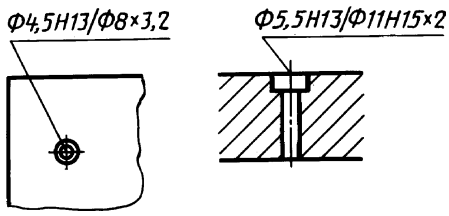
нанесение размеров отверстий по общим правилам усложняет чтение чертежа.

3. Размеры отверстий следует указывать на полке линии-выноски, проведенной от оси отверстия (см. чертеж).

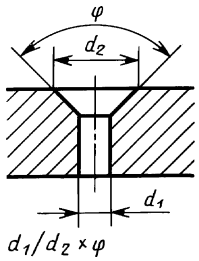
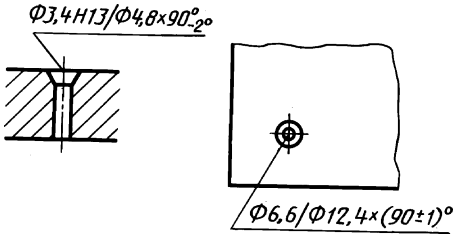
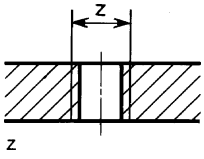
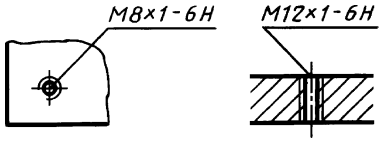
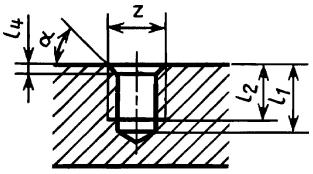
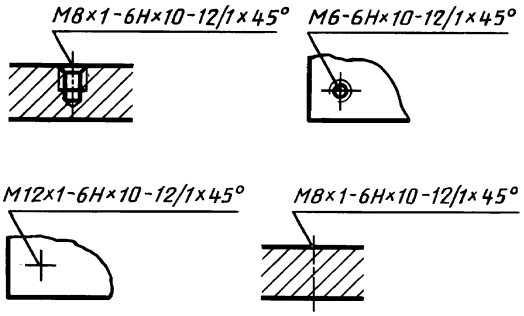
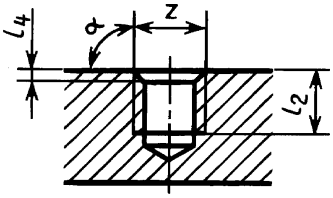
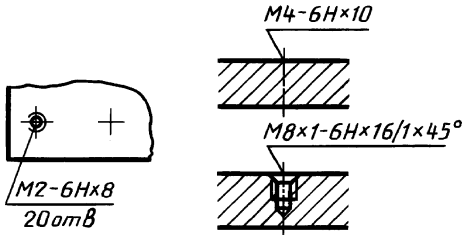
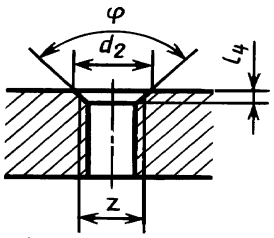
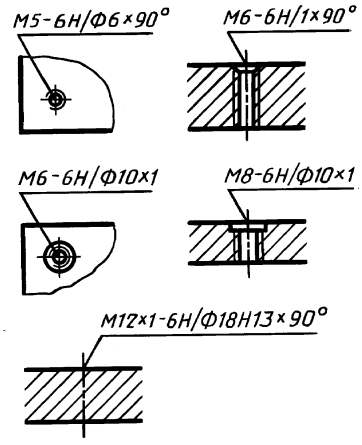


4. Примеры упрощенного нанесения размеров отверстий приведены в таблице.

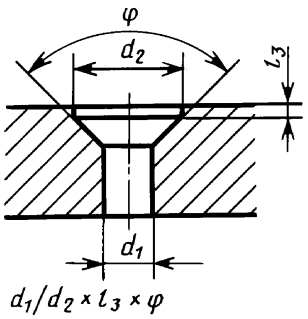
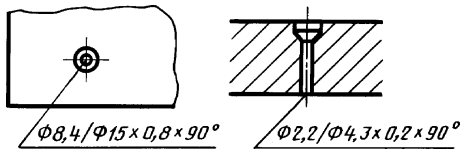
**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

| Тип отверстия | Пример упрощенного нанесения размеров отверстия |
|---|---|
| 1.   |   |
| 2.   |   |
| 3.   |   |

*Продолжение*

| Тип отверстия | Пример упрощенного нанесения размеров отверстия |
|---|---|
| 4.   $d_1/d_2 \times \varphi$ |   |
| 5.   z |   |
| 6.   $z \times l_2 - l_1$ $z \times l_2 - l_1 / l_4 \times \alpha$ |   |
| 7.   $z \times l_2$ $z \times l_2 / l_4 \times \alpha$ |   |
| 8.   $z/l_4 \times \varphi$ $z/d_2 \times \varphi$ $z/d_2 \times l_4$ |   |

*Продолжение*

| Тип отверстия | Пример упрощенного нанесения размеров отверстия |
|---|---|
| 9.   |   |

Обозначения элементов отверстий, используемые в структуре записей для различных типов отверстий:

$d_1$ — диаметр основного отверстия;
$d_2$ — диаметр зенковки;
$l_1$ — длина цилиндрической части основного отверстия;
$l_2$ — длина резьбы в глухом отверстии;
$l_3$ — глубина зенковки;
$l_4$ — глубина фаски;
$z$ — обозначение резьбы по стандарту;
φ — центральный угол зенковки;
α — угол фаски.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Государственным комитетом СССР по стандартам**

**2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30.10.81 № 4771**

**3. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1977—79**

**4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

**5. ИЗДАНИЕ (июль 2001 г.) с Изменением № 1, утвержденным в сентябре 1987 г. (ИУС 12—87)**

УДК 62-434.5:621.753.1/.2:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ, ДОПУСКОВ И ПОСАДОК КОНУСОВ

**ГОСТ 2.320—82**

Unified system for design documentation. Rules of drawing of dimensions, tolerances and taper fits

**Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 декабря 1982 г. № 5293 дата введения установлена 01.01.84**

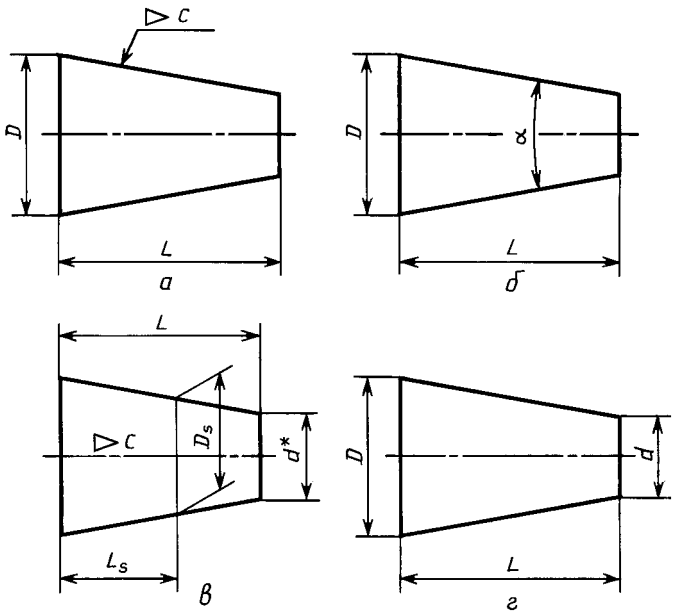
Настоящий стандарт устанавливает общие правила нанесения размеров, их предельных отклонений и допусков формы конусов и посадок конических соединений на чертежах всех отраслей промышленности.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 3332—81.

Допуски и посадки — по ГОСТ 25307—82.

## 1. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

1.1. Величину и форму конуса определяют нанесением трех из перечисленных размеров (черт. 1):




Черт. 1

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★

*Переиздание. Июль 2001 г.*

1) диаметр большого основания $D$;
2) диаметр малого основания $d$;
3) диаметр в заданном поперечном сечении $D_s$, имеющем заданное осевое положение $L_s$;
4) длина конуса $L$;
5) угол конуса $\alpha$;
6) конусность $c$.

Допускается указывать дополнительные размеры, как справочные (черт. 1*в*).

1.2. Размеры стандартизованных конусов на чертеже не указывают, а приводят на полке линии-выноски условное обозначение по соответствующему стандарту.

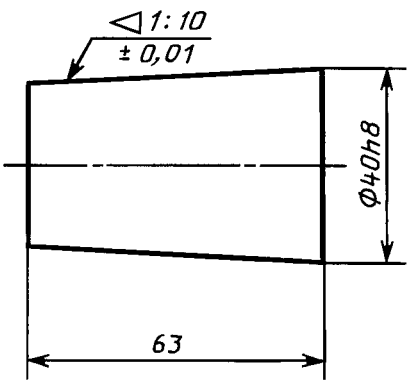
## 2. НАНЕСЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ РАЗМЕРОВ И ДОПУСКОВ КОНУСОВ

2.1. Предельные отклонения размеров конусов следует наносить в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68 и настоящего стандарта.

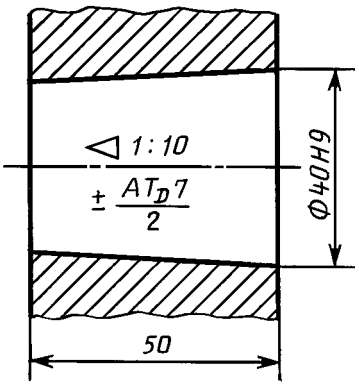
2.2. Предельные отклонения угла конуса, если конус определен конусностью, следует наносить непосредственно под обозначением конусности:

числовыми значениями $AT_D$ (черт. 2);

условными обозначениями (черт. 3);

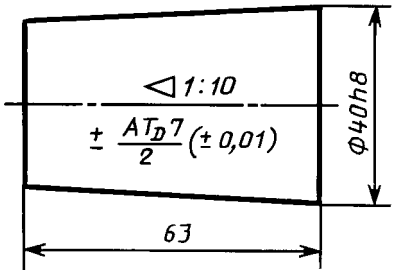



Черт. 2

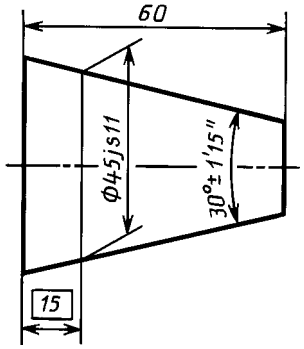



Черт. 3

условными обозначениями с указанием в скобках числовых значений соответствующих предельных отклонений (черт. 4).




Черт. 4

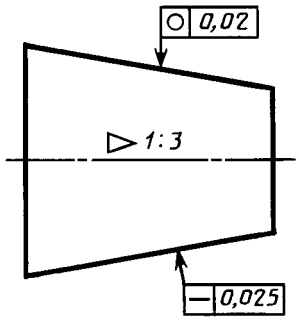



Черт. 5

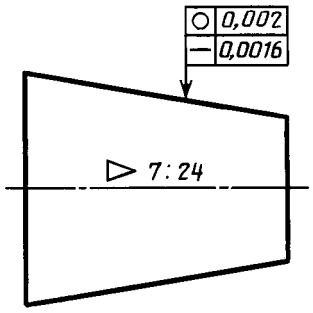
2.3. Предельные отклонения угла конуса, если конус определен углом, следует указывать числовыми значениями $AT_\alpha'$ непосредственно после номинального размера (черт. 5).

2.4. Допуски формы конуса (допуск круглости и допуски прямолинейности образующей) следует наносить в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308—79 (черт. 6).

При указании допуска прямолинейности образующей на конусах с конусностью не более 1:3 допускается соединительную линию от рамки проводить перпендикулярно оси конуса (черт. 7).

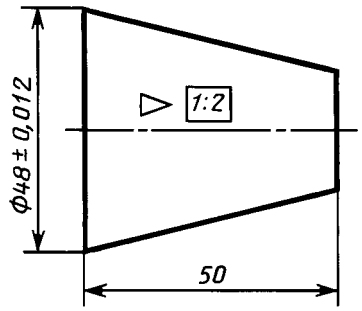



Черт. 6

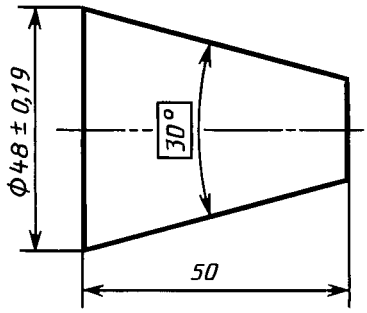



Черт. 7

2.5. Если задан допуск $T_D$ диаметра конуса в любом сечении, то значение конусности или угла конуса следует заключить в прямоугольную рамку (черт. 8, 9).

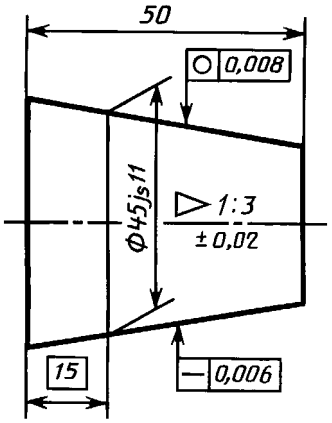



Черт. 8

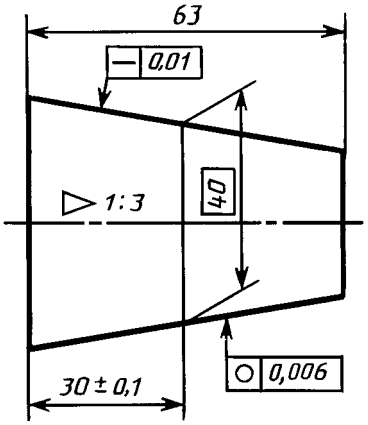



Черт. 9

2.6. Если задан допуск $T_D$ диаметра конуса в заданном сечении, то значение расстояния $L_s$ от базовой плоскости до основной следует заключить в прямоугольную рамку (черт. 10).




Черт. 10

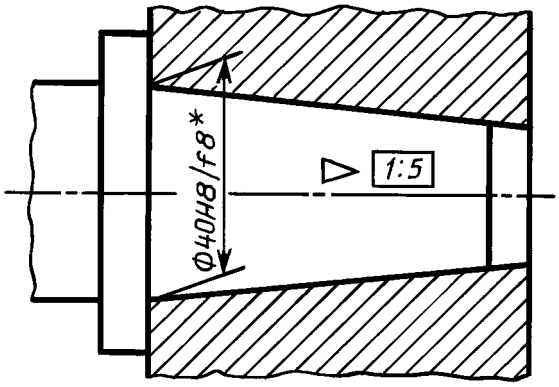



Черт. 11

2.7. Если заданы предельные отклонения размера, определяющего осевое положение основной плоскости конуса $L_s$, то значение номинального диаметра $D_s$ следует заключить в прямоугольную рамку (черт. 11).

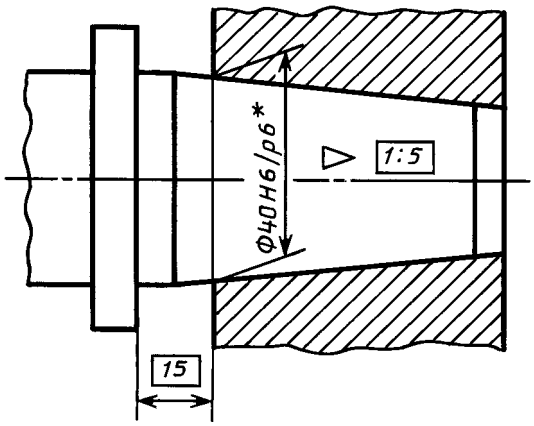
## 3. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ И ПОСАДОК НА КОНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ

3.1. При посадке с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов размеры, определяющие характер соединения, на сборочном чертеже могут быть указаны только как справочные (черт. 12).




Черт. 12

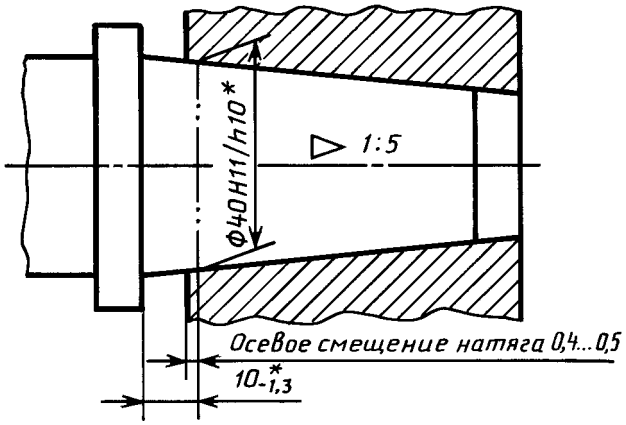
3.2. При посадке с фиксацией по заданному осевому расстоянию $z_{pf}$ между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов должен быть нанесен размер, определяющий расстояние между базовыми плоскостями, заключенный в прямоугольную рамку, а размер, определяющий характер соединения, может быть указан как справочный (черт. 13).



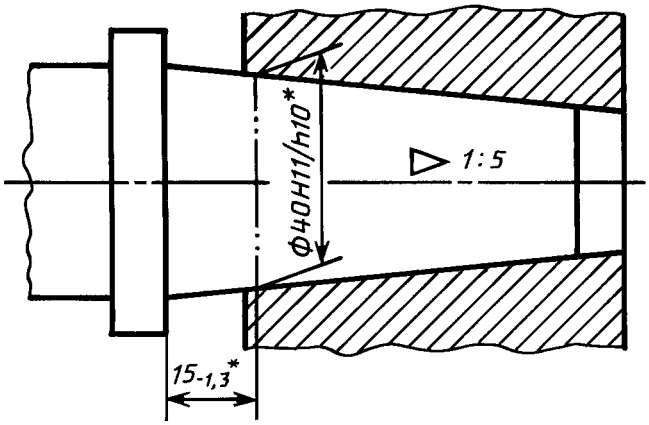

Черт. 13

3.3. При посадке с фиксацией по заданному взаимному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения должен быть указан размер осевого смещения, а начальное положение конусов отмечается штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками. Размеры, определяющие начальное базорасстояние соединения и сочетание полей допусков сопрягаемых конусов, могут быть указаны как справочные (черт. 14).

3.4. При посадке с фиксацией по заданному усилию запрессовки $F_s$, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов, заданное усилие запрессовки следует указывать в технических требованиях чертежа, например, «Усилие запрессовки $F_s$ = . . . *Н*». Размеры, определяющие начальное базорасстояние соединения и сочетание полей допусков сопрягаемых конусов, могут быть указаны как справочные (черт. 15).




Черт. 14




Черт. 15

УДК 744:003.62:006.354 Группа Т52

**М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т**

**Единая система конструкторской документации**

# ОБОЗНАЧЕНИЯ БУКВЕННЫЕ

Unified system for design documentation.
Letter designations

**ГОСТ 2.321—84**

**Взамен ГОСТ 3452—59**

ОКСТУ 0002

**Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 марта 1984 г. № 1148 срок введения установлен**

**с 01.01.85**

1. Настоящий стандарт устанавливает основные буквенные обозначения, применяемые в конструкторских документах всех отраслей промышленности.

2. Для перечисленных ниже величин устанавливаются следующие буквенные обозначения:

| | |
|---|---|
| Длина | *L, l* |
| Ширина | *B, b* |
| Высота, глубина | *H, h* |
| Толщина (листов, стенок, ребер и т. д.) | *s* |
| Диаметр | *D, d* |
| Радиус | *R, r* |
| Межосевое и межцентровое расстояние | *A, a* |
| Шаг: винтовых пружин, болтовых соединений, заклепочных соединений и т. п., кроме зубчатых зацеплений и резьб | *t* |
| Углы | $\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$ и другие строчные буквы греческого алфавита |

3. Прописные буквы рекомендуется применять для обозначения габаритных и суммарных размеров.

4. В случае обозначения в одном документе различных величин одной и той же буквой следует применять цифровые или буквенные индексы, или их комбинацию, причем, первый цифровой индекс рекомендуется присваивать второй величине, обозначенной данной буквой, второй индекс — третьей величине и т. д., например: $d$, $d_1$, $d_2$, $b_n$, $b_{n1}$, $b_{n2}$.

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

★ *Переиздание. Июль 2001 г.*

Содержание

ГОСТ 2.301—68 Единая система конструкторской документации. Форматы . . . 3
ГОСТ 2.302—68 Единая система конструкторской документации. Масштабы . . . 5
ГОСТ 2.303—68 Единая система конструкторской документации. Линии . . . 6
ГОСТ 2.304—81 Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные . . . 12
ГОСТ 2.305—68 Единая система конструкторской документации. Изображения — виды, разрезы, сечения . . . 33
ГОСТ 2.306—68 Единая система конструкторской документации. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах . . . 48
ГОСТ 2.307—68 Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений . . . 54
ГОСТ 2.308—79 Единая система конструкторской документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей . . . 75
ГОСТ 2.309—73 Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей . . . 95
ГОСТ 2.310—68 Единая система конструкторской документации. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки . . . 102
ГОСТ 2.311—68 Единая система конструкторской документации. Изображение резьбы . . . 107
ГОСТ 2.312—72 Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений . . . 112
ГОСТ 2.313—82 Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений . . . 121
ГОСТ 2.314—68 Единая система конструкторской документации. Указания на чертежах о маркировании и клеймении изделий . . . 127
ГОСТ 2.315—68 Единая система конструкторской документации. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей . . . 130
ГОСТ 2.316—68 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц . . . 139
ГОСТ 2.317—69 Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции . . . 144
ГОСТ 2.318—81 Единая система конструкторской документации. Правила упрощенного нанесения размеров отверстий . . . 149
ГОСТ 2.320—82 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов . . . 153
ГОСТ 2.321—84 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные . . . 158

**ЕДИНАЯ СИСТЕМА**
**КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *В.Е. Нестерова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 07.08.2001. Подписано в печать 14.09.2001. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,60. Уч.-изд. л. 15,50. Тир. 2000 экз.
Зак. 1002. Изд. № 2772/2. С 2026.

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ.
Калужская типография стандартов, 248021, Калуга, ул. Московская, 256
ПЛР № 040138

С.К. БОГОЛЮБОВ

# ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

## Альбом

Издательство «Машиностроение»

С. К. БОГОЛЮБОВ
Засл. учитель школы РСФСР

# ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

## Альбом

100564

ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

*Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для учащихся машиностроительных техникумов*

Долгопрудненский авиационный техникум
Электронная библиотека
Козловский Александр Юрьевич
141702 Россия Московская обл.
г. Долгопрудный, ул. Собина, 1
Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat_te@mail.ru
Site: gosdat.ru

МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1986

ББК 30.11я72
Б74
УДК 741/744.4 (075) (084)

*Рецензент*: преподаватель *Б. И. БОРЩЕВСКИЙ*

**Боголюбов С. К.**

Б74 Чтение и деталирование сборочных чертежей. Альбом. Учебн. пособие для учащихся машиностроительных техникумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 84 с., ил.

(В обл.): 2 р. 20 к.

Второе издание (1-е изд. 1978 г.) содержит индивидуальные задания, сгруппированные по сложности для 1-го и 2-го деталирования. Даны методические указания, примеры выполнения чертежей и краткое описание назначения и устройства изделий.

Б $\frac{2104000000\text{-}156}{038\ (01)\text{-}86}$ 156-86 ББК 30.11я72
607

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Сергей Константинович БОГОЛЮБОВ

**ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ**

**Альбом**

Редакторы *В. А. Артюхин* и *А. Г. Лапкин*
Художественный редактор *С. С. Водчиц*
Обложка художника *С. Н. Орлова*
Технические редакторы: *Т. И. Андреева, Н. В. Тимофеенко*
Корректор *И. М. Борейша*

ИБ № 4530

Сдано в набор 28.06.85. Подписано в печать 03.07.86. Формат 60×90¹/₈. Бумага офсетная № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,0. Усл. кр.-отт. 21,5. Уч.-изд. л. 24,8. Тираж 30 000 экз. Заказ № 18. Цена 2 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», 107076, Москва, Стромынский пер., 4.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

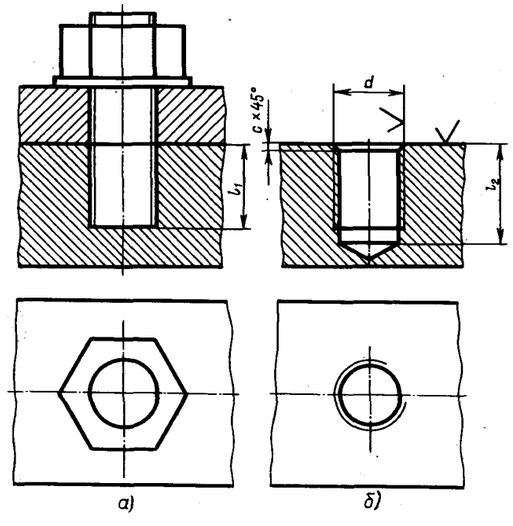
© Издательство «Машиностроение», 1978г
© Издательство «Машиностроение», 1986 г., с изменениями

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

В процессе изучения курса «Черчение» учащиеся техникумов выполняют деталирование сборочного чертежа.

Сборочные чертежи, предназначенные для учебных целей, в соответствии с приказом Министерства высшего и среднего специального образования СССР № 634 от 17 сентября 1970 г., согласованного с Государственным комитетом СССР по стандартам, имеют некоторые особенности и отступления от требований Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

При выполнении чертежей деталей учащиеся должны уметь применять те знания, которые получили на уроках черчения. Например, при чтении сборочного чертежа должны хорошо знать ГОСТ 2.109—73 на упрощения и условности. Сборочный чертеж выполняется, как правило, с упрощениями. На сборочных чертежах допускается не показывать фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, галтели, зазоры между стержнем и отверстием. По ГОСТ 2.315—68 соединения болтом, винтом и шпилькой изображаются упрощенно. В этом случае резьба показывается по всей длине стержня, а на виде, перпендикулярном торцу стержня болта, резьба и шайба не изображаются (рис. 1, *а*).




При выполнении по сборочным чертежам чертежей деталей эти упрощения не применяются, т. е. необходимо изображать все фаски, галтели и скругления; отверстие под шпильку изображать с коническим углублением. Размер глубины резьбового отверстия под шпильку $l_2$ (см. рис. 1, *а* и *б*) можно примерно определить по формуле $l_2 = l_1 + 0{,}5d$.

Необходимо использовать ГОСТы, относящиеся к выполнению чертежей деталей, в частности ГОСТ 2.305—68.

Для выполнения деталирования сборочного чертежа (см. пример на с. 84) необходимо:

1. Внимательно разобраться в сборочном чертеже. При этом чтение чертежа следует начинать с основной надписи и спецификации, т. е. сначала надо ознакомиться с названием, количеством и материалом деталей, затем по позициям найти на всех изображениях сборочного чертежа каждую деталь, стараясь представить в общих чертах ее форму.

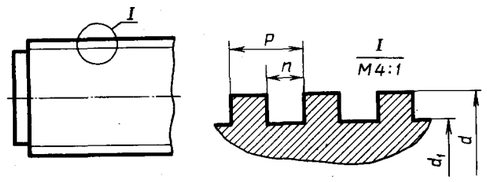



Рис. 2

2. Ознакомиться с устройством и взаимодействием частей сборочной единицы.

3. Обратить внимание на способы соединения отдельных деталей между собой.

4. Выявить необходимое (наименьшее) количество видов для изображения каждой детали, чтобы по этим видам можно было определить форму и размеры деталей.

Например, для втулки поз. *5* (см. с. 83 черт. МЧ00.81.00.00. СБ) достаточно одного изображения (см. с. 84 черт. МЧ00.81.00.05), для правого полувкладыша поз. *4* необходимо два изображения (см. черт. МЧ00.81.00.04), для левого полувкладыша поз. *3* — два изображения (см. черт. МЧ00.81.00.03), для стержня поз. *1* и крышки поз. *2* — по четыре изображения (см. черт. МЧ00.81.00.01 и МЧ00.81.00.02).

Если деталь на сборочном чертеже (см. черт. МЧ00.81.00.00.СБ) находится в положении как, например, деталь поз. *2*, то для более удачного использования поля чертежа и для облегчения чтения чертежа нужно виды этой детали расположить, как показано на черт. МЧ00.81.00.02.

Отверстия под винты в деталях поз. *1*, *5* и под штифт в деталях поз. *1*, *4* на чертежах деталей (см. черт. МЧ00.81.00.01, МЧ00.81.00.04 и МЧ00.81.00.05) не изображаются, так как эти отверстия выполняются при сборке изделия.

5. Выбрать для каждого чертежа детали масштаб по ГОСТ 2.302—68.

6. Размеры деталей при учебном деталировании следует определять по сборочному чертежу измерителем и линейкой с учетом масштаба, указанного в основной надписи сборочного чертежа.

На выполненных чертежах деталей нанести обозначения шероховатости поверхностей и все размеры.

При нанесении размеров необходимо знать, в каких случаях указывают размеры радиусов и в каких размеры диаметров (см. черт. МЧ00.81.00.02 — крышка).

При учебном деталировании размеры резьбы детали определяют по наружному диаметру резьбы, взятому со сборочного чертежа, и округляют до ближайшего стандартного размера по ГОСТу. Резьба в основном везде метрическая с мелким или крупным шагом (шаг резьбы определяет учащийся ориентировочно с помощью преподавателя).

На учебных чертежах метрическая резьба обозначается упрощенно, т. е. без указания отклонений.

Размеры нестандартной прямоугольной резьбы можно подобрать ориентировочно по табл. 1 (рис. 2), предназначенной лишь для учебных целей.

*Таблица 1*

Размеры, мм

| *d* | $d_1$ | *P* | *n* | *d* | $d_1$ | *P* | *n* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 14 | 4 | 2 | 32 | 26 | 6 | 3 |
| 20 | 16 | 4 | 2 | 36 | 28 | 8 | 4 |
| 22 | 16 | 6 | 3 | 40 | 32 | 8 | 4 |
| 24 | 18 | 6 | 3 | 44 | 36 | 8 | 4 |
| 26 | 18 | 8 | 4 | 48 | 40 | 8 | 4 |
| 28 | 20 | 8 | 4 | 50 | 40 | 10 | 5 |
| 30 | 22 | 8 | 4 | | | | |

## 01. КЛАПАН ПЕРЕПУСКНОЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.01.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.01.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.01.00.02 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.01.00.03 | Колпак | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.01.00.04 | Клапан | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.01.00.05 | Тарелка | 1 | |
| А3 | | *6* | МЧ00.01.00.06 | Пружина | 1 | |
| А3 | | *7* | МЧ00.01.00.07 | Винт М16 | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Болт М10×40.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *9* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *10* | | Гайка М16.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |

Клапан перепускной устанавливается на трубопроводах и служит для перепуска избытка жидкого топлива в запасной бак. Если давление в связи с избытком топлива повышается, то клапан поз. *4* поднимается и излишек топлива отводится через отверстие детали поз. *1* в сливной бак.

Работу клапана регулируют винтом поз. *7*, изменяя степень сжатия пружины поз. *6*. Для предохранения регулирующей системы от возможных повреждений сверху устанавливается колпак поз. *3*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *3* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *4*, *5* — Бр05Ц5С5 ГОСТ 613—79, детали поз. *6* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько отверстий под болты и сколько под шпильки имеет деталь поз. *1*?
2. Покажите контур детали поз. *1* на виде слева.
3. Имеется ли на чертеже изображение сечения?

*2-е деталирование*

## 02. ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.02.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.02.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.02.00.02 | Штуцер | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.02.00.03 | Седло | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.02.00.04 | Игла | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.02.00.05 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.02.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.02.00.07 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.02.00.08 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.02.00.09 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.02.00.10 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.02.00.11 | Шайба уплотнительная | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.02.00.12 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.02.00.13 | Маховичок | 1 | |
| А4 | | *14* | МЧ00.02.00.14 | Кольцо | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *15* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |

Выключатель служит для проверки подачи топлива в цилиндры дизеля. Это приспособление устанавливают между секцией топливного насоса и форсункой.

Для включения подачи топлива вращают маховичок поз. *13*. Игла поз. *4*, действуя на клапан поз. *5*, сжимает пружину поз. *12*, при этом топливо проходит через отверстия деталей поз. *6*, *3*, *2* и через нижнее резьбовое отверстие корпуса поз. *1* выходит наружу и собирается в мерный стакан (на чертеже не показан). Расход топлива, подаваемого поочередно в цилиндры дизеля, измеряют с помощью специальных устройств (на чертеже не показаны).

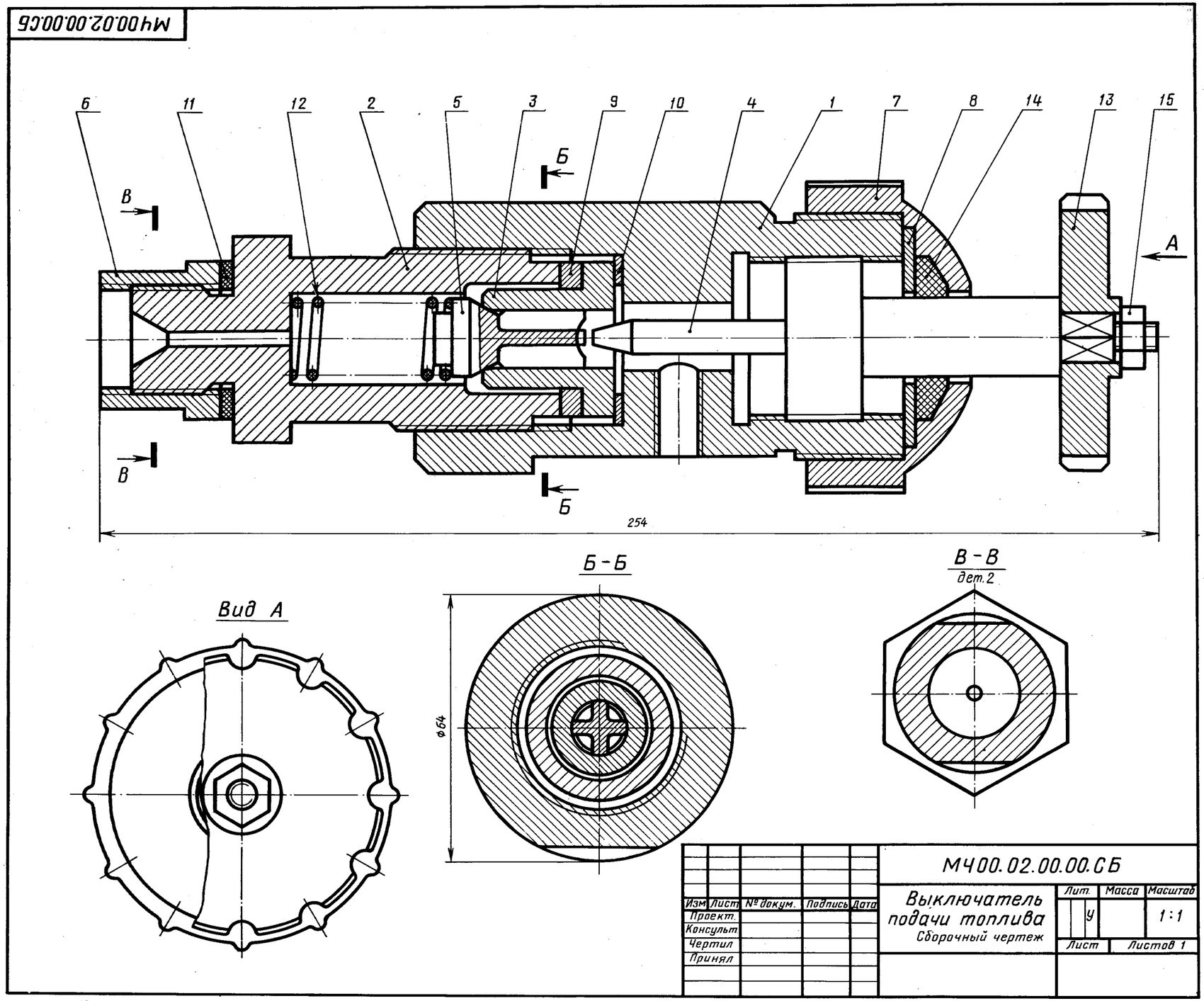
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*, *7*, *12*, *13*. Деталь поз. *1* или поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

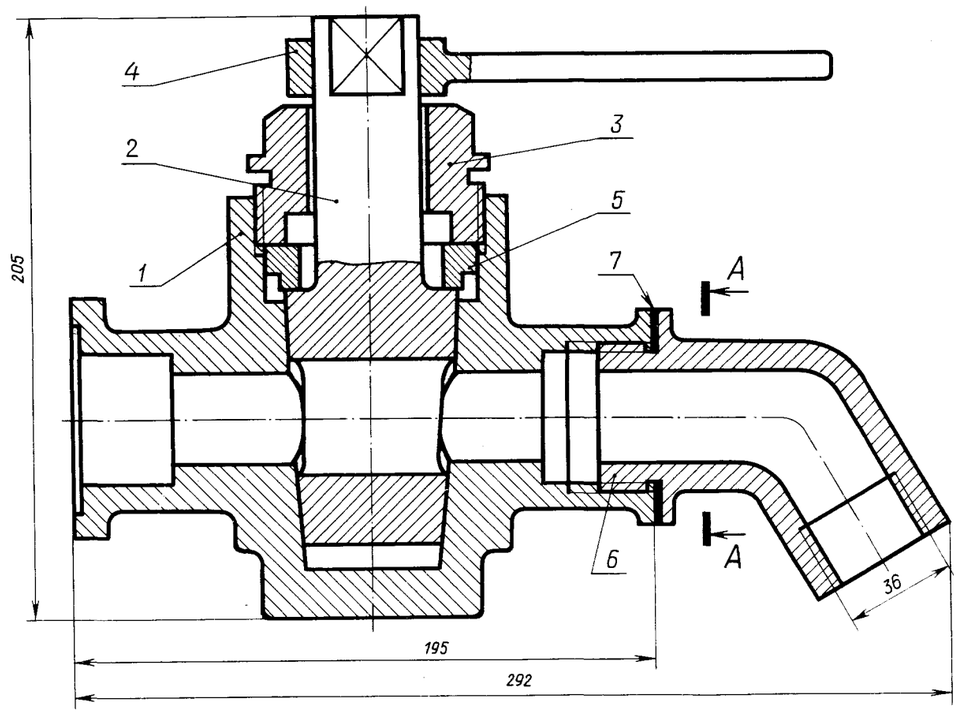
Материал деталей поз. *1* ... *4*, *6*, *8* ... *10* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *5*, *7* и *13* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *12* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *11* — кожа.

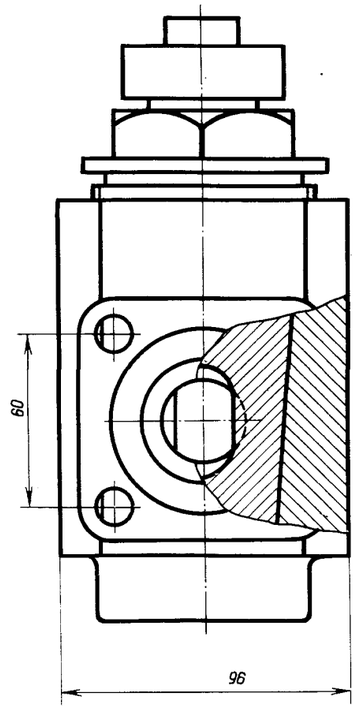
### Ответьте на вопросы:

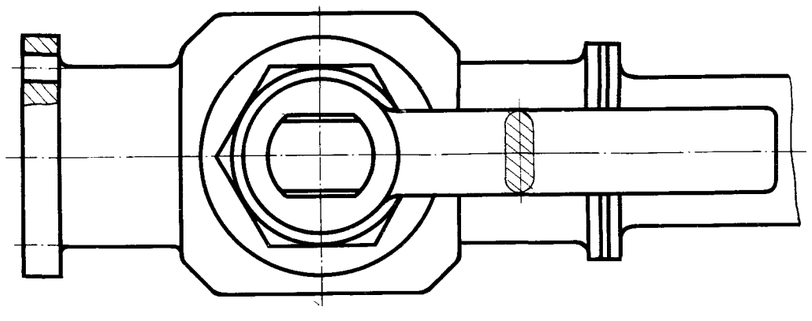
1. Назовите все детали, изображенные на разрезе *Б—Б*.
2. Покажите контур детали поз. *2*.
3. Можно ли назвать изображение *Б—Б* сечением?



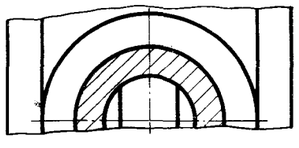
МЧ00.03.00.00.СБ



А-А



| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | |
| Консульт. | | | | |
| Чертил | | | - | |
| Принял | | | | |

МЧ00.03.00.00.СБ

Кран сливной

Сборочный чертеж

| Лит | Масса | Масштаб |
|---|---|---|
| У | | 1:2 |
| Лист | Листов 1 | |

## 03. КРАН СЛИВНОЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.03.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.03.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.03.00.02 | Пробка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.03.00.03 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.03.00.04 | Рукоятка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.03.00.05 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.03.00.06 | Колено | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *7* | | Картон А1 ГОСТ 9374—74 | 1 | |

Сливной кран монтируется на конце трубопровода и служит для слива жидкости. При сливе рукоятку поз. *4* устанавливают вдоль трубопровода, для прекращения слива — поперек. Чтобы обеспечить герметичность, конус пробки поз. *2* притирается к внутренней стенке корпуса поз. *1*.

Крышка поз. *3* и втулка поз. *5* обеспечивают необходимую плотность прилегания пробки поз. *2* к внутренней поверхности корпуса поз. *1*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *5*, *6* — БрА9Мц2Л ГОСТ 493—79, деталей поз. *3*, *4* — Ст 5 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите на виде слева форму отверстия детали поз. *2*.
2. Имеется ли на чертеже изображение сечения?
3. Покажите контур детали поз. *4*.

Долгопрудненский авиационный техникум
Электронная библиотека
Козловский Александр Юрьевич



141702 Россия Московская обл.
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1
Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat_te@mail.ru
Site: gosdat.ru

*2-е деталирование*

## 04. ЗАЖИМ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.04.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.04.00.01 | Зажим | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.04.00.02 | Винт | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.04.00.03 | Плита | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.04.00.04 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.04.00.05 | Гайка | 1 | |
| А3 | | *6* | МЧ00.04.00.06 | Цилиндр | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.04.00.07 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *8* | МЧ00.04.00.08 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.04.00.09 | Пластина | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.04.00.10 | Втулка | 1 | |
| А3 | | *11* | МЧ00.04.00.11 | Поршень | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.04.00.12 | Болт М16 | 4 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.04.00.13 | Пробка | 1 | |
| А4 | | *14* | МЧ00.04.00.14 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *15* | | Винт А.М16×30.58 ГОСТ 1491—80 | 2 | |
| | | *16* | | Гайка М16.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *17* | | Кольцо 028-033-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |
| | | *18* | | Кольцо 055-060-30 ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *19* | | Кольцо СГ 28-17-3 ГОСТ 6418—81 | 1 | |
| | | *20* | | Штифт 4*h*8×25 ГОСТ 3128—70 | 1 | |
| | | *21* | | Шайба 16.01.019 ГОСТ 11371—78 | 4 | |

Гидравлический зажим одностороннего действия предназначен для закрепления обрабатываемой детали.

Зажим устанавливают в поперечный паз стола станка при помощи нижнего выступа плиты поз. *3* и закрепляют четырьмя болтами поз. *12*. Зажим устанавливают в одно из трех фиксируемых положений (верхний выступ в плите поз. *3* соответственно входит в одну из трех канавок в корпусе поз. *4*) перпендикулярно станочным пазам, что обеспечивает его неподвижность при большом зажимном усилии.

В корпусе поз. *4* расположен зажим поз. *1*, соединенный с винтом поз. *2* и поршнем поз. *11* гидроцилиндра. К резьбовому отверстию крышки поз. *7* присоединяют гибкий шланг системы. Под давлением масла поршень перемещается влево, действуя на зажим поз. *1*, который закрепляет обрабатываемую деталь. В исходное положение зажим возвращает пружина поз. *14*. Уплотнительные кольца поз. *17*, *18*, *19* обеспечивают герметичность гидроцилиндра.

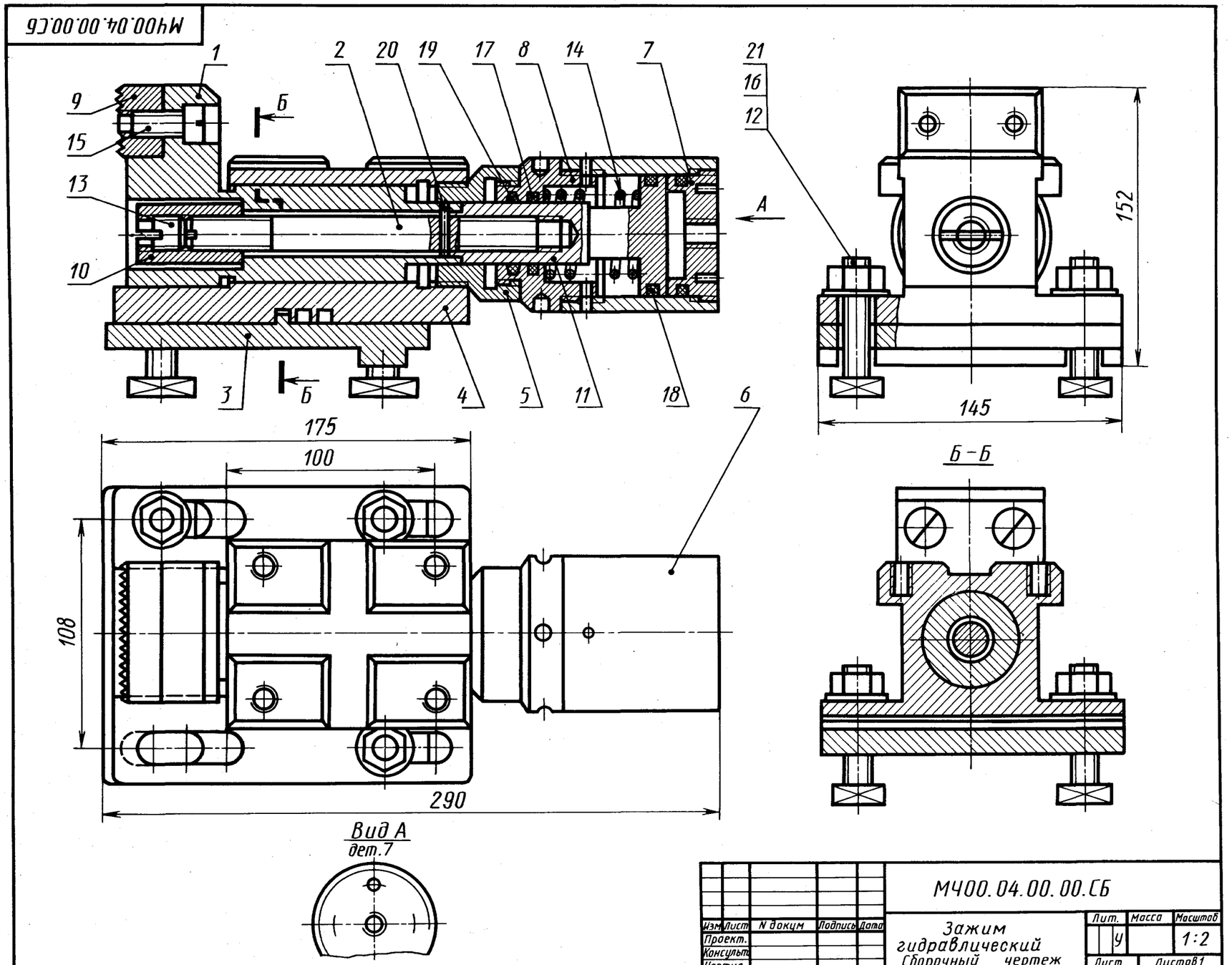
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*, *11*. Деталь поз. *1* или поз. *4* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *3* ... *9*, *11* — отливка 15Л-1 ГОСТ 977—75, деталей поз. *2*, *10*, *12*, *13* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *14* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *4*.
2. Сколько отверстий в деталях поз. 7 и поз. 8?
3. Какие детали видно на виде сверху?



## 05. КЛАПАН ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.05.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.05.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.05.00.02 | Седло | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.05.00.03 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.05.00.04 | Винт | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.05.00.05 | Опора | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.05.00.06 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.05.00.07 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Гайка М24.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |

**Предохранительный клапан устанавливают в трубопроводах, системах управления и регулирования для сбрасывания избыточного давления жидкостей или пара. Клапан регулируют на определенное давление винтом поз. *4*, который фиксируется гайкой поз. *8*.**

**При увеличении давления выше нормы жидкость или пар давят на клапан поз. *6*, который, сжимая пружину поз. *7*, перемещается вправо. При этом жидкость или пар выходят через отверстия клапана и корпуса поз. *1*.**

**При падении давления жидкости или пара пружина перемещает клапан в исходное положение. Для обеспечения хорошей герметичности поверхность клапана притирается к седлу поз. *2*.**

### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*.**

**Материал деталей поз. *2*, *3* — Отливка 15Л-1 ГОСТ 977—75, деталей поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *1* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *4* ... *6* — Ст5 ГОСТ 380—71.**

### Ответьте на вопросы:

1. **На каких изображениях видна деталь поз. *7*?**
2. **Какое назначение детали поз. *4*?**
3. **Сколько отверстий в детали поз. *6*?**

## 06. ПРИЖИМ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.06.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.06.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.06.00.02 | Цилиндр | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.06.00.03 | Стакан | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.06.00.04 | Поршень | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.06.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.06.00.06 | Полукольцо | 1 | |
| А3 | | *7* | МЧ00.06.00.07 | Кулачок | 1 | |
| | | *8* | МЧ00.06.00.08 | Прокладка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Винт А.М8×20.58 ГОСТ 1491—80 | 6 | |
| | | *10* | | Винт 2М8×25.58 ГОСТ 1491—80 | 6 | |
| | | *11* | | Винт 2М16×70.58 ГОСТ 1491—80 | 1 | |
| | | *12* | | Кольцо 032-037-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |
| | | *13* | | Кольцо 055-060-30 ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *14* | | Шайба 20 65Г 02 9 ГОСТ 6402—70 | 1 | |

**Гидравлический прижим предназначен для закрепления обрабатываемых деталей на станках.**

**Прижим работает от гидроцилиндра, который крепится к корпусу прихвата поз. *1* двумя полукольцами поз. *6*, входящими в наружные канавки детали поз. *3*, полукольца крепятся винтами поз. *9*. Прихват фиксируется двумя шпонками, входящими в нижний паз корпуса поз. *1* и паз станка, и крепится четырьмя пазовыми болтами.**

**Гидроцилиндр прижима — двустороннего действия. Поршень под давлением жидкости, поступающей через резьбовое отверстие детали поз. *5*, перемещается совместно с кулачком поз. *7* вправо, вытесняя через нижнее отверстие детали поз. *3* жидкость из правой полости гидроцилиндра. При этом обеспечивается зажим детали. Под давлением жидкости, поступающей через верхнее отверстие детали поз. *3*, поршень перемещается влево, вытесняя жидкость из левой полости цилиндра через верхнее отверстие детали поз. *2*. Кулачок поз. *7* перемещается, и обрабатываемая деталь освобождается.**

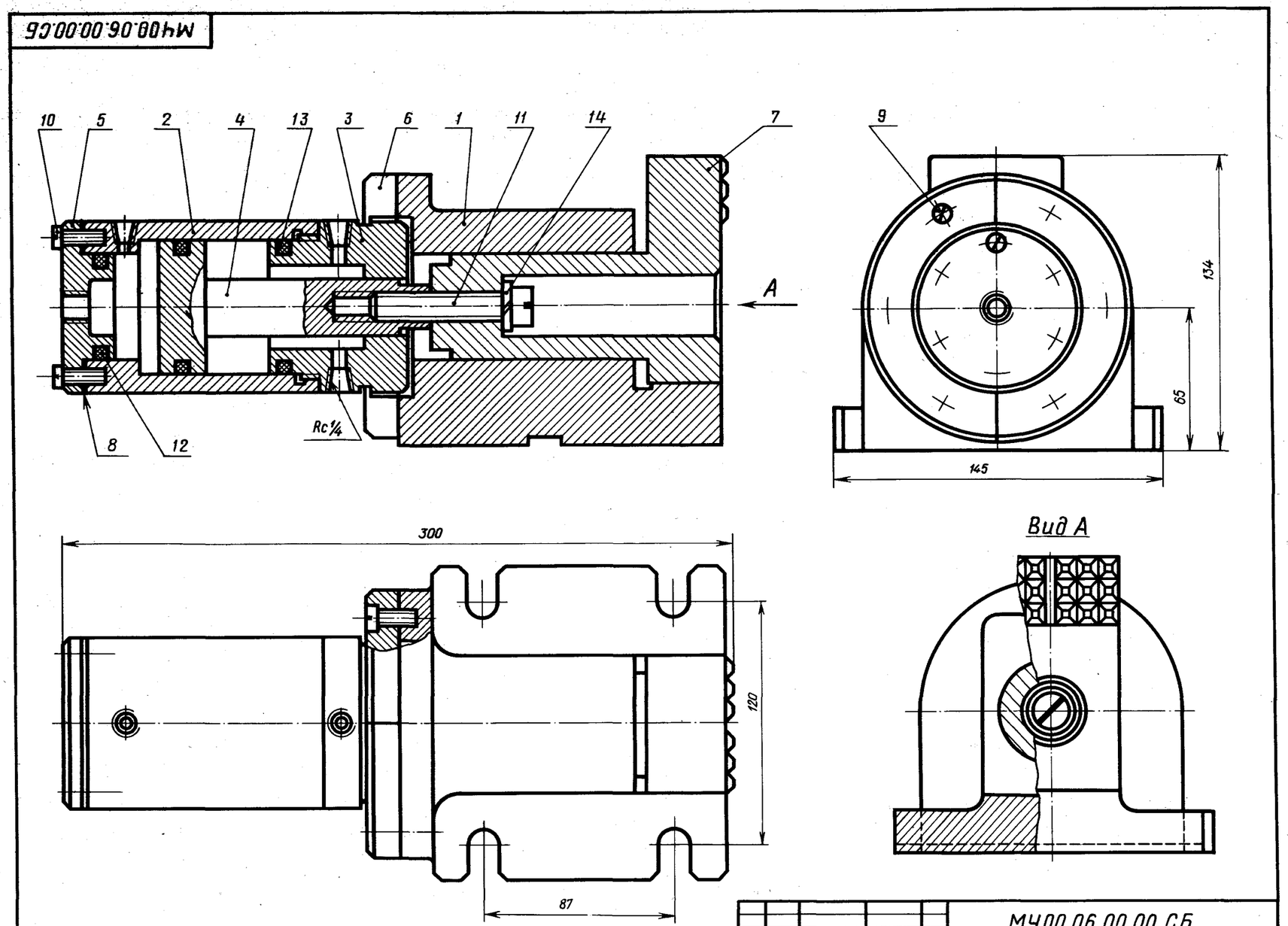
### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*. Деталь поз. *1* или *7* изобразить в аксонометрической проекции.**

**Материал деталей поз. *1*, *5*, *7* — Отливка 20Л-1 ГОСТ 977—75, деталей поз. *2* ... *4* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *8* — картон А 2 ГОСТ 9347—74.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Покажите контур детали поз. *1*.**
2. **Видна ли деталь поз. *3* на видах слева и сверху?**
3. **Как называется разрез, изображенный на виде сверху?**



## 07. ПРИЗМА РАЗДВИЖНАЯ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.07.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.07.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.07.00.02 | Призма | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.07.00.03 | Призма | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.07.00.04 | Винт | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.07.00.05 | Кронштейн | 2 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.07.00.06 | Рукоятка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.07.00.07 | Шайба | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.07.00.08 | Планка | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Винт А.М8×25.58 ГОСТ 1491—80 | 6 | |
| | | *10* | | Винт А.М12×30.58 ГОСТ 1491—80 | 10 | |

**Раздвижная призма служит в качестве фиксированной опоры при обработке деталей диаметром 40 ... 200 мм на сверлильных, расточных, фрезерных и строгальных станках. Она состоит из корпуса поз. *1*, который фиксируется относительно инструмента шпонками (шпонка на чертеже не показана) и крепится станочными болтами. Призматические губки поз. *2* и поз. *3* по направляющим корпуса передвигают вращением винта поз. *4* (с правой и левой резьбой).**

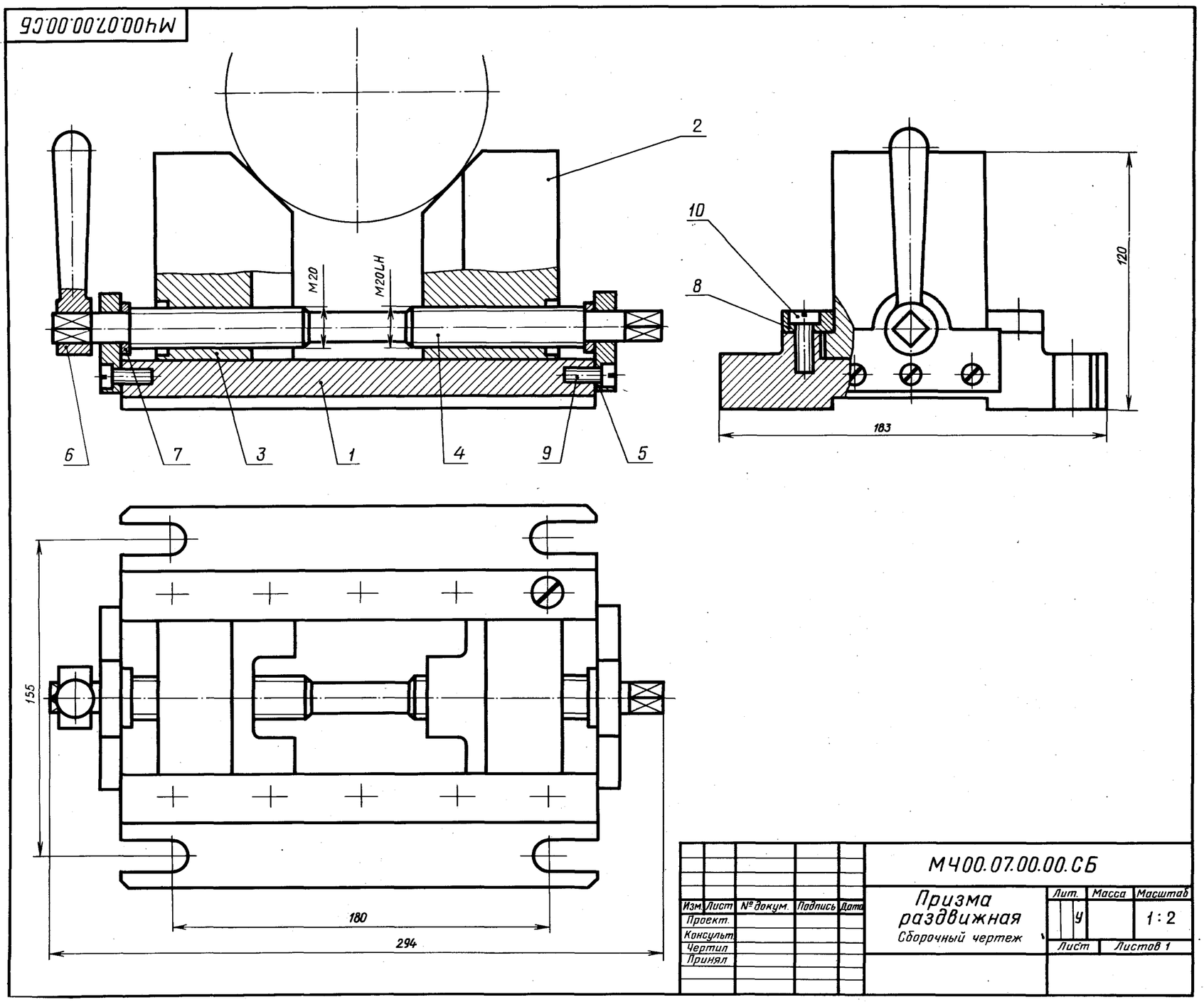
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1* ... *3*, *6* — Отливка 15Л-1 ГОСТ 977—75, деталей поз. *4*, *5*, *7*, *8* — Ст 5 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Какая разница в форме деталей поз. *2* и поз. *3*?
2. С помощью каких деталей крепят детали поз. *2* и поз. *3*?
3. Сколько отверстий с резьбой имеет деталь поз. *1*?




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.07.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Призма раздвижная | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | | | 1:2 |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | У | | |
| Принял | | | | | | Лист | Листов 1 | |

## 08. ФОРСУНКА

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.08.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.08.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.08.00.02 | Сопло | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.08.00.03 | Тройник | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.08.00.04 | Конус | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.08.00.05 | Ниппель | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.08.00.06 | Ниппель | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.08.00.07 | Гайка накидная | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.08.00.08 | Маховик | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.08.00.09 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.08.00.10 | Гайка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *11* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |

**Форсунка предназначена для распыления жидкого топлива при сжигании его в топках паровых котлов. Подача топлива в форсунку происходит через ниппель поз. *5*. Одновременно через ниппель поз. *6* подается пар из котла или сжатый воздух из компрессора. По каналу сопла поз. *2* пар устремляется к выходу, где он подхватывает жидкое топливо и распыляет его. Количество подаваемого в топку котла топлива можно изменять вращением маховика поз. *8*, регулируя тем самым величину зазора между коническими поверхностями сопла поз. *2* и корпуса поз. *1*.**

### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.**

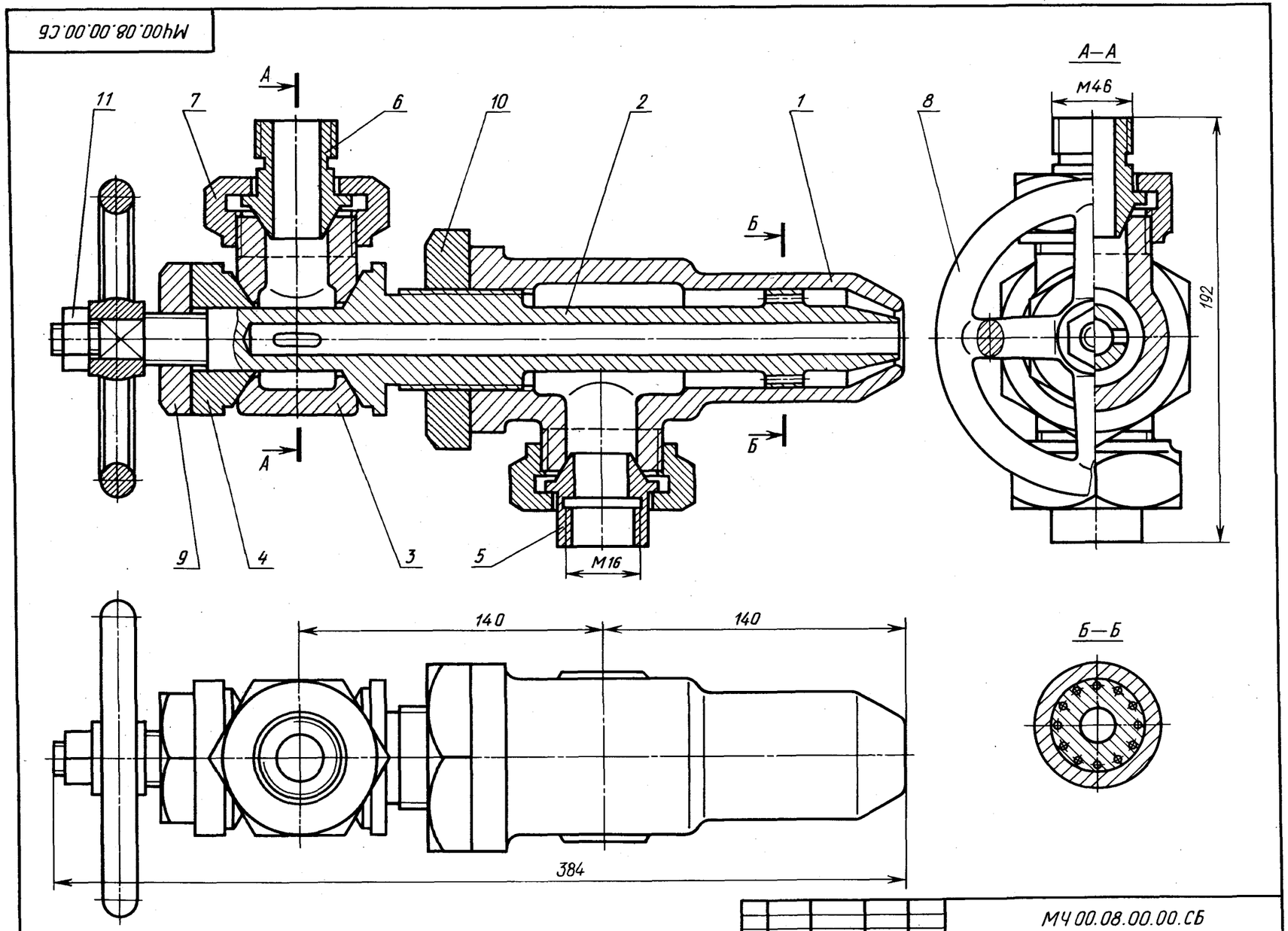
**Материал деталей поз. *1* ... *7* — БрО5Ц5С5 ГОСТ 613—79, детали поз. *8* — Ст 3 ГОСТ 380—71.**

### Ответьте на вопросы:

**1. Назовите детали в сечении *Б—Б*.**

**2. Видны ли детали поз. *2* и *5* на разрезе *А—А* и виде сверху?**

**3. Сколько сечений имеется на данном чертеже?**




| | | | | | | МЧ 00.08.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | Форсунка | Лит. | Масса | Масштаб |
| Проект. | | | | | | | У | | 1:2 |
| Консульт. | | | | | | Сборочный чертеж | Лист | Листов 1 | |
| Чертил | | | | | | | | | |
| Принял | | | | | | | | | |

## 09. ТИСКИ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.09.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.09.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.09.00.02 | Губка подвижная | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.09.00.03 | Винт | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.09.00.04 | Пластина | 2 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.09.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.09.00.06 | Планка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Болт М10×24.58 ГОСТ 7805—70 | 4 | |
| | | *8* | | Винт А.М8×25.58 ГОСТ 1491—80 | 4 | |
| | | *9* | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *10* | | Шпилька М8×20.58 ГОСТ 22034—76 | 4 | |

Тиски служат для закрепления обрабатываемых деталей на фрезерных и строгальных станках.

Корпус поз. *1* прикрепляют к столу станка четырьмя болтами, которые входят в прорези основания корпуса (на чертеже болты не показаны). Обрабатываемую деталь закладывают между двумя смежными пластинами поз. *4*, одна из которых прикреплена винтами поз. *8* к корпусу, другая — к подвижной губке поз. *2*. Ходовой винт поз. *3*, имеющий прямоугольную резьбу правого направления, фиксируется от осевого перемещения буртиками, упирающимися в торцы отверстия корпуса поз. *1* и крышки поз. *5*. При перемещении подвижной губки влево обрабатываемая деталь зажимается между пластинками. Чтобы губка не приподнималась, к ней снизу болтами поз. *7* прикреплены две направляющие планки поз. *6*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1* ... *3*, *5* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74, поз. *4* — Ст 6 ГОСТ 380—71, поз. *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Каким количеством шпилек прикрепляется крышка поз. *5* к корпусу поз. *1*?
2. Что обозначают проведенные диагонали на конце детали поз. *3*?
3. Покажите на изображениях контуры детали поз. *2*.

## 10. ЗАЖИМ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПОВОРОТНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.10.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.10.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.10.00.02 | Цилиндр | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.10.00.03 | Поршень | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.10.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.10.00.05 | Палец | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.10.00.06 | Штырь | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.10.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.10.00.08 | Крышка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Гайка М24.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *10* | | Кольцо 020-025-30<br>ГОСТ 9833—73 | 1 | |
| | | *11* | | Кольцо СГ 28-17-3,5<br>ГОСТ 6418—81 | 1 | |
| | | *12* | | Кольцо 035-040-30<br>ГОСТ 9833—73 | 3 | |
| | | *13* | | Шайба 24.01.019<br>ГОСТ 11371—78 | 1 | |

**Гидравлический поворотный зажим предназначен для перемещения обрабатываемой на металлорежущих станках детали до упорной базы.**

**Зажим устанавливают на столе станка или переходной плите и закрепляют в пазу с помощью квадратной головки пальца поз. *5* и гайки поз. *9*. Корпус поз. *1* соединен с гидроцилиндром поз. *2*.**

**Гидроцилиндр может быть одностороннего и двустороннего действия. Под действием давления жидкости, поступающей поочередно через резьбовые отверстия крышек поз. *4* и поз. *8*, поршень перемещается соответственно вправо или влево. При одностороннем действии верхнее резьбовое отверстие крышки поз. *4* закрывается пробкой. В этом случае под действием давления жидкости, поступающей через отверстие крышки поз. *8*, поршень через упорный штырь поз. *6* перемещает обрабатываемую деталь до упорной базы. Обратно поршень возвращается пружиной поз. *7*, при этом жидкость, находящаяся в правой полости гидроцилиндра, перетекает через резьбовое отверстие крышки поз. *8* в гидросистему.**

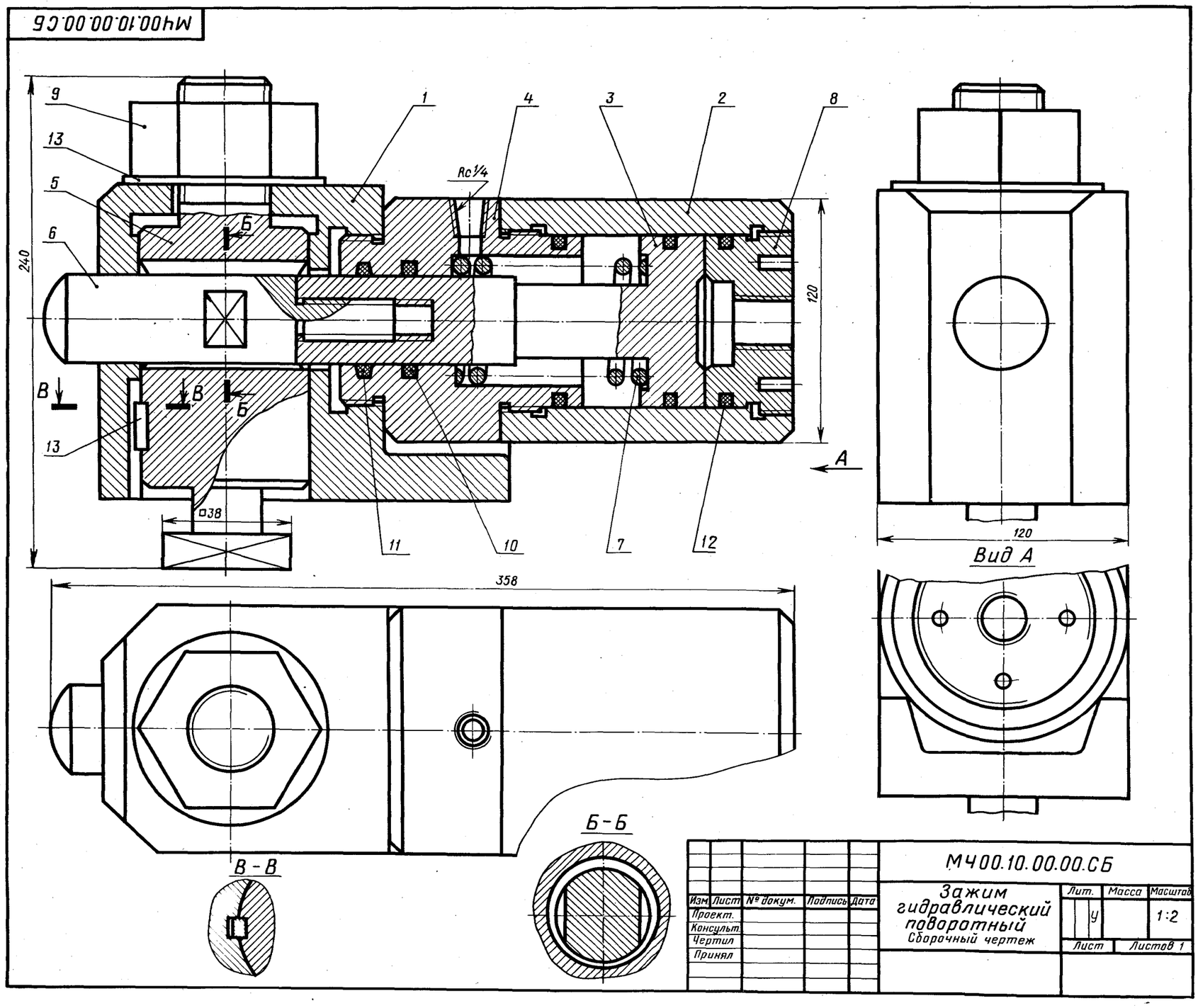
### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Деталь поз. *1* или *4* изобразить в аксонометрической проекции.**

**Материал деталей поз. *1*, *5* — Сталь 15 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *2* ... *4*, *6*, *8* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *9* — Ст 5 ГОСТ 380—71.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Сколько отверстий без резьбы имеет деталь поз. *8*?**
2. **Какое назначение лысок в упорном штыре поз. *6*?**
3. **Какие детали имеют резьбу?**



## 11. РОЛИК ПОДДЕРЖИВАЮЩИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| A2 | | | МЧ00.11.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| A3 | | *1* | МЧ00.11.00.01 | Корпус | 1 | |
| A3 | | *2* | МЧ00.11.00.02 | Ролик | 1 | |
| A3 | | *3* | МЧ00.11.00.03 | Крышка | 2 | |
| A4 | | *4* | МЧ00.11.00.04 | Крышка | 1 | |
| A4 | | *5* | МЧ00.11.00.05 | Крышка | 1 | |
| A4 | | *6* | МЧ00.11.00.06 | Диск | 2 | |
| A3 | | *7* | МЧ00.11.00.07 | Вал | 1 | |
| A3 | | *8* | МЧ00.11.00.08 | Втулка | 1 | |
| A3 | | *9* | МЧ00.11.00.09 | Прокладка | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Болт М10×35.58 ГОСТ 7798—70 | 12 | |
| | | *11* | | Болт М12×90.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *12* | | Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *13* | | Кольцо СГ 28-17-3,5 ГОСТ 6418—81 | 2 | |
| | | *14* | | Шарикоподшипник 211 ГОСТ 8338—75 | 2 | |
| | | *15* | | Шпонка 14×9×25 ГОСТ 23360—78 | 1 | |

Ролики устанавливают на листопрокатном стане по обе его стороны для поддержки прокатных листов при подаче и приеме их с валков.

Ролик приводится в движение от электродвигателя. Опорами вала поз. *7* являются подшипники качения поз. *14*. Подшипники смазываются густой смазкой, поступающей из масленок, запрессованных в отверстия крышек поз. *3*. Корпуса поз. *1* роликов крепятся болтами к раме прокатного стана.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *4*, *6*, *7*.

Материал деталей поз. *1* ... *5* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *6* ... *8* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *9* — кожа.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько отверстий в детали поз. *5*?
2. Покажите контур детали поз. *3*.
3. Имеются ли на чертеже местные разрезы и сечения?

*2-е деталирование*

## 12. ОТВОДКА С ВИНТОВЫМ ПРИВОДОМ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.12.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.12.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.12.00.02 | Стойка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.12.00.03 | Полукольцо верхнее | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.12.00.04 | Полукольцо нижнее | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.12.00.05 | Рычаг | 2 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.12.00.06 | Траверса | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.12.00.07 | Ось | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.12.00.08 | Винт | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.12.00.09 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.12.00.10 | Втулка | 3 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.12.00.11 | Маховик | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.12.00.12 | Ручка | 1 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.12.00.13 | Кольцо | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *14* | | Болт М10×45.58<br>ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *15* | | Болт М12×90.58<br>ГОСТ 7798—70 | 3 | |
| | | *16* | | Винт М10×25.48<br>ГОСТ 1482—84 | 1 | |
| | | *17* | | Гайка М10.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *18* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *19* | | Шайба 10 65Г 029<br>ГОСТ 6402—70 | 2 | |
| | | *20* | | Шайба 12 65Г 029<br>ГОСТ 6402—70 | 3 | |
| | | *21* | | Шайба 12.01.05<br>ГОСТ 11371—78 | 1 | |
| | | *22* | | Шайба 24.01.05<br>ГОСТ 11371—78 | 1 | |
| | | *23* | | Штифт 4h8×12<br>ГОСТ 3128—70 | 1 | |
| | | *24* | | Шплинт 4×32-001<br>ГОСТ 397—79 | | |

Отводки применяют для включения и выключения сцепных муфт без остановки ведущего вала.

На полу или стене устанавливают стойку поз. *2*. Конец винта поз. *16* входит в продольный паз оси поз. *7* и таким образом обеспечивается возможность регулирования кольца отводки по высоте. В продольные пазы полос рычага поз. *5* входят пальцы полуколец поз. *3*, *4* разъемного кольца отводки, надеваемого на подвижную муфту (на чертеже не показана). Левый конец рычага образует вилку, в прорези которой входят пальцы траверсы поз. *6*. При вращении маховика поз. *11*, закрепленного на винте поз. *8*, рычаг поз. *5*, поворачиваясь вокруг оси поз. *7*, перемещает кольцо отводки, а вместе с ним и подвижную муфту.

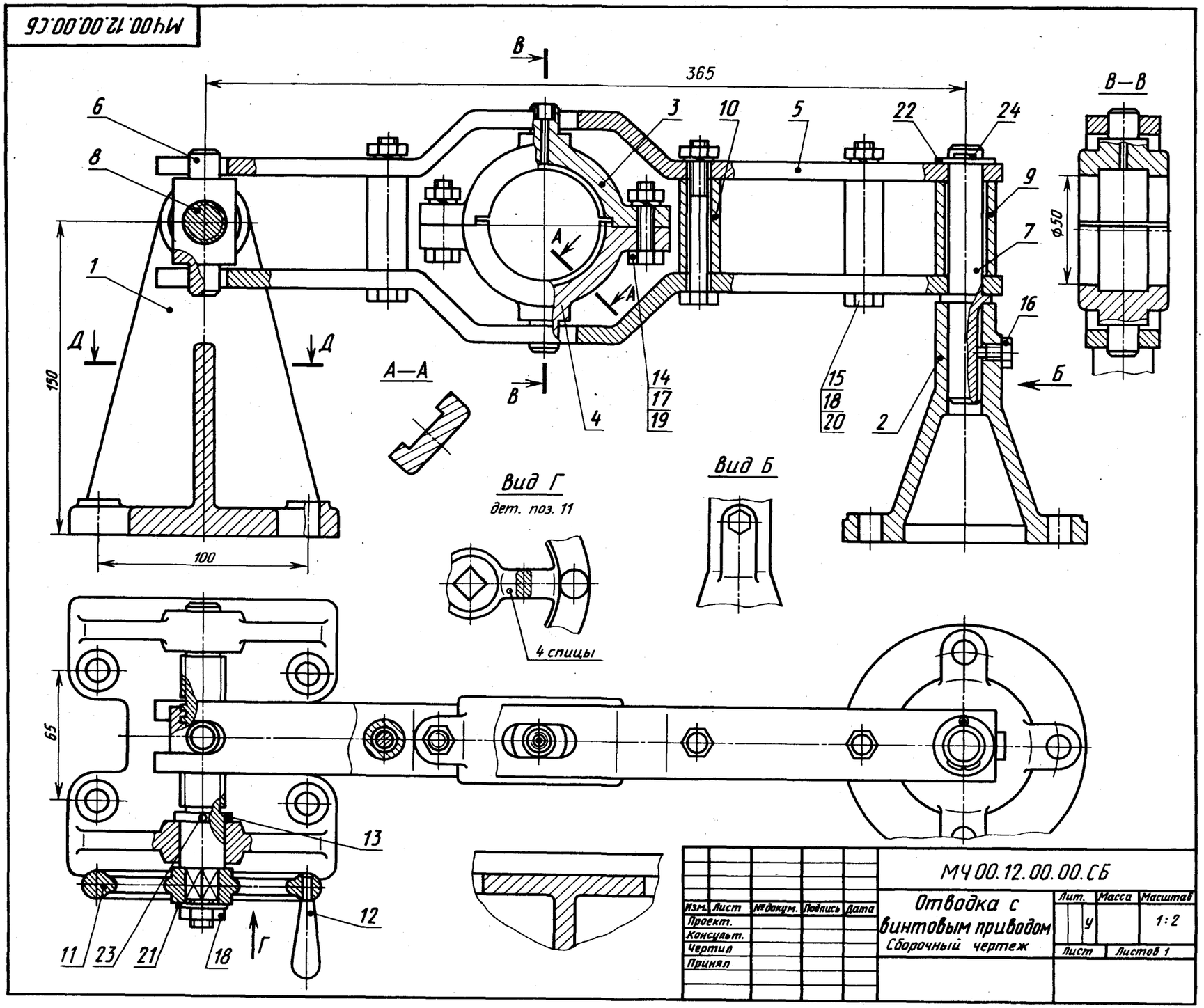
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1* или поз. *2*.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, поз. *3*, *4*, *6*, *7* — Сталь Ст 6 ГОСТ 380—71, поз. *5*, *8* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеется ли на чертеже изображение сечения?
2. Назовите детали, которые видны на разрезе *В—В*.
3. Что нужно сделать, чтобы из корпуса поз. *1* вынуть деталь поз. *8*?



## 13. ОБОЙМА

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.13.00.00.СБ | Обойма | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.13.00.01 | Вилка | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.13.00.02 | Подвеска | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.13.00.03 | Блок | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.13.00.04 | Кольцо | 2 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.13.00.05 | Планка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.13.00.06 | Ось | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.13.00.07 | Ось | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.13.00.08 | Втулка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Винт А.М4×16.58 ГОСТ 1491—80 | 2 | |
| | | *10* | | Винт М10×16.58 ГОСТ 1477—84 | 4 | |
| | | *11* | | Винт М12×14.58 ГОСТ 1477—84 | 1 | |

**Обойма применяется в грузоподъемных механизмах. Трос (на чертеже не показан) грузоподъемного механизма охватывает блок поз. *3*, в которой запрессована сменная втулка поз. *8*. Блок поз. *3* вращается на оси поз. *6*. Внутри оси имеются каналы, которые через отверстие, закрытое винтом поз. *11*, заполняются густой смазкой. Опорой оси поз. *6* является вилка поз. *1*, соединенная осью поз. *7* с подвеской поз. *2* и вращающаяся вокруг этой оси. В резьбовое отверстие подвески поз. *2* ввинчивают грузоподъемный крюк (на чертеже не показан).**

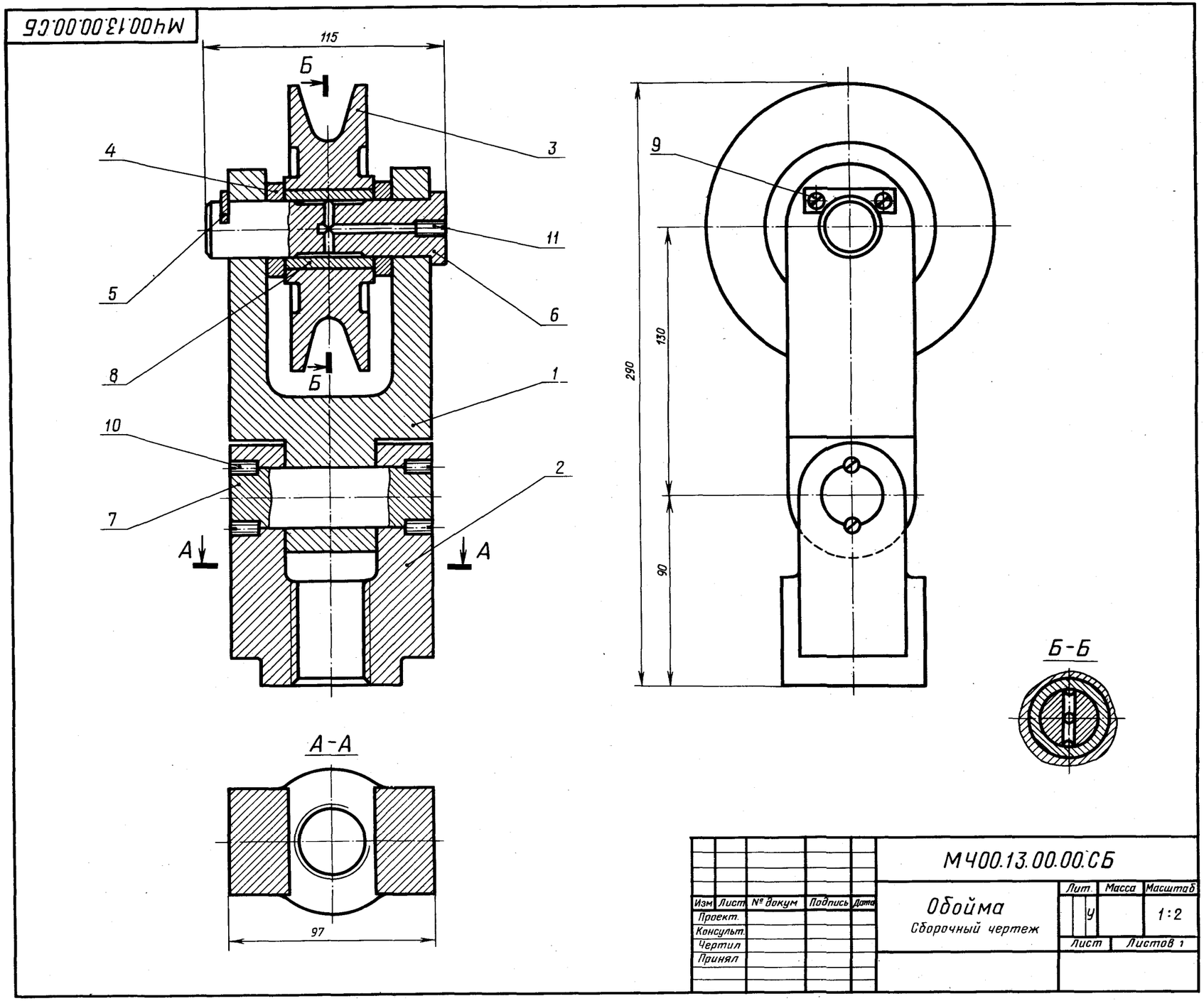
### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *3*, *6*, *7*.**

**Материал деталей поз. *1* ... *3* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *4* ... *7* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *8* — БрА9Ж3Л ГОСТ 493—79.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Покажите контур детали поз. *2*.**
2. **Сколько деталей изображено на разрезе *А—А*?**
3. **Какое назначение детали поз. *5*?**



## 14. ОТВОДКА РУЧНАЯ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.14.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.14.00.01 | Вилка | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.14.00.02 | Стойка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.14.00.03 | Полукольцо верхнее | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.14.00.04 | Полукольцо нижнее | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.14.00.05 | Ось | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.14.00.06 | Шарик | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.14.00.07 | Рычаг | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.14.00.08 | Рукоятка | 2 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.14.00.09 | Палец | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.14.00.10 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.14.00.11 | Штифт специальный | 2 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.14.00.12 | Болт М12 | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *13* | | Болт М6×32.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *14* | | Болт М8×32.58 ГОСТ 7798—70 | 1 | |
| | | *15* | | Винт М5×14.58 ГОСТ 1478—84 | 1 | |
| | | *16* | | Гайка М6.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *17* | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *18* | | Шайба 6 65Г 02 9 ГОСТ 6402—70 | 4 | |

Ручная отводка служит для включения и выключения муфты (на чертеже не показана) без остановки ведущего вала. Вилка поз. *1* с полукольцами поз. *3*, *4* поворачивается вокруг оси поз. *5*, закрепленной на стойке поз. *2*. Стойку четырьмя болтами крепят к станине или стене.

При повороте рычага поз. *7* вилка перемещает кольцо отводки и подвижную часть муфты вдоль оси вала. Шарик поз. *6* может фиксировать отводку в трех положениях. Поворот вилки ограничен двумя штифтами поз. *11*.

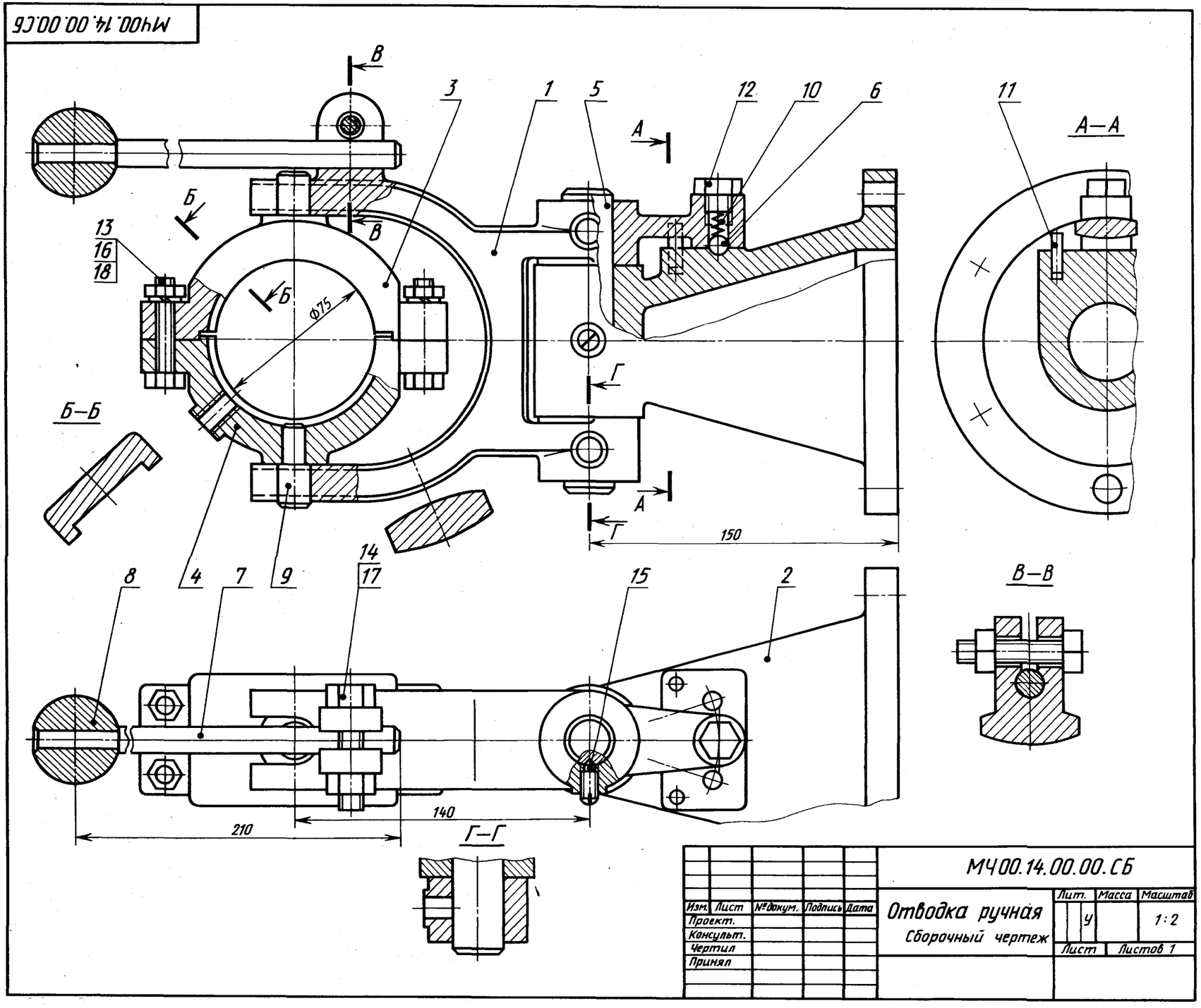
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*, *7*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *2*.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, поз. *3*, *4*, *7*, *8* — Ст 6 ГОСТ 380—71, поз. *5*, *6*, *9* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько сечений имеется на чертеже?
2. Назовите детали, которые видны на разрезе *А—А*.
3. Покажите контур детали поз. *1*.




| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | МЧ00.14.00.00.СБ | | |
| Изм. | Лист | №докум. | Подпись | Дата | Отводка ручная | Лит. | Масса | Масштаб |
| Проект. | | | | | | У | | 1:2 |
| Консульт. | | | | | Сборочный чертеж | | | |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 15. ПОДШИПНИК

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.15.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.15.00.01 | Кронштейн | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.15.00.02 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.15.00.03 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.15.00.04 | Вкладыш верхний | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.15.00.05 | Вкладыш нижний | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *6* | | Болт М8×28.58<br>ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *7* | | Шпилька М8×30.58<br>ГОСТ 22032—76 | 2 | |
| | | *8* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 6 | |
| | | *9* | | Шайба 8.01.05<br>ГОСТ 11371—78 | 6 | |

Подшипник служит опорой для вращающегося вала и устанавливается на консоли в том случае, когда вал близко подходит к стене производственного помещения.

Консольная подшипниковая опора состоит из корпуса и подшипника скольжения со сменными бронзовыми вкладышами поз. *4*, *5*. Верхний вкладыш поз. *4* фиксируется цилиндрическим трубчатым выступом. Смазка к трущимся поверхностям вала и вкладыша подводится из масленки (на чертеже не показана), ввинчиваемой в резьбовое отверстие, расположенное в приливе верхнего вкладыша поз. *4*.

Крышку поз. *3* крепят к корпусу поз. *2* двумя шпильками поз. *7*, а корпус крепят к кронштейну поз. *1* четырьмя болтами поз. *6*. Кронштейн прикрепляется к стене пятью болтами (на чертеже не показаны).

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*.

Материал детали поз. *1* — Ст 5 ГОСТ 380—71, поз. *2*, *3* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, поз. *4*, *5* — БрА9Мц2Л ГОСТ 493—79.

### Ответьте на вопросы:

1. Видна ли деталь поз. *5* на виде сверху?
2. Сколько местных разрезов имеет данный чертеж?
3. Покажите контур детали поз. *3*.

## 16. РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.16.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.16.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.16.00.02 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.16.00.03 | Стакан | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.16.00.04 | Цилиндр | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.16.00.05 | Седло | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.16.00.06 | Седло | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.16.00.07 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.16.00.08 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.16.00.09 | Шток | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.16.00.10 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.16.00.11 | Игла | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *12* | | Винт М6×10.48 ГОСТ 1477—84 | 1 | |
| | | *13* | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *14* | | Картон А 1 ГОСТ 9347—74 | 1 | |

**Регулятор давления устанавливается на трубопроводах для предотвращения аварии в случае избыточного давления газа или воздуха.**

**При нормальном давлении газ или воздух, поступающий через штуцер поз. *2*, давит на клапан поз. *7*, но под действием пружины поз. *8* клапан не открывает отверстие левого седла поз. *6*. Давление выше нормального перемещает клапан вправо, отверстие левого седла открывается и газ или воздух по каналам корпуса поз. *1* выходит в атмосферу. Иглой поз. *11* регулируют количество газа или воздуха, выпускаемого в атмосферу. При дальнейшем возрастании давления клапан перекрывает отверстие правого седла поз. *5*.**

### Задание

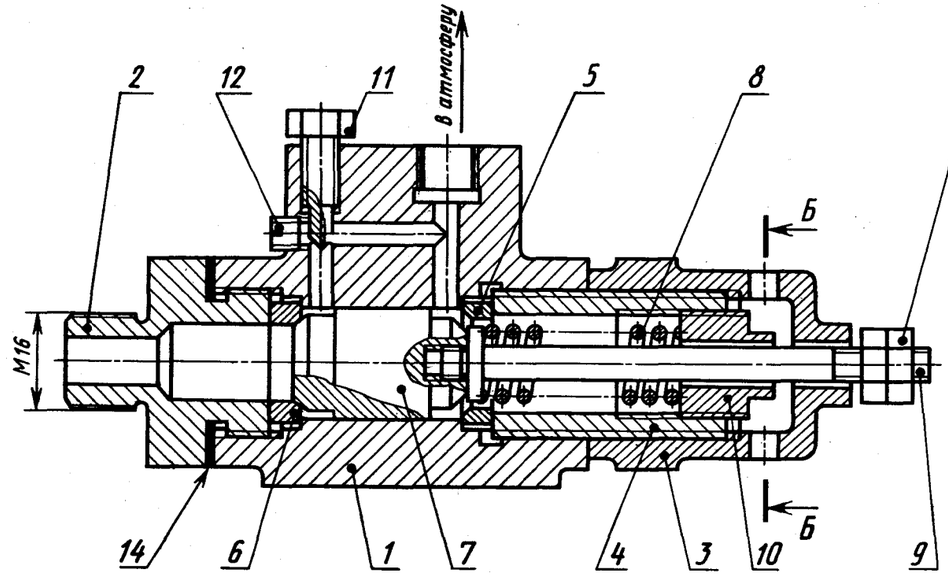
**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *4*, и *7* *10*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.**

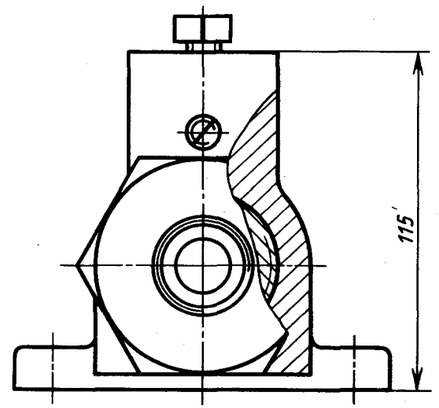
**Материал деталей поз. *1* ... *3*, *7* — БрА9Ж3Л ГОСТ 493—79; поз. *4* ... *6* — Ст 3 ГОСТ 380—71; поз. *8* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, поз. *9* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.**

### Ответьте на вопросы:

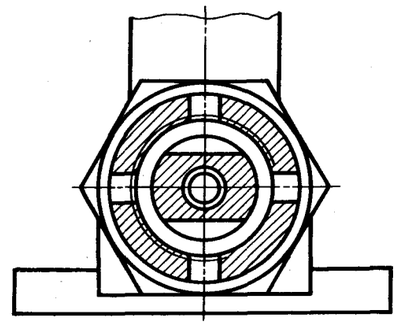
1. **Покажите резьбы на детали поз. *1*.**
2. **Сколько отверстий имеет деталь поз. *3*?**
3. **Назовите деталь, соединяющую детали поз. *1* и поз. *3*.**

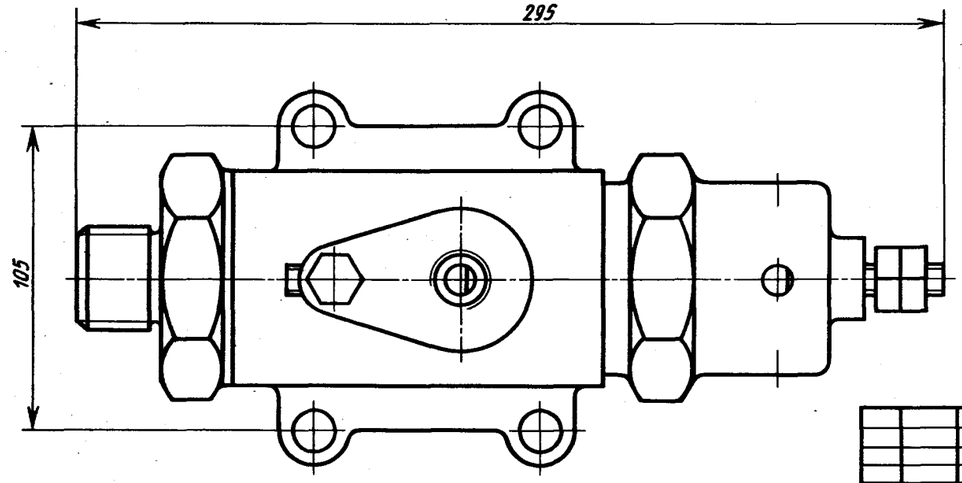
МЧ00.16.00.00.СБ




Б—Б






| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | МЧ 00.16.00.00.СБ | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
| Проект. | | | | | Регулятор давления | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 17. КЛАПАН ПУСКОВОЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.17.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.17.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.17.00.02 | Ниппель | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.17.00.03 | Клапан | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.17.00.04 | Колпак | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.17.00.05 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.17.00.07 | Гайка | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *7* | | Кожа 3 ГОСТ 20836—75 | 4 | |

Пусковой автоматический клапан дизеля открывается под давлением сжатого воздуха. Клапан поз. *3* пружиной поз. *5* плотно прижат к торцу корпуса поз. *1*. Ниппель поз. *2* зажат между корпусом и колпаком поз. *4* и уплотнен прокладками поз. *7*.

При пуске дизеля сжатый воздух от воздухораспределителя поступает через резьбовое отверстие ниппеля в полость корпуса и проходит через продольные канавки на стержне клапана. Под давлением сжатого воздуха клапан преодолевает силу сопротивления пружины и открывается. Как только подача воздуха прекратится, пружина поз. *5* прижмет клапан поз. *3* к торцу корпуса поз. *1*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *4*, *6*.

Материал деталей поз. *1* ... *4*, *6* — Сталь 15 ГОСТ 1050—74, детали поз. *5* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько продольных канавок на стержне клапана поз. *3*?
2. Покажите контур детали поз. *2*.
3. Как попадает сжатый воздух из ниппеля поз. *2* в полость корпуса поз. *1*?

## 18. ТИСКИ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.18.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.18.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.18.00.02 | Губка подвижная | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.18.00.03 | Подшипник | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.18.00.04 | Втулка | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.18.00.05 | Винт | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.18.00.06 | Пластина | 2 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.18.00.07 | Кольцо | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Винт М8×12.58<br>ГОСТ 1476—84 | 1 | |
| | | *9* | | Винт А.М8×20.58<br>ГОСТ 1491—80 | 4 | |
| | | *10* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *11* | | Шпилька М8×30.58<br>ГОСТ 22034—76 | 4 | |
| | | *12* | | Штифт 4h8×40<br>ГОСТ 3128—70 | 1 | |

Тиски данной конструкции служат для закрепления обрабатываемых деталей на металлорежущих станках.

Тиски устанавливаются на столе строгального или фрезерного станка и закрепляются шестью болтами (на чертеже не показаны). Обрабатываемую деталь закладывают между двумя пластинами поз. *6*. Винт поз. *5*, имеющий прямоугольную резьбу, удерживается от осевого перемещения кольцом поз. *7* и штифтом поз. *12*. Чтобы втулка поз. *4* не вращалась вокруг своей оси, установлен винт поз. *8*. При вращении винта поз. *5* подвижная губка поз. *2* будет перемещаться по направляющему пазу корпуса поз. *1*, зажимая пластинками обрабатываемую деталь.

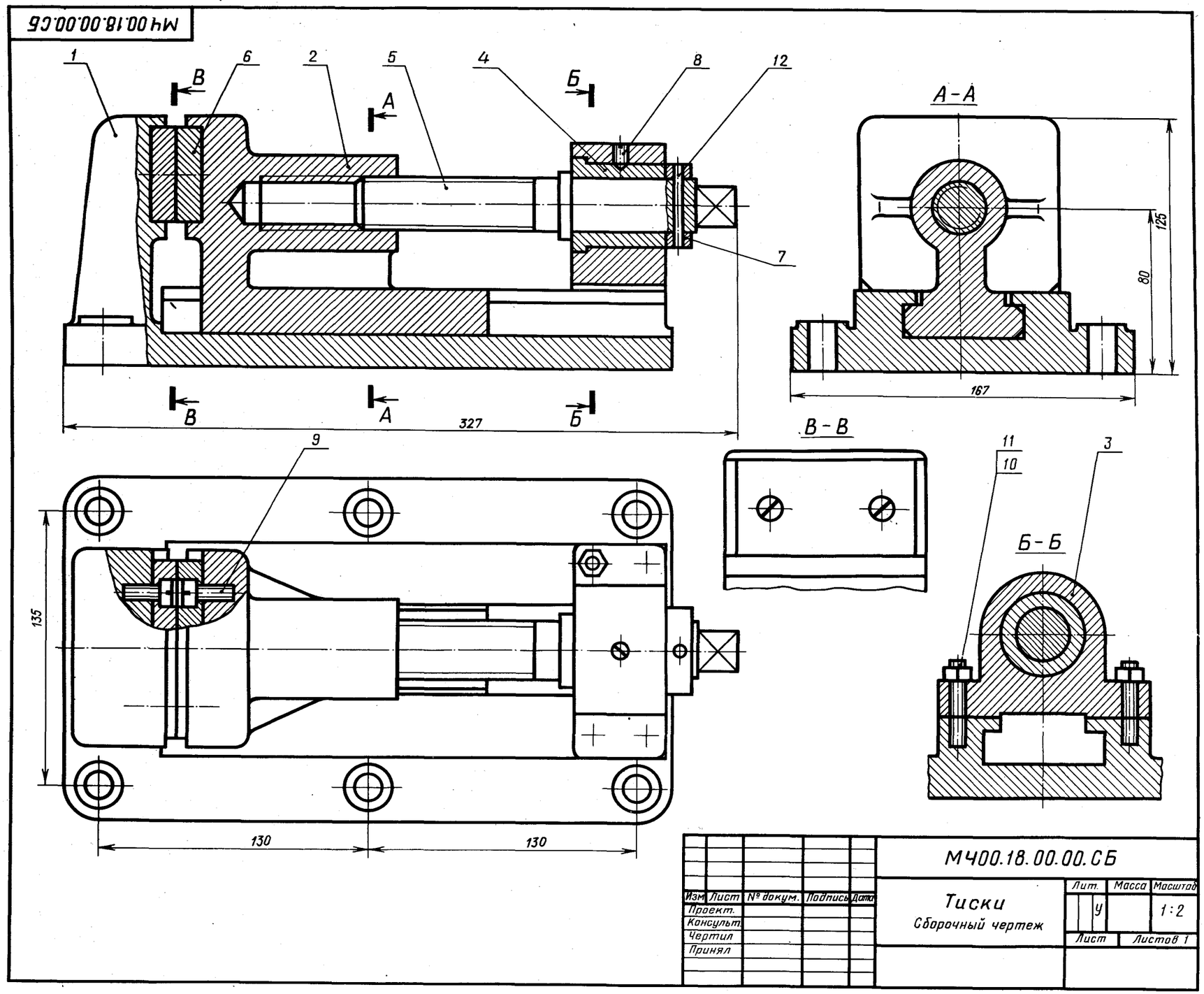
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*. Деталь поз. *1* или поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1* ... *3* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *4* ... *7* — Ст 5 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько отверстий в детали поз. *6*?
2. Покажите контур направляющего паза корпуса поз. *1*.
3. Назовите все детали, изображенные на разрезах *А—А* и *Б—Б*.



## 19. КЛАПАН СЕТЕВОЙ ОБРАТНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.19.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.19.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.19.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.19.00.03 | Ниппель | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.19.00.04 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.19.00.05 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.19.00.06 | Шарик | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.19.00.07 | Направляющая | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.19.00.08 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *9* | | Кожа 2 ГОСТ 20836—75 | 1 | |
| | | *10* | | Кожа 2 ГОСТ 20836—75 | 1 | |

Обратный осевой клапан предназначен для предохранения газопроводной сети с горючим газом от случайного попадания в нее воздуха. При падении давления клапан перекрывает газопровод, исключая возможность обратного тока газа (от потребителя) и предотвращая образование в газопроводе взрывоопасной газокислородной смеси.

Клапан закрепляют в газопроводной сети при помощи накидной гайки поз. *4* и штуцера поз. *5*. При работе горючий газ поступает под давлением в обратный сетевой клапан со стороны ниппеля поз. *3*. Газ давит на шарик поз. *6* и, преодолевая усилие пружины поз. *8*, отжимает его от конического отверстия корпуса поз. *1*. В образовавшееся отверстие газ проходит в газопроводную сеть через штуцер.

В случае взрыва газокислородной смеси в сети газопровода за клапаном образуется повышенное давление, которое, действуя в обратном направлении, через штуцер поз. *5* на шарик поз. *6* прижимает его к коническому отверстию корпуса, исключая возможность проникновения взрывоопасной смеси к баллону с горючим газом.

### Задание

Выполнить чертежи детали поз. *1* ... *5*.

Материал деталей поз. *1* ... *7* — Отливка 20Л-1 ГОСТ 977—75, детали поз. *8* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Какое назначение детали поз. *4*?
2. Покажите контур детали поз. *1*.
3. Назовите все детали, которые будут видны при взгляде на клапан справа.



6 Боголюбов С. К.

## 20. НАСОС ШЕСТЕРЕННЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| A2 | | | МЧ00.20.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| A3 | | *1* | МЧ00.20.00.01 | Корпус | 1 | |
| A3 | | *2* | МЧ00.20.00.02 | Крышка | 1 | |
| A3 | | *3* | МЧ00.20.00.03 | Крышка | 1 | |
| A3 | | *4* | МЧ00.20.00.04 | Ведомое зубчатое колесо $z = 13$, $m = 5$ | 1 | |
| A2 | | *5* | МЧ00.20.00.05 | Вал-шестерня $z = 13$, $m = 5$ | 1 | |
| A4 | | *6* | МЧ00.20.00.06 | Гайка круглая | 1 | |
| A4 | | *7* | МЧ00.20.00.07 | Втулка | 1 | |
| A4 | | *8* | МЧ00.20.00.08 | Втулка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Шпилька М10×35.58 ГОСТ 22034—76 | 6 | |
| | | *10* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 6 | |
| | | *11* | | Шайба 10.01.05 ГОСТ 11371—78 | 6 | |
| | | *12* | | Штифт 8n8×36 ГОСТ 3128—70 | 2 | |
| | | *13* | | Кольцо СГ 52-39-5 ГОСТ 6418—81 | 3 | |

**Шестеренный насос предназначен для перекачивания жидкости. Основными рабочими органами насоса являются два входящих в зацепление зубчатых колеса.**

**Верхний вал-шестерня поз. *5* при помощи муфты (на чертеже не показана) соединен с валом электродвигателя. Крышки поз. *2* и поз. *3* соединяются с корпусом поз. *1* двенадцатью шпильками поз. *9* и гайками поз. *10*. В месте выхода из корпуса вала-шестерни поз. *5* имеется уплотнительное устройство поз. *13*, препятствующее просачиванию жидкости через зазор между валом и втулкой поз. *8*. Уплотнение состоит из трех войлочных пропитанных маслом колец. Кольца прижимаются к поверхности вала при помощи втулки поз. *7* и гайки поз. *6*.**

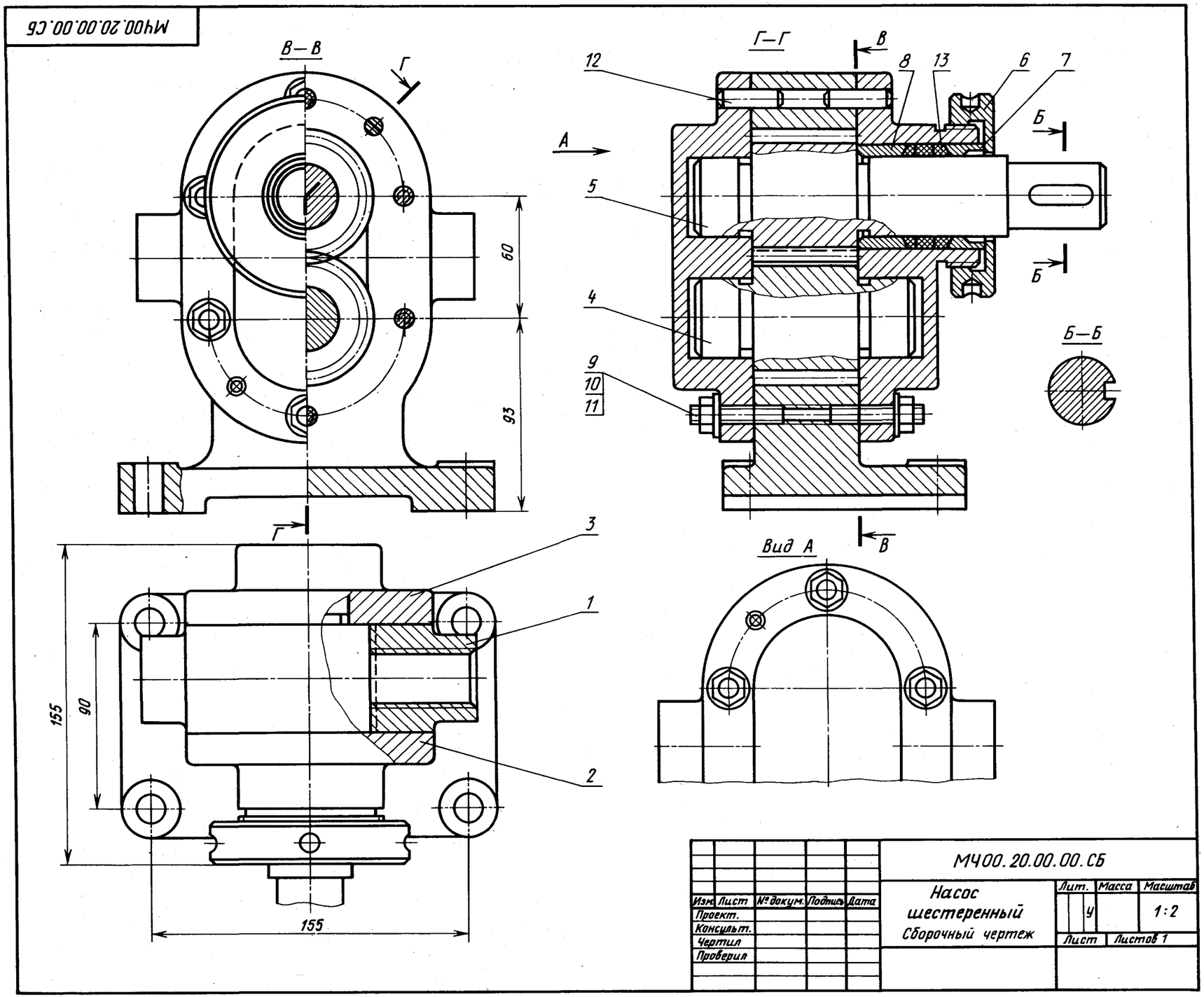
### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.**

**Материал деталей поз. *1* ... *3* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *4* ... *6* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *7*, *8* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Как называется разрез *Г—Г*?**
2. **Как называется изображение *Б—Б*?**
3. **На каких изображениях видна деталь поз. *3*?**



## 21. ЦИЛИНДР ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.21.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.21.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.21.00.02 | Цилиндр | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.21.00.03 | Поршень | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.21.00.04 | Вилка | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.21.00.05 | Вилка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.21.00.06 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.21.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.21.00.08 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.21.00.09 | Винт | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Гайка М18.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *11* | | Кольцо 090-095-30 ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *12* | | Кольцо 035-040-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |

Пневматический цилиндр состоит из корпуса поз. *1*, в который ввинчен цилиндр поз. *2*. Для предотвращения самоотвинчивания предусмотрена гайка поз. *8*.

Воздух под давлением подается через штуцер поз. *6* и используется для перемещения поршня поз. *3* только в одном направлении — влево. Вправо поршень возвращает пружина. Использованный воздух выходит в атмосферу через тот же штуцер поз. *6*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*.

Материал деталей поз. *1* ... *5* — Сталь 35Х ГОСТ 4543—71, поз. *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Объясните назначение пружины поз. *7*.
2. На каких изображениях виден поршень поз. *3*?
3. Для чего применяются кольца поз. *11* и поз. *12*?

МЧ00.21.00.00.СБ

Цилиндр пневматический

Сборочный чертеж

Лит. У | Масса | Масштаб 1:2

Лист | Листов 1

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

Проект.

Консульт.

Чертил

Принял

*2-е деталирование*

## 22. ПРИХВАТ ПЕРЕДВИЖНОЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.22.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.22.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.22.00.02 | Поршень | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.22.00.03 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.22.00.04 | Болт | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.22.00.05 | Болт | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.22.00.06 | Винт | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.22.00.07 | Прихват | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.22.00.08 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.22.00.09 | Тарелка | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.22.00.10 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.22.00.11 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.22.00.12 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.22.00.13 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *14* | МЧ00.22.00.14 | Гайка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *15* | | Винт А.М6×14.58 ГОСТ 1491—80 | 1 | |
| | | *16* | | Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *17* | | Гайка М16.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *18* | | Кольцо СГ 24-17-5 ГОСТ 6418—81 | 1 | |
| | | *19* | | Кольцо 040-045-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |

**Передвижной гидравлический прихват предназначен для зажима обрабатываемых деталей на станках. Его устанавливают на столе станка или базовой плите.**

**Прихват состоит из корпуса поз. *1*, закрепляемого в станочном пазу специальным болтом поз. *5* и гайкой поз. *14*. Болт поз. *5* соединен резьбой с регулируемым болтом поз. *4*, имеющим сферическую головку, в которую упирается шайба поз. *13*, прижимающая прихват поз. *7*. Прихват опирается на шайбу поз. *10* и пружину поз. *11*. В полости корпуса расположен поршень поз. *2*. Масло в полость поступает под давлением через коническое резьбовое отверстие корпуса. В поршне на резьбе закрепляется регулируемый винт поз. *6*, передающий усилие прихвату, зажимающему обрабатываемую деталь. Прихват при необходимости можно поворачивать вокруг его продольной оси. В исходное положение поршень возвращается пружиной поз. *12*, которая упирается в крышку поз. *3*.**

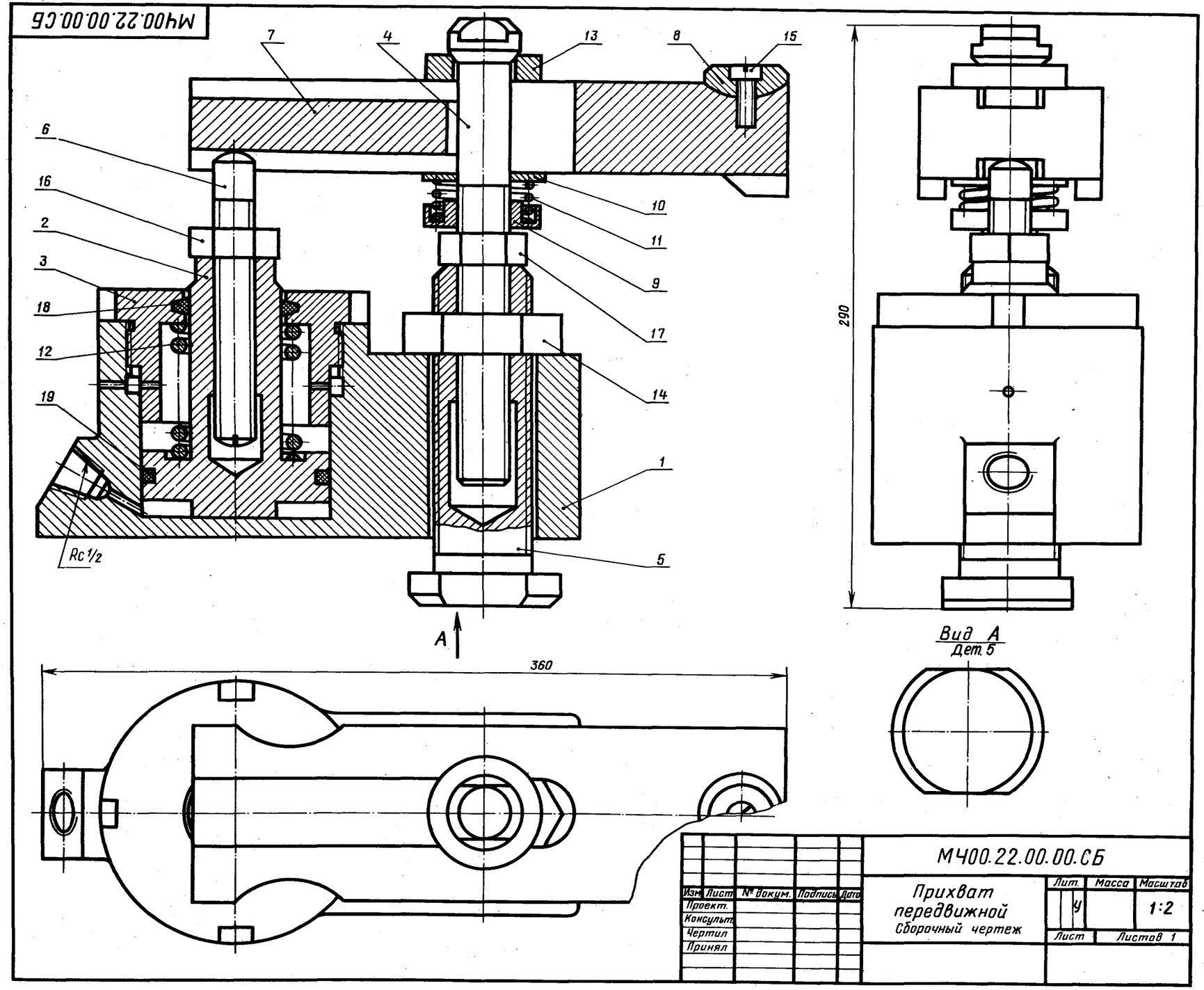
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*, *7*, *9*, *12*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *7* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *11*, *12* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *2* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *3* ... *6*, *8* ... *10*, *13*, *14* — Ст 5 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Какое назначение имеют четыре паза в детали поз. *3*?
2. Покажите контур детали поз. *5*.
3. Назовите все детали, изображенные на виде сверху.



## 23. КЛАПАН МЕХАНИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.23.00.00.СБ | Клапан механический | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.23.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.23.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.23.00.03 | Шток | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.23.00.04 | Седло | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.23.00.05 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.23.00.06 | Толкатель | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.23.00.07 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.23.00.08 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.23.00.09 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.23.00.10 | Шайба | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *11* | | Кольцо 025-030-30 ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *12* | | Кожа 3 ГОСТ 20836—75 | 1 | |

Механический клапан предназначен для автоматических установок, распыляющих смазочно-охлаждающие жидкости.

Клапан состоит из корпуса поз. *1*, разделенного на две полости, в одну из которых поступает сжатый воздух.

При перемещении толкателя поз. *6* вправо он давит на шток поз. *3*, отодвигая клапан поз. *5*. Сжатый воздух проходит через клапан по продольным пазам штока к распыляющему устройству.

При снятии нагрузки с толкателя клапан, шток и толкатель возвращаются в первоначальное положение под действием пружины поз. *9*. В результате этого клапан прижимается к седлу поз. *4*, закрывая проход воздуха.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*, *7*.

Материал деталей поз. *1*, *6*, *7* — Ст 5 ГОСТ 380—71, дателей поз. *3* ... *5* — Бр04Ц7С5 ГОСТ 613—79, деталей поз. *2*, *8* — Сталь 35 ГОСТ 4543—71, детали поз. *9* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько продольных пазов в детали поз. *3*?
2. На каких изображениях видна деталь поз. *4*?
3. Через какое отверстие сжатый воздух поступает в канавки штока поз. *3*?

## 24. КРАН ДВУХХОДОВОЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.24.00.00.СБ | Кран двухходовой | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.24.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.24.00.02 | Пробка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.24.00.03 | Ключ | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.24.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.24.00.05 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.24.00.06 | Ручка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.24.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.24.00.08 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.24.00.09 | Прокладка | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.24.00.10 | Прокладка | 1 | |
| | | | | **Стандартные детали** | | |
| | | *11* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |

Двухходовой кран устанавливают на трубопроводах. Газ или жидкость, поступающие через нижнее отверстие в кран, расходятся по двум трубопроводам.

Чтобы изменить площадь сечения для прохода газа или жидкости, нужно ручкой поз. *6* повернуть на некоторый угол коническую пробку поз. *2*. Для обеспечения герметичности коническая поверхность пробки крана притирается к внутренней стенке корпуса поз. *1*. Между деталями поз. *1* и поз. *4* ставится прокладка поз. *10*.

Ключ поз. *3* своими выступами входит в пазы пробки. Пружина поз. *7* ставится для надежного прилегания пробки к внутренней поверхности корпуса.

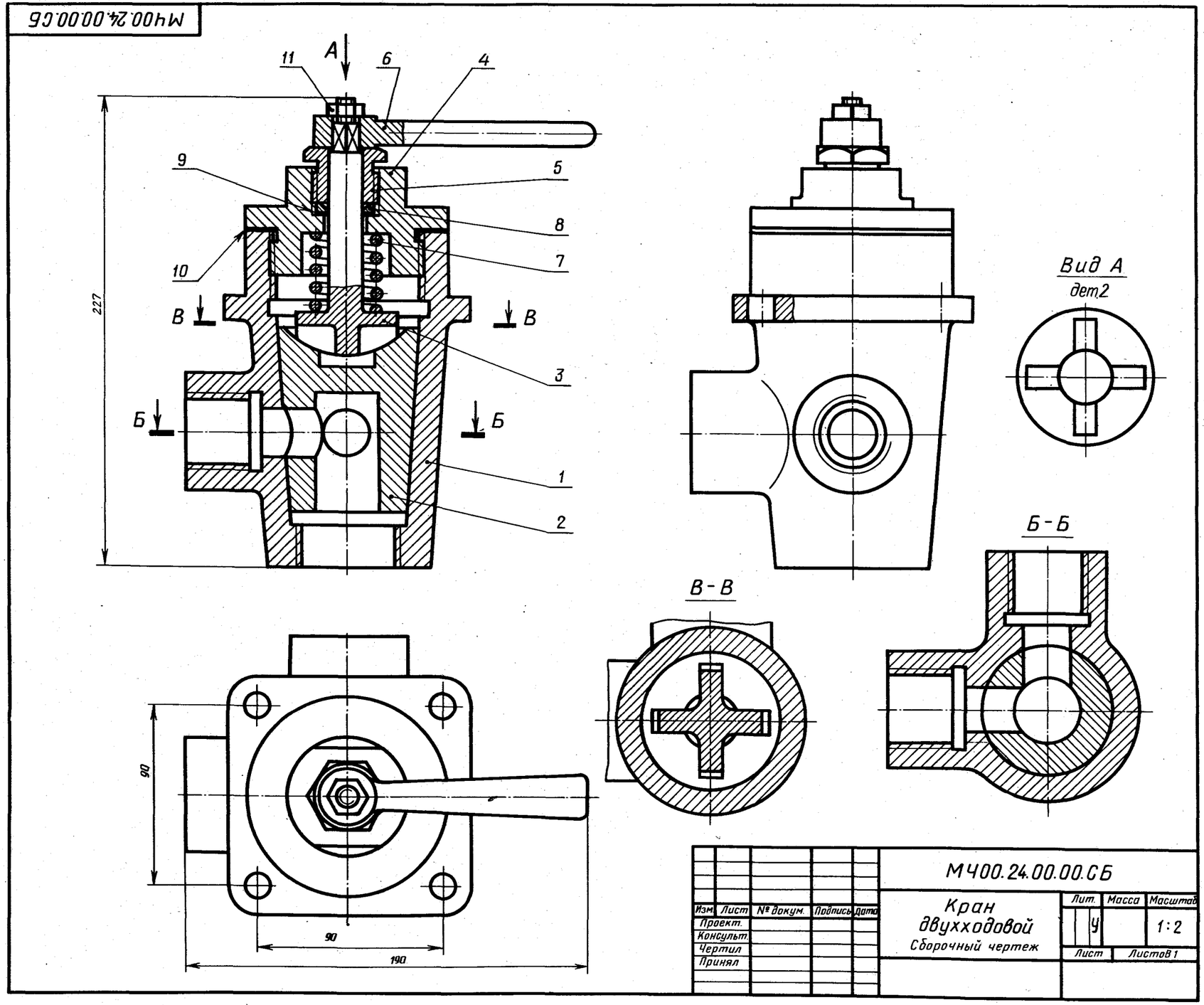
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *8* — Бр04Ц7С5 ГОСТ 613—79, деталей поз. *3* ... *7* — Сталь 35Х ГОСТ 4543—71, детали поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *9* — Сталь 40 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите и покажите все детали, изображенные на разрезе *В—В*.
2. Покажите детали поз. *3*, *4* и *6* на виде слева.
3. Покажите контур детали поз. *2*.



## 25. КЛАПАН

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.25.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | 1 | МЧ00.25.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | 2 | МЧ00.25.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | 3 | МЧ00.25.00.03 | Фланец | 1 | |
| А4 | | 4 | МЧ00.25.00.04 | Маховичок | 1 | |
| А3 | | 5 | МЧ00.25.00.05 | Шпиндель | 1 | |
| А4 | | 6 | МЧ00.25.00.06 | Клапан | 1 | |
| А4 | | 7 | МЧ00.25.00.07 | Седло | 1 | |
| А4 | | 8 | МЧ00.25.00.08 | Гайка | 1 | |
| А4 | | 9 | МЧ00.25.00.09 | Пробка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | 10 | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | 11 | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | 12 | | Шпилька М8×25.58 ГОСТ 22034—76 | 2 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | 13 | | Картон А 1 ГОСТ 9347—74 | 1 | |
| | | 14 | | Картон А 1 ГОСТ 9347—74 | 1 | |
| | | 15 | | Войлок ПС 10 ГОСТ 6308—71 | 1 | |

**Клапан предназначен для изменения величины потока воды, проходящей по трубопроводу, а также для периодических отключений одной части трубопровода от другой.**

**Клапан состоит из корпуса поз. *1* и крышки поз. *2*. Детали поз. *5*, *6*, *8* являются запорным устройством. Изменение проходного отверстия между клапаном поз. *6* и седлом поз. *7* регулируется вращением маховичка поз. *4*. В качестве уплотнения между шпинделем поз. *5*, крышкой поз. *2* и фланцем поз. *3* применяют войлочные кольца поз. *15*, пропитанные смазочными веществами. По мере износа войлочные кольца поджимаются фланцем, для чего завинчивают гайки поз. *10*. Стык крышки и корпуса уплотнен прокладкой поз. *14*. Пробка поз. *9* предназначена для слива отстоя и очистки корпуса.**

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*.

Материал деталей поз. *1* ... *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *5* ... *9* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *2*.
2. Покажите на чертеже местный разрез и сечение.
3. Покажите на виде слева прокладки поз. *10* и поз. *11*.

*2-е деталирование*

## 26. ЦИЛИНДР ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.26.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.26.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.26.00.02 | Стакан | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.26.00.03 | Фланец | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.26.00.04 | Поршень | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.26.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.26.00.06 | Вилка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.26.00.07 | Прокладка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Болт М6×28.58 ГОСТ 7798—70 | 12 | |
| | | *9* | | Болт М12×45.58 ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *10* | | Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *11* | | Кольцо 025-030-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |
| | | *12* | | Кольцо 055-060-30 ГОСТ 9833—73 | 3 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *13* | | Войлок ПС 10 ГОСТ 6308—71 | 5 | |

Гидравлический цилиндр является основным звеном гидроприводов.

Гидравлический цилиндр состоит из корпуса поз. *1* и поршня поз. *4*. Поршень движется в цилиндре под давлением масла, которое подается в цилиндр через резьбовые отверстия деталей поз. *1* и поз. *5*. Последовательное переключение подачи масла производится при помощи золотника (на чертеже не показан).

Шток поршня поз. *4* соединен с вилкой поз. *6*. Вилка присоединяется к звену механизма, которому поршень сообщает требуемое возвратно-поступательное движение. Уплотнение поршня, штока поршня, а также корпуса обеспечивается уплотнительными кольцами поз. *11*, *12*, *13* и прокладкой поз. *7*.

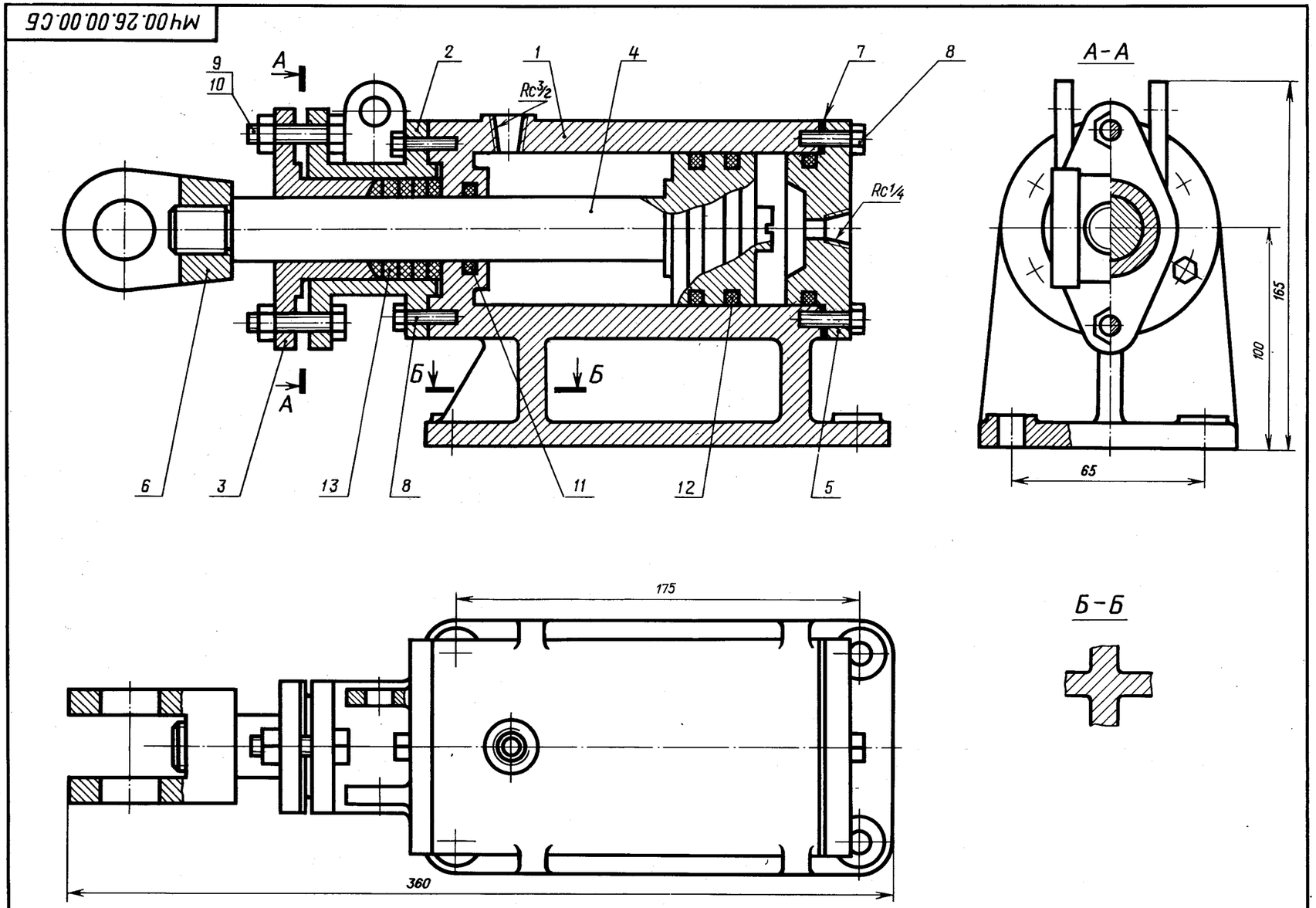
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*. Деталь поз. *1* или *2* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1* ... *3*, *5* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *4*, *6* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

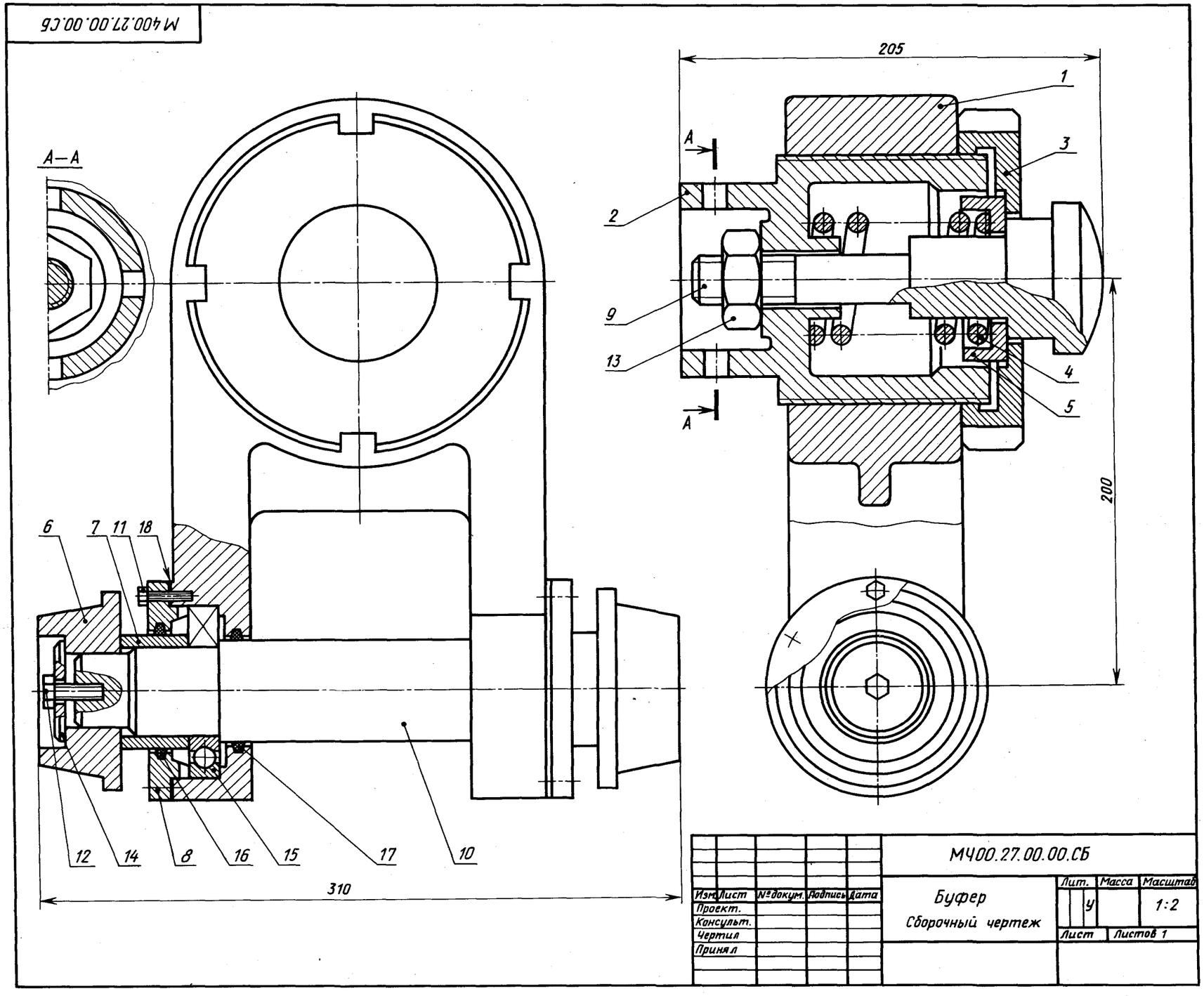
### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *3*.
2. Имеется ли на чертеже сечение?
3. Как называются разрезы на виде сверху?




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.26.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Цилиндр гидравлический Сборочный чертеж | Лит. У | Масса | Масштаб 1:2 |
| Консульт. | | | | | | | | |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 27. БУФЕР




| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.27.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.27.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.27.00.02 | Стакан | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.27.00.03 | Гайка упорная | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.27.00.04 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.27.00.05 | Тарелка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.27.00.06 | Бегунок | 2 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.27.00.07 | Втулка | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.27.00.08 | Крышка | 2 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.27.00.09 | Буфер | 2 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.27.00.10 | Ось | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *11* | | Болт М6×28.58 ГОСТ 7798—70 | 12 | |
| | | *12* | | Болт М12×32.58 ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *13* | | Гайка М30.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *14* | | Шайба 12.01.05 ГОСТ 11371—78 | 2 | |
| | | *15* | | Шарикоподшипник 212 ГОСТ 8338—75 | 2 | |
| | | *16* | | Кольцо СГ 76-59-5 ГОСТ 6418—81 | 2 | |
| | | *17* | | Кольцо СГ 71-54-5 ГОСТ 6418—81 | 2 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *18* | | Картон А 1 ГОСТ 6659—83 | 2 | |

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.27.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Буфер | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

Буфер используется в автоматических линиях с целью предотвращения поломок деталей при их обработке на металлорежущих станках.

Деталь, поданная на конвейер, устанавливается в осевом направлении под давлением толкателя, который подводит деталь до буфера поз. *9*. При ударе буфер упирается в пружину поз. *4*, которая, сжимаясь, поглощает удар. С помощью бегунков поз. *6* деталь передается на следующую операцию автоматической линии.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *3*, *6*, *8*, *9*.

Материал деталей поз. *1* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, поз. *2*, *5*, *7*, *8* — Ст 5 ГОСТ 380—71, поз. *3*, *6*, *9*, *10* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74, поз. *4* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите детали, которые видны на разрезе *А—А*.
2. Видна ли деталь поз. *2* на главном виде?
3. Сколько отверстий под болты у детали поз. *8*?

## 28. ЦИЛИНДР ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.28.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.28.00.01 | Цилиндр | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.20.00.02 | Поршень | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.28.00.03 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.28.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.28.00.05 | Фланец | 1 | |
| А3 | | *6* | МЧ00.28.00.06 | Шток | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Болт М10×38.58<br>ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *8* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 8 | |
| | | *9* | | Кольцо 025-030-30<br>ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *10* | | Кольцо 055-060-30<br>ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *11* | | Шайба 12.01.05<br>ГОСТ 11371—78 | 8 | |
| | | *12* | | Шпилька М12×45.58<br>ГОСТ 22043—76 | 8 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *13* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 2 | |

**Пневматические цилиндры применяются в приспособлениях, предназначенных для быстрой установки и надежного закрепления обрабатываемых деталей на металлообрабатывающих станках. Изображенный на чертеже пневматический цилиндр — качающийся, крепится к станку специальными шарнирными устройствами. Основными элементами пневматического цилиндра являются цилиндр поз. *1* и поршень поз. *2*.**

**В цилиндр через отверстия крышек поз. *3* и поз. *4* то с одной, то с другой стороны поршня попеременно подводят сжатый воздух, под действием которого поршень совершает возвратно-поступательное движение. К правому концу штока поз. *6* присоединяется звено механизма, которому шток сообщает это движение. Поршень и шток имеют уплотнительные кольца поз. *9* и поз. *10*.**

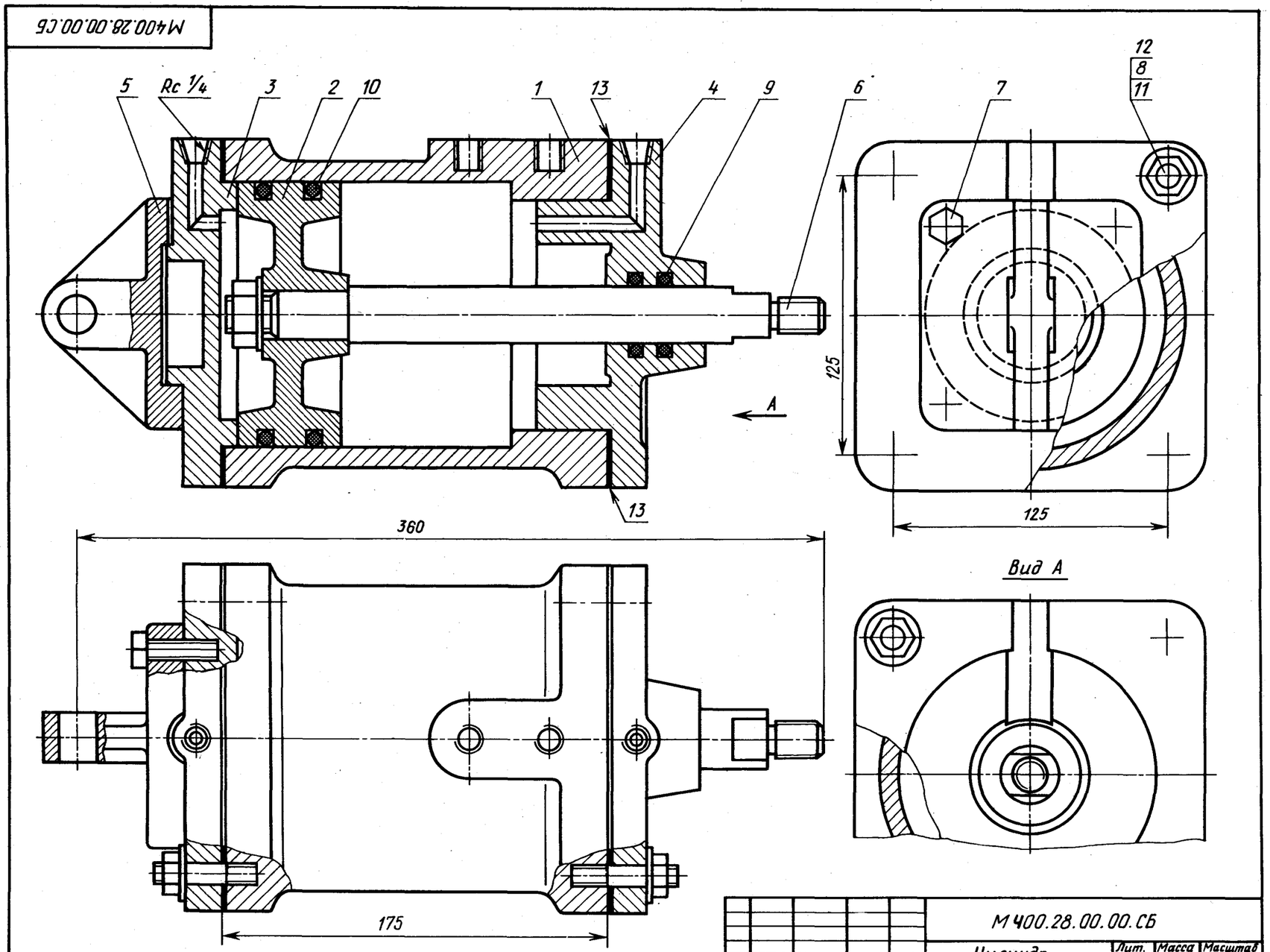
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1* или детали поз. *5*.

Материал деталей поз. *1* ... *5* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, поз. *2*, *6* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Для чего предназначены отверстия с конической резьбой?
2. Каким количеством болтов крепится к корпусу поз. *1* крышка поз. *4*?
3. Покажите контур детали поз. *4*.




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.28.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект | | | | | Цилиндр пневматический | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | | | 1:2 |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | | Лист | Листов 1 |
| Принял | | | | | | | | |

## 29. ТЯГА

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.29.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.29.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.29.00.02 | Серьга | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.29.00.03 | Вилка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.29.00.04 | Вкладыш | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.29.00.05 | Ось | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.29.00.06 | Кольцо | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.29.00.07 | Планка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Винт М4×8.58 ГОСТ 1477—84 | 2 | |
| | | *9* | | Винт А.М4×10.58 ГОСТ 1491—80 | 2 | |
| | | *10* | | Винт М4×10.58 ГОСТ 1477—84 | 1 | |

Тяга, являясь промежуточным звеном механизмов, серьгой поз. *2* и вилкой поз. *3* соединяется с разными частями одной машины.

В корпусе поз. *1* имеется бронзовый вкладыш поз. *4*, отватывающий всей внутренней цилиндрической поверхностью ось соседнего звена механизма. Вкладыш закреплен в корпусе винтом поз. *10*. Отверстие под винт сверлят при сборке тяги.

Для уменьшения износа к трущимся поверхностям вкладыша и оси подводится густая смазка, поступающая из масленок, которые ввинчиваются в резьбовые отверстия деталей поз. *5* и поз. *1*. Чтобы предотвратить проворачивание оси поз. *5*, она закреплена на корпусе планкой поз. *7* и винтами поз. *9*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*.

Материал деталей поз. *1* ... *3* — СЧ 20 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *5*, *6* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *4* — Бр03Ц12С5 ГОСТ 613—79.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеется ли на данном чертеже изображение сечения?
2. На каких изображениях видна деталь поз. *3*?
3. Покажите контур детали поз. *5*.

*2-е деталирование*

## 30. ВЕНТИЛЬ ЗАПОРНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А1 | | | МЧ00.30.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.30.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.30.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.30.00.03 | Фланец | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.30.00.04 | Шпиндель | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.30.00.05 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.30.00.06 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.30.00.07 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.30.00.08 | Ключ | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Болт М12×45.58<br>ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *10* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *11* | | Гайка М10.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *12* | | Шпилька М10×25.58<br>ГОСТ 22032—76 | 2 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *13* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 1 | |
| | | *14* | | Войлок ПС 10<br>ГОСТ 6308—71 | 1 | |

Запорный вентиль монтируют на трубопроводах, предназначенных для подачи жидкости.

С помощью вентиля можно периодически отключать одну часть трубопровода от другой, для этого нужно опустить запорный клапан поз. *5* вниз до соприкосновения с торцом втулки поз. *7*. Перемещение клапана в вертикальном направлении производят вращением ключа поз. *8*, насаженного на квадратный конец шпинделя поз. *4*. Уплотнение поз. *14*, прижимаемое сверху фланцем поз. *3*, плотно прилегает к шпинделю.

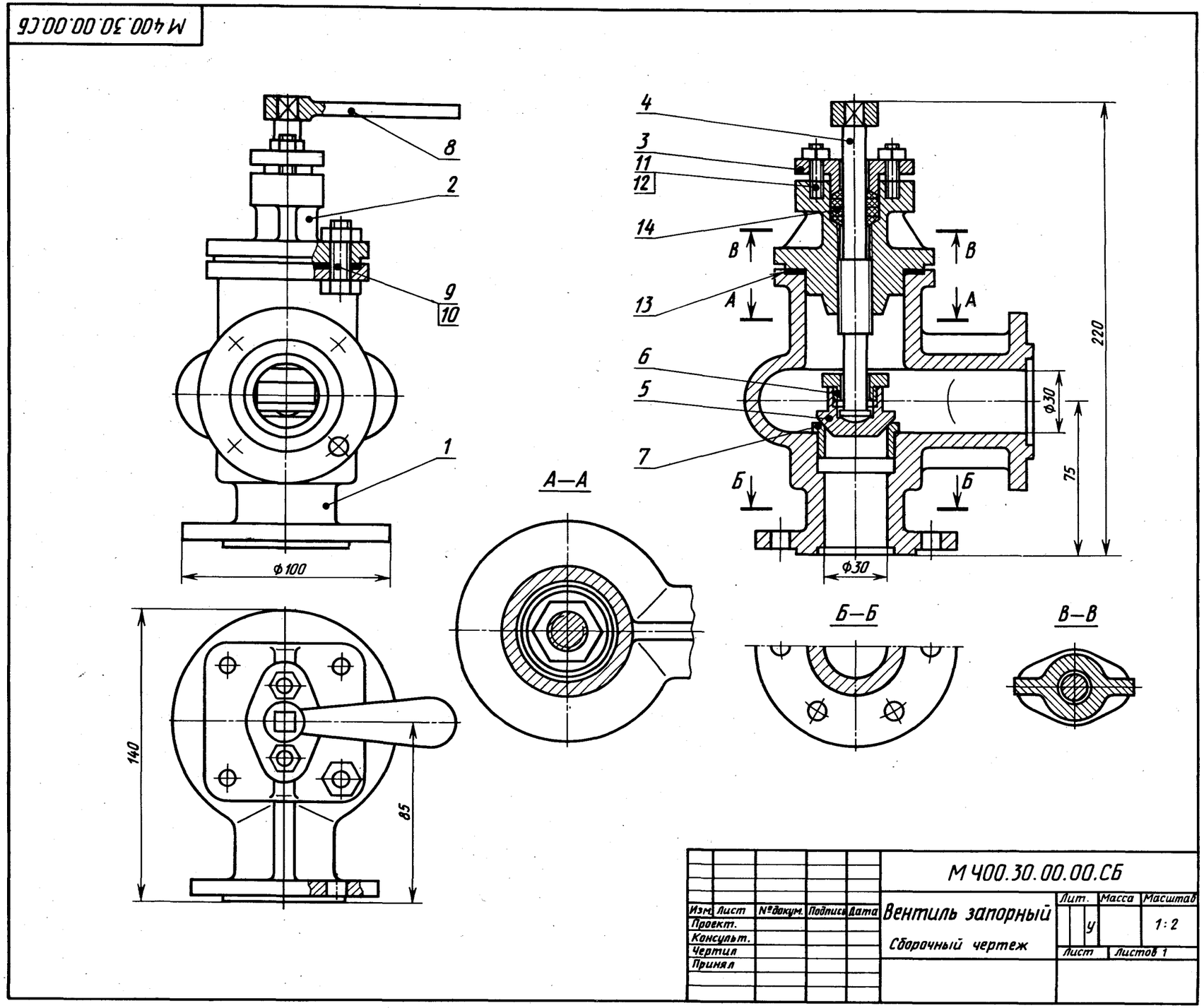
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *2* или *3*.

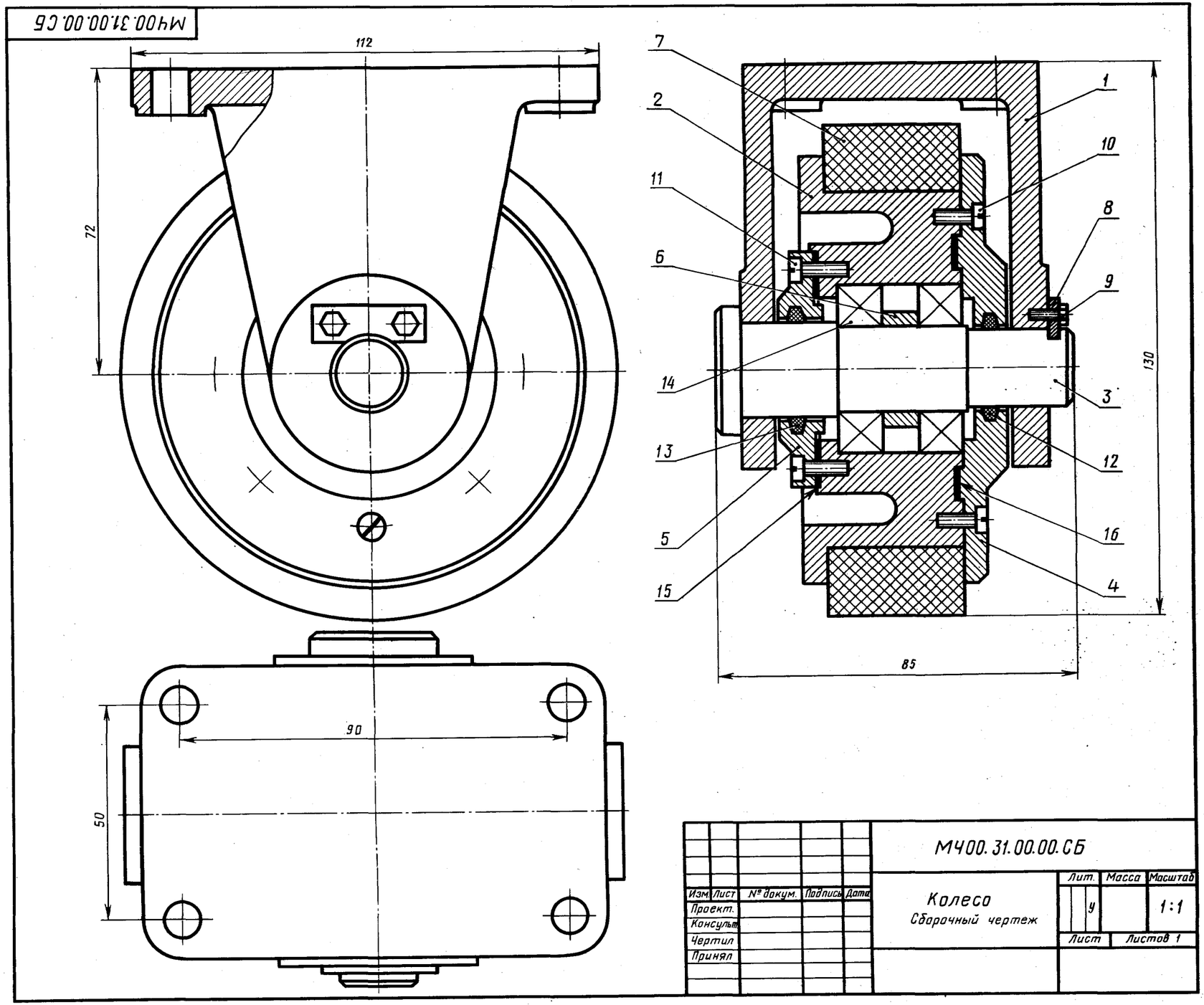
Материал деталей поз. *1* ... *3*, *5*, *7*, *10* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74, поз. *4*, *8* — Ст 6 ГОСТ 380—71, поз. *6*, *9*, *11* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, поз. *12* — Бр03Ц12С5 ГОСТ 613—79.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеется ли на чертеже изображение сечения?
2. Назовите детали, показанные на разрезе *А—А*.
3. Покажите контур детали поз. *2*.



## 31. КОЛЕСО




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.31.00.00.СБ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Колесо<br>*Сборочный чертеж* | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | у | | 1:1 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.31.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.31.00.01 | Кронштейн | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.31.00.02 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.31.00.03 | Ось | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.31.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.31.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.31.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.31.00.07 | Бандаж | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.31.00.08 | Планка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Болт М4×12.58<br>ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *10* | | Винт А.М5×12.58<br>ГОСТ 1491—80 | 8 | |
| | | *11* | | Винт А.М5×16.58<br>ГОСТ 1491—80 | 6 | |
| | | *12* | | Кольцо СГ 28-17-5<br>ГОСТ 6418—81 | 1 | |
| | | *13* | | Кольцо СГ 32-21-5<br>ГОСТ 6418—81 | 1 | |
| | | *14* | | Шарикоподшипник 205<br>ГОСТ 8338—75 | 2 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *15* | | Картон А 1<br>ГОСТ 6659—83 | 1 | |
| | | *16* | | Картон А 1<br>ГОСТ 6659—83 | 1 | |

**Колесо используется в тележке, предназначенной для транспортировки заготовок и готовых изделий в механическом цехе.**

**В двух отверстиях кронштейна крепится ось поз. *3*. В корпусе поз. *2* запрессованы два шарикоподшипника поз. *14*, которые зажимаются крышкой поз. *4* и распорной втулкой поз. *6*. В крышках поз. *4*, *5* имеются выточки под уплотнительные кольца поз. *12*, *13*, которые препятствуют попаданию пыли в подшипники. На цилиндрическую поверхность корпуса натянут бандаж поз. *7*, который прижимается крышкой поз. *4*. Колесо крепится к основанию тележки четырьмя болтами.**

### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*, *8*.**

**Материал деталей поз. *1*, *2*, *6*, *8* — Ст 5 ГОСТ 380—71, деталей поз. *4*, *5* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, детали поз. *3* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — резина.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Сколько отверстий под винты имеет деталь поз. *2*?**
2. **На каких изображениях видна деталь поз. *2*?**
3. **Какое назначение имеет деталь поз. *8*?**

## 32. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ НАРЕЗКИ СЕГМЕНТНЫХ ШПОНОК

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.32.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.32.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.32.00.02 | Прихват | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.32.00.03 | Колодка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.32.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.32.00.05 | Поршень | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.32.00.06 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.32.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.32.00.08 | Шпилька М12 | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.32.00.09 | Призма | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Болт М6×18.58<br>ГОСТ 7798—70 | 5 | |
| | | *11* | | Винт А.М8×20.58<br>ГОСТ 1491—89 | 1 | |
| | | *12* | | Винт М8×30.58<br>ГОСТ 11738—84 | 4 | |
| | | *13* | | Винт М10×35.58<br>ГОСТ 11738—84 | 2 | |
| | | *14* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *15* | | Кольцо СГ 23-14-3<br>ГОСТ 6418—81 | 2 | |
| | | *16* | | Кольцо СГ 48-34-5<br>ГОСТ 6418—81 | 1 | |

Приспособление предназначено для производства сегментных шпонок из заготовок (готовых шайб) на горизонтально-фрезерном станке.

В корпус поз. *1* вставлен прихват поз. *2*, соединенный шпилькой поз. *8* с поршнем поз. *5* цилиндра обратного действия. Зажим нескольких заготовок, установленных на призме поз. *9* (на чертеже показаны тонкой линией, см. разрез *А—А*), осуществляется прихватом под воздействием гидравлического давления на поршень (жидкость поступает в отверстие по стрелке). Пружина поз. *7* возвращает прихват в исходное положение после того, как в цилиндре снято давление. Дисковая фреза центрируется по оси призмы поз. *9* и прорези установочной колодки поз. *3* с помощью щупа.

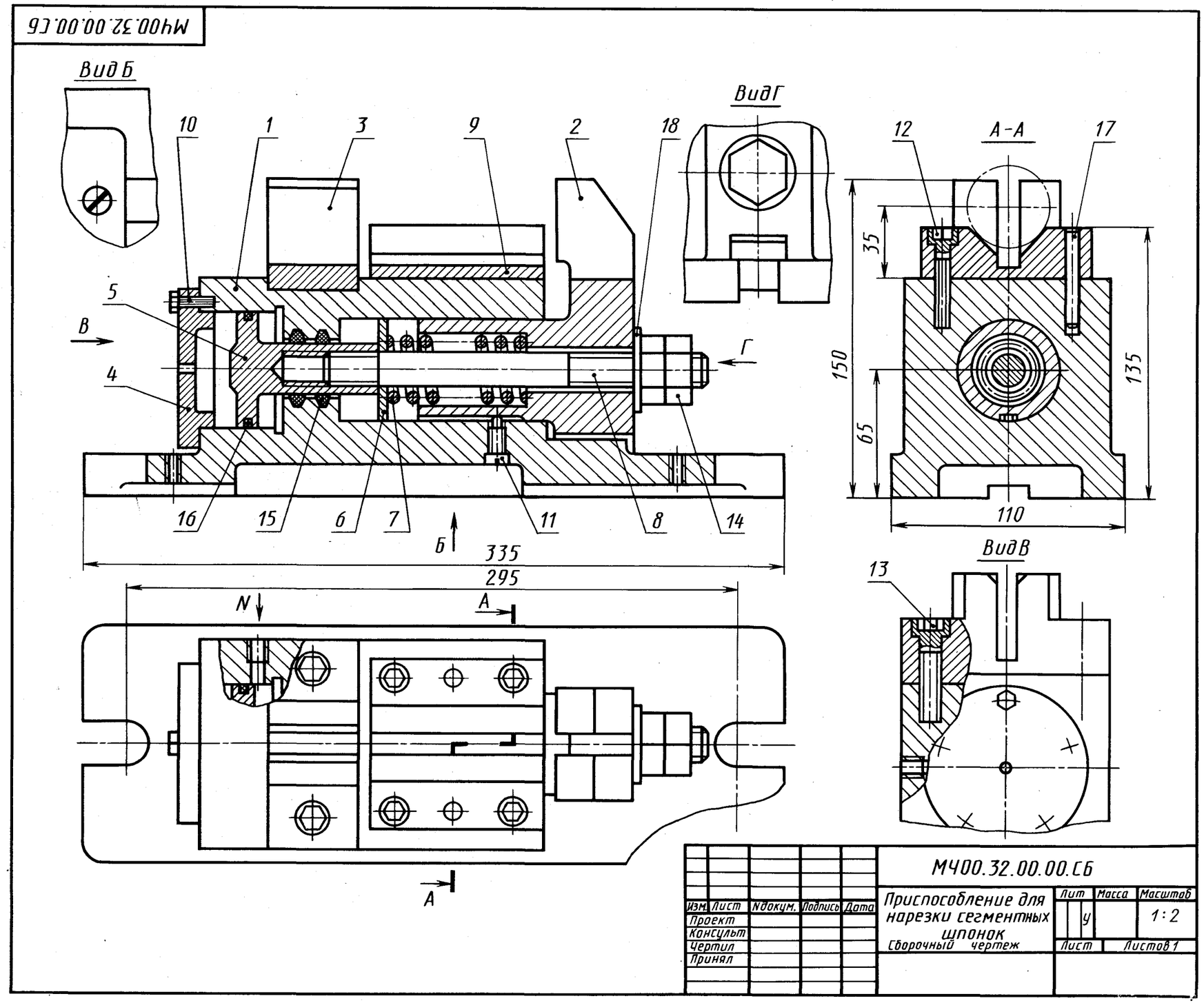
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *3*, *5*, *8*, *9*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.

Материал деталей поз. *1*, *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *2*, *3*, *5*, *6*, *8*, *9* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Как называется разрез *А—А*?
2. Сколько отверстий с резьбой в детали поз. *9*?
3. Покажите контур детали поз. *2* на разрезе *А—А* и виде сверху.




| Изм. | Лист | №докум. | Подпись | Дата | МЧ00.32.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект | | | | | Приспособление для нарезки сегментных шпонок<br>Сборочный чертеж | Лит | Масса | Масштаб |
| Консульт | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 33. ГИДРОЗАМОК

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.33.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.33.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.32.00.02 | Седло | 2 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.33.00.03 | Штуцер | 2 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.33.00.04 | Цилиндр | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.33.00.05 | Золотник | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.33.00.06 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.33.00.07 | Клапан | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.33.00.08 | Пружина | 2 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.33.00.09 | Штуцер | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *10* | | Кожа 3 ГОСТ 20836—75 | 3 | |

Гидрозамок представляет собой гидравлический управляемый обратный клапан, применяемый для запирания рабочих полостей гидроцилиндров.

Принцип работы гидрозамка следующий. Предположим, что правая магистраль гидрозамка связана с рабочей (поршневой) полостью гидроцилиндра, а левая — со штоковой полостью гидроцилиндра. Тогда масло под давлением, идущее в поршневую полость через канал штуцера поз. *9*, сместит в корпусе поз. *1* золотник поз. *5* влево и откроет левый обратный клапан поз. *7*, через который масло из штоковой полости гидроцилиндра будет выходить через штуцер поз. *6* на слив. Одновременно открывается правый обратный клапан поз. *7*, и масло через него поступает в поршневую полость гидроцилиндра. При прекращении доступа жидкости в гидрозамок золотник возвратится в нейтральное положение и оба обратных клапана под действием пружин поз. *8* и давления масла со стороны поршневой и штоковой полостей гидроцилиндра закроются, фиксируя поршень гидроцилиндра в заданном положении.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1*, *3*, *7* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *2*, *4*, *5*, *9* — Бр03Ц12С5 ГОСТ 613—79, детали поз. *8* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите все детали, изображенные на виде *А*.
2. Покажите контур детали поз. *2* на разрезе *В—В*.
3. Видна ли на виде *Б* деталь поз. *5*?

МЧ00.33.00.00.СБ

Гидрозамок
Сборочный чертеж

Лит. У | Масса | Масштаб 1:1
Лист | Листов 1

Изм. Лист № докум. Подпись Дата
Проект.
Консульт.
Чертил
Принял

## 34. АМОРТИЗАТОР РОЛИКОВЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.34.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.34.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.34.00.02 | Цилиндр | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.34.00.03 | Стакан | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.34.00.04 | Шток | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.34.00.05 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.34.00.06 | Ролик | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.34.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.34.00.08 | Ось | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.34.00.09 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.34.00.10 | Вилка | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.34.00.11 | Пластинка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *12* | | Болт М14×16.58 ГОСТ 7796—70 | 2 | |
| | | *13* | | Болт М8×25.58 ГОСТ 7796—70 | 6 | |
| | | *14* | | Винт М10×16.58 ГОСТ 8878—84 | 1 | |
| | | *15* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 6 | |
| | | *16* | | Гайка М24.5 ГОСТ 2526—70 | 2 | |
| | | *17* | | Шпилька М10×25.58 ГОСТ 22032—76 | 6 | |
| | | *18* | | Шпонка 10×8×30 ГОСТ 23360—78 | 1 | |

**Роликовый амортизатор служит для направления перемещаемых при прокате заготовок и поглощения ударных нагрузок.**

**Удар при подаче заготовки передается от ролика поз. *6* на пружину поз. *7* амортизатора через шток поз. *4*. Вилка поз. *10* установлена на конце штока, который может перемещаться только в осевом направлении, для чего имеется направляющая шпонка поз. *18*. Регулирование первоначальной силы нажатия пружины на ролик производится с помощью гайки поз. *16*. К трущимся поверхностям деталей ролика через каналы оси поз. *8* подводится смазка.**

**Цилиндр поз. *2* крепится к корпусу поз. *1* шестью шпильками поз. *17* и гайками поз. *15*. Шесть нижних отверстий корпуса предназначены для крепления роликового амортизатора к раме или станине агрегата.**

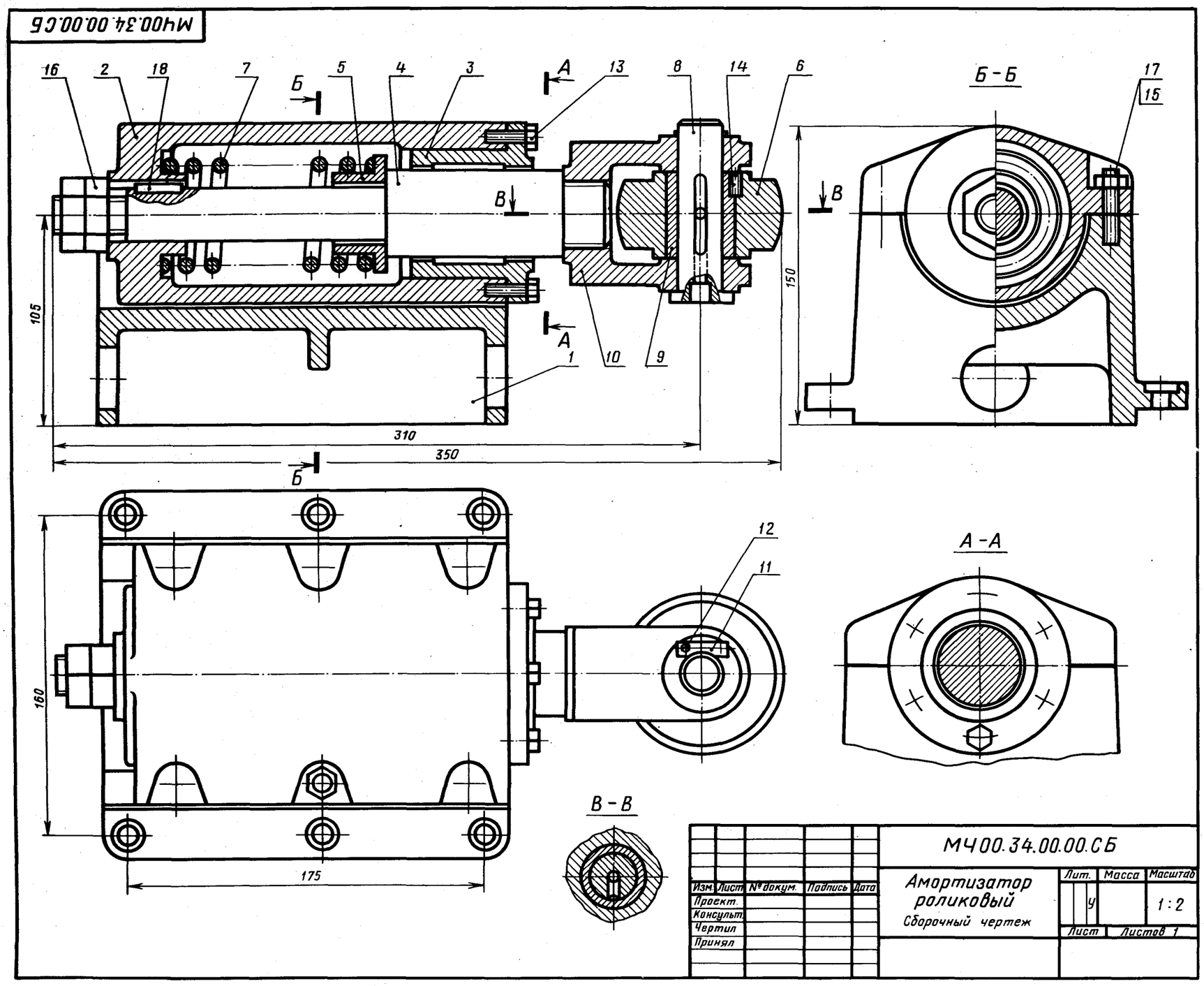
### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *4*, *6* ... *8*, *10*. Деталь поз. *1* или поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.**

**Материал деталей поз. *1* ... *3*, *6*, *10* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *4*, *5*, *8*, *9*, *11* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.**

### Ответьте на вопросы:

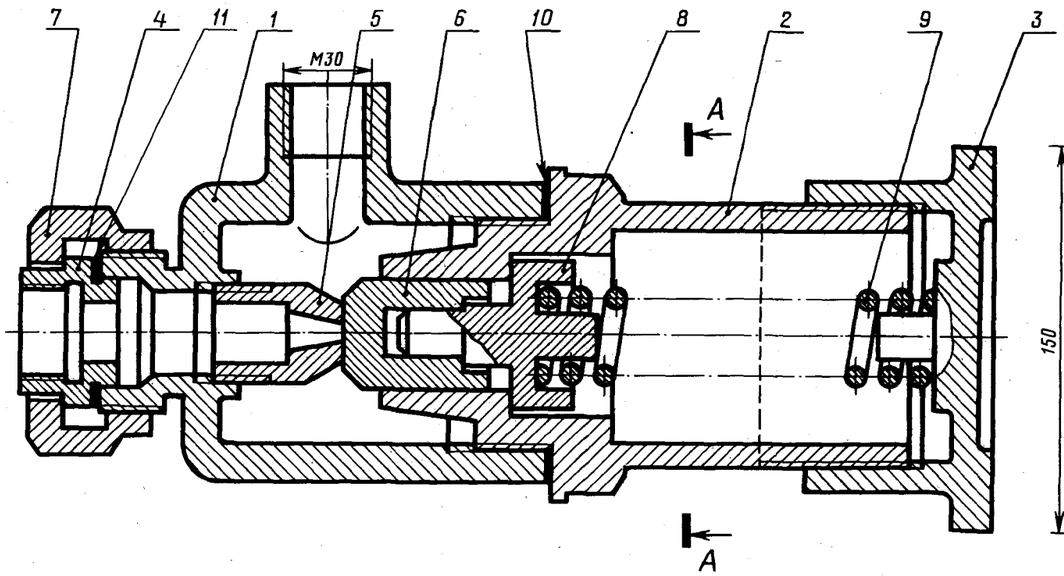
1. **Покажите контур детали поз. *2*.**
2. **На каких изображениях видна деталь поз. *4*?**
3. **Сколько отверстий под болты имеется в детали поз. *3*?**

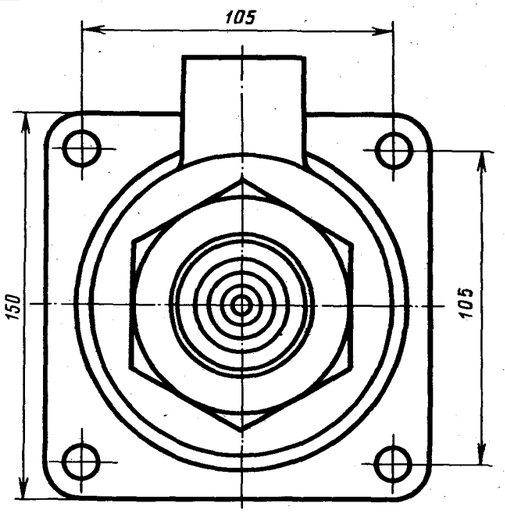



| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.34.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Амортизатор роликовый | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

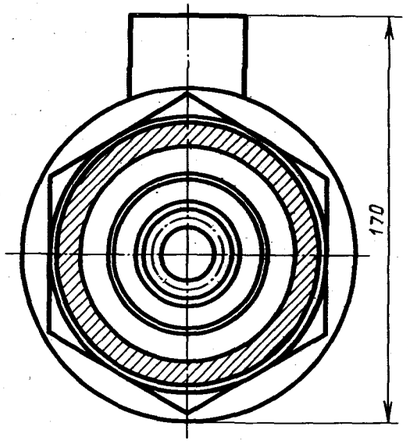
## 35. КЛАПАН ОБРАТНЫЙ

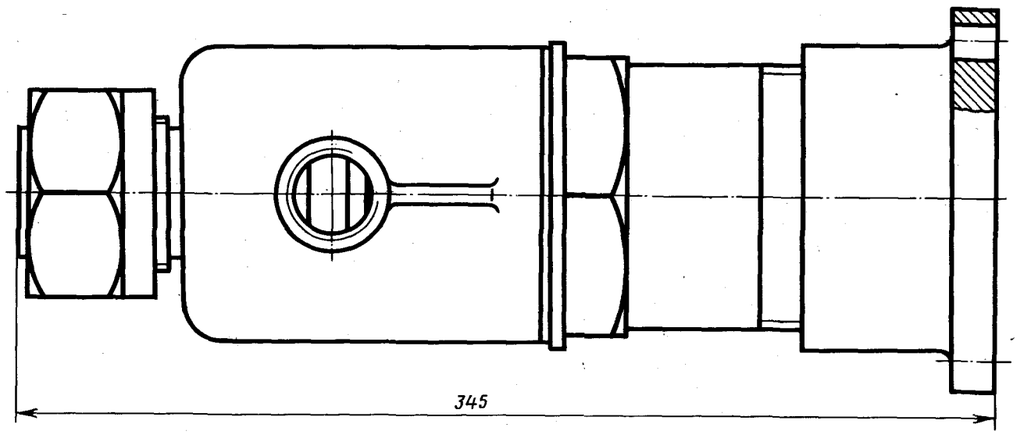
МЧ00.35.00.00.СБ




A–A




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.35.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Клапан обратный<br>Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | у | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.35.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.35.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.35.00.02 | Цилиндр | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.35.00.03 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.35.00.04 | Седло | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.35.00.05 | Конус | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.35.00.06 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.35.00.07 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.35.00.08 | Тарелка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.35.00.09 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *10* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 1 | |
| | | *11* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 1 | |

В гидравлических системах, где необходимо свободно пропускать жидкость только в одном направлении, применяют обратные клапаны.

Клапан имеет запорный элемент, состоящий из деталей поз. *6*, *8*, *9*. Под действием избыточного давления жидкости, поступающей через отверстия в деталях поз. *4*, *5*, клапан поз. *6* отходит и пропускает жидкость в полость корпуса поз. *1* и далее в магистраль. При прекращении подачи жидкость обратно из полости корпуса поз. *1* пройти не может, так как пружина поз. *9* возвратит клапан поз. *6* в исходное положение.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*.

Материал деталей поз. *1* ... *3*, *7* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *4* ... *6*, *8* — Ст 5 ГОСТ 380—71, детали поз. *9* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите детали, которые видны в круглом отверстии на виде сверху.
2. Имеются ли на данном чертеже местные разрезы?
3. Покажите контур детали поз. *2* на разрезе *А—А*.

*2-е деталирование*

## 36. РОЛИК РЕГУЛИРУЕМЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.36.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.36.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.36.00.02 | Стойка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.36.00.03 | Ролик | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.36.00.04 | Клин | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.36.00.05 | Ось | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.36.00.06 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.36.00.07 | Винт М20 | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.36.00.08 | Болт М16 | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Винт М6×16.58 ГОСТ 1477—84 | 2 | |
| | | *10* | | Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *11* | | Гайка М16.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *12* | | Шпилька М12×25.58 ГОСТ 22034—76 | 2 | |

Роликовое устройство применяется при транспортировке листового материала, который перекатывается по роликам.

Корпус поз. *1* прикрепляется к раме машины четырьмя болтами (рама и болты на чертеже не показаны).

При вращении винта поз. *7* клин поз. *4* будет скользить по наклонной плоскости корпуса, в результате чего стойка поз. *2* с роликом поз. *3* будет подниматься или опускаться. После установки ролика на нужном уровне стойку закрепляют болтами поз. *8* и гайками поз. *11*. Ролик вращается на оси поз. *5*, которая фиксируется на стойке винтами поз. *9*.

К трущимся поверхностям ролика и оси по отверстиям и специальным канавкам в оси поступает густая смазка из масленки. Масленка запрессовывается в отверстие оси поз. *5* (на чертеже не показана).

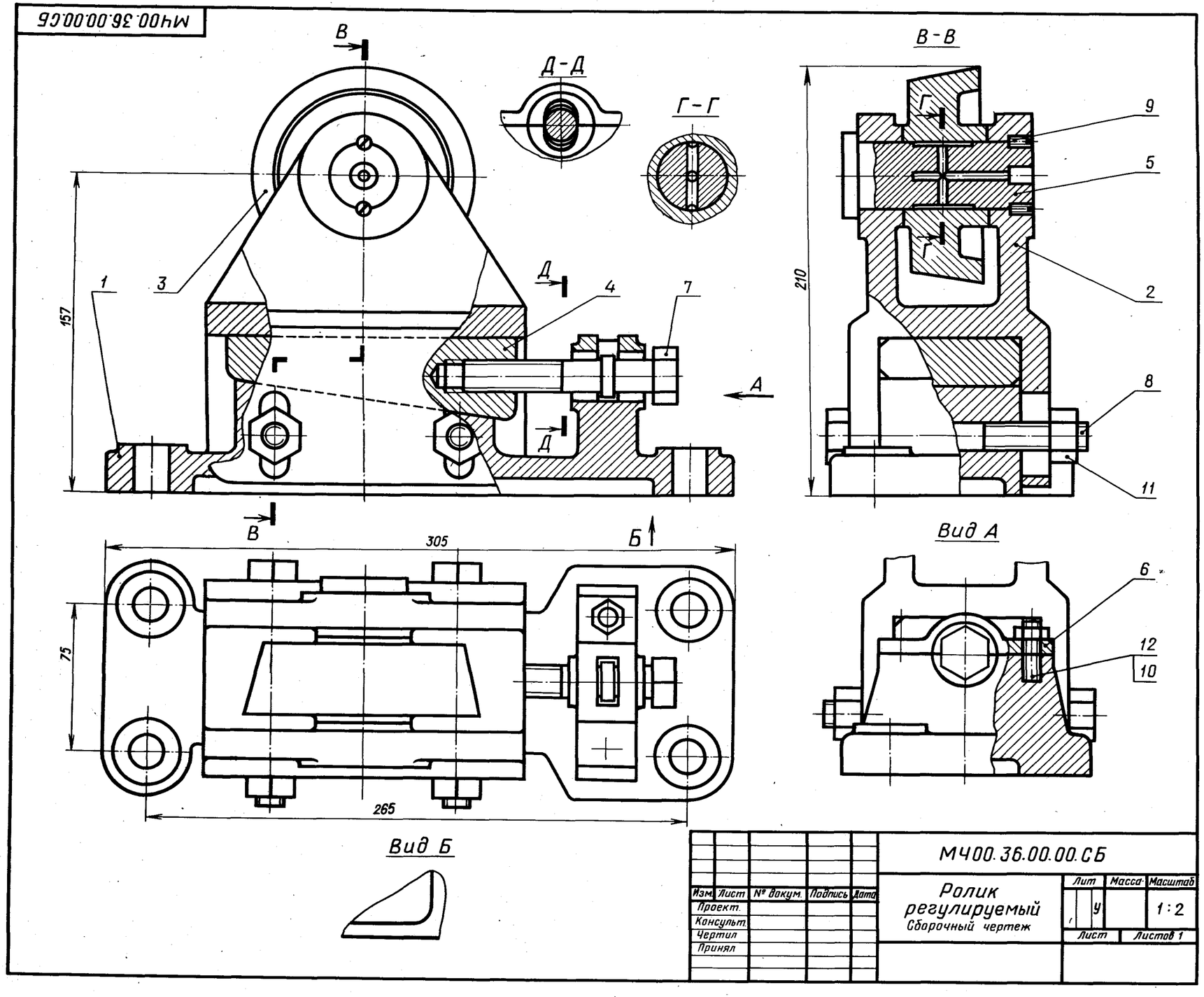
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*. Деталь поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

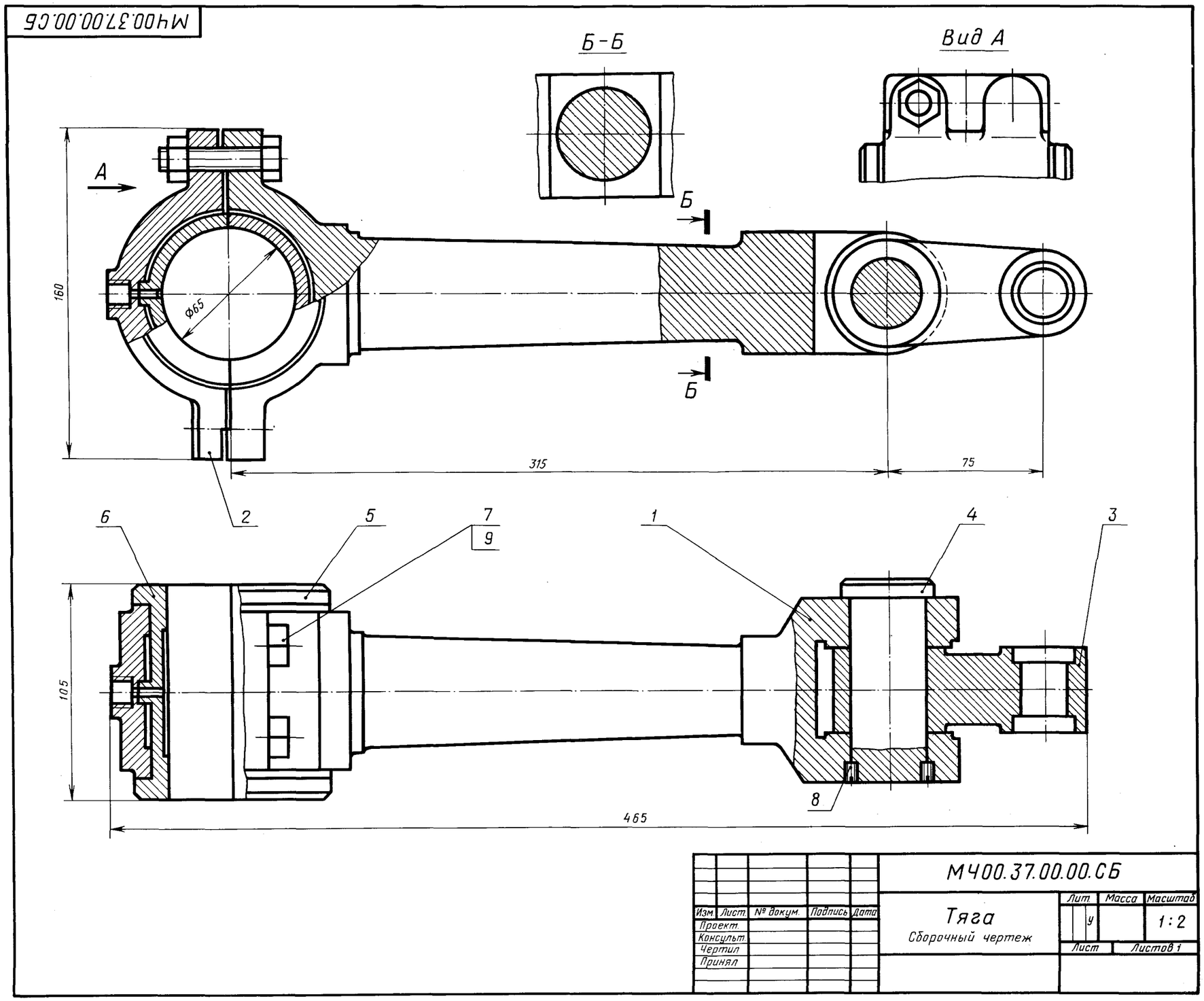
Материал деталей поз. *1* ... *4*, *6* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *5*, *7*, *8* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите все детали, которые изображены на виде *А*.
2. Покажите на разрезе *В—В* контур детали поз. *4*.
3. Покажите место установки масленки.




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.36.00.00.СБ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Ролик регулируемый Сборочный чертеж | Лит. У | Масса | Масштаб 1:2 |
| Консульт. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Чертил | | | | | | | |
| Принял | | | | | | | |




*1-е деталирование*

**37. ТЯГА**

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.37.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.37.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.37.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.37.00.03 | Серьги | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.37.00.04 | Ось | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.37.00.05 | Вкладыш | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.37.00.06 | Вкладыш | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Болт М14×60.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *8* | | Винт М6×8.58 ГОСТ 1477—84 | 2 | |
| | | *9* | | Гайка М14.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |

Тяга является промежуточным звеном механизмов различных машин.

Тяга состоит из корпуса поз. *1* и крышки поз. *2*. Для уменьшения износа поверхностей вкладышей поз. *5*, *6*, подвергающихся в процессе работы трению, через отверстия в крышке и вкладыше подводится густая смазка.

Серьга поз. *3* может вращаться вокруг оси поз. *4*, закрепленной в корпусе винтами поз. *8*. Серьгой поз. *3* тяга соединяется с другими механизмами.

**Задание**

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1* ... *3* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, детали поз. *4* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *5*, *6* — Бр03Ц12С5 ГОСТ 613—79.

**Ответьте на вопросы:**

1. Какую форму имеет средняя часть корпуса поз. *1*?
2. На каких изображениях видна деталь поз. *2*?
3. Для какой цели предназначена канавка вкладыша поз. *6*?

Долгопрудненский авиационный техникум
Электронная библиотека
Козловский Александр Юрьевич
141702 Россия Московская обл.
г. Долгопрудный, пл. Собина, 1
Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat_te@mail.ru
Site: gosdat.ru

## 38. ПРИБОР КОНТРОЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| A1 | | | МЧ00.38.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| A3 | | *1* | МЧ00.38.00.01 | Корпус | 1 | |
| A3 | | *2* | МЧ00.38.00.02 | Рычаг | 1 | |
| A3 | | *3* | МЧ00.38.00.03 | Оправка | 1 | |
| A4 | | *4* | МЧ00.38.00.04 | Шток | 1 | |
| A4 | | *5* | МЧ00.38.00.05 | Кронштейн | 1 | |
| A4 | | *6* | МЧ00.38.00.06 | Стойка | 1 | |
| A4 | | *7* | МЧ00.38.00.07 | Втулка | 1 | |
| A4 | | *8* | МЧ00.38.00.08 | Диск | 1 | |
| A4 | | *9* | МЧ00.38.00.09 | Ось | 1 | |
| A4 | | *10* | МЧ00.38.00.10 | Ось | 1 | |
| A4 | | *11* | МЧ00.38.00.11 | Шайба | 1 | |
| A4 | | *12* | МЧ00.38.00.12 | Плита | 1 | |
| A4 | | *13* | МЧ00.38.00.13 | Пружина | 1 | |
| A4 | | *14* | МЧ00.38.00.14 | Шарик | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *15* | | Болт М8×35.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *16* | | Винт М10×12.58 ГОСТ 1476—84 | 1 | |
| | | *17* | | Винт М10×25.58 ГОСТ 1482—84 | 1 | |
| | | *18* | | Винт А.М10×20.58 ГОСТ 1491—80 | 1 | |
| | | *19* | | Винт М6×12.58 ГОСТ 1483—84 | 1 | |
| | | *20* | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *21* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *22* | | Шплинт 4×25-001 ГОСТ 397—79 | 2 | |
| | | *23* | | Шпилька М10×30.58 ГОСТ 22032—76 | 4 | |

Контрольный прибор предназначен для контроля остаточных деформаций упругого стопорного кольца (на чертеже кольцо изображено тонкой линией).

Диск с кольцом вставляют в плиту поз. *12*. При опускании рычага поз. *2* нижний конический конец оправки поз. *3* входит в проверяемое кольцо и разводит его до диаметра оправки. При подъеме рычага кольцо упирается в кронштейн поз. *5* и соскальзывает с оправки. В верхнем положении шток поз. *4* фиксируется шариком поз. *14*, который поджимается в углубление штока пружиной поз. *13*.

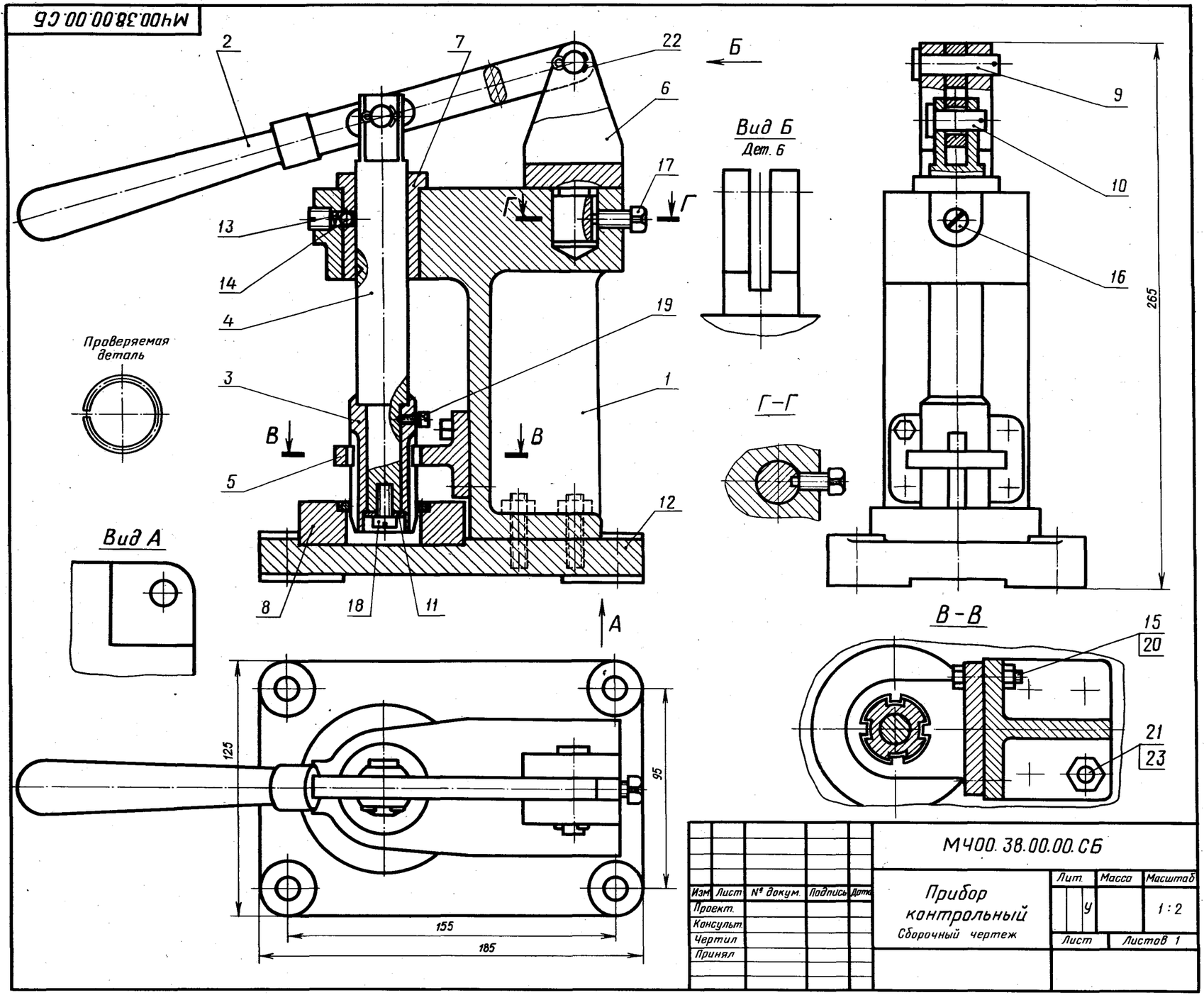
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*, *12*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *3*, *5*, *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *4*, *7* ... *12* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *13* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Может ли деталь поз. *6* вращаться вокруг своей оси?
2. Покажите контур детали поз. *5*.
3. Назовите все детали, которые видны на виде сверху.



## 39. КЛАПАН ПИТАТЕЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.39.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.39.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.39.00.02 | Вилка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.39.00.03 | Гайка | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.39.00.04 | Пробка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.39.00.05 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.39.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.39.00.07 | Рычаг | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.39.00.08 | Ось | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.39.00.09 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Болт М8×60.58<br>ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *11* | | Винт М6×14.58<br>ГОСТ 1476—84 | 1 | |
| | | *12* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *13* | | Кольцо СГ 23-14-5<br>ГОСТ 6418—81 | 4 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *14* | | Картон Б 3<br>ГОСТ 6659—83 | 1 | |

**Клапан предназначен для свободного периодического пропуска воды в одном направлении. Для этого нажимают рычаг поз. *7*, который поворачивается вокруг оси поз. *8*. Вследствие этого коническая поверхность клапана поз. *5*, плотно притертая к коническому гнезду корпуса поз. *1*, отойдет от гнезда вниз и откроет проход для воды. Пружина поз. *9* при этом будет сжиматься. После снятия усилия с рычага пружина разожмется и клапан закроет отверстие. В месте выхода клапана из корпуса предусмотрено сальниковое уплотнение из колец поз. *13*. Кольца поджимаются втулкой поз. *6* и гайкой поз. *3*.**

### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*, *7*, *9*.**
**Материалы деталей поз. *1* ... *4* — Сталь 15 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *5* ... *8* — Ст 5 ГОСТ 380—71, детали поз. *9* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Видны ли детали поз. *5* и поз. *7* на виде слева?**
2. **Покажите на данном чертеже местные разрезы.**
3. **Покажите контур детали поз. *2* на виде слева.**

МЧ00.39.00.00.СБ

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.39.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Клапан питательный<br>Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

*2-е деталирование*

## 40. РОЛИК НАТЯЖНОЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.40.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.40.00.01 | Рама | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.40.00.02 | Ролик | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.40.00.03 | Ползун | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.40.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.40.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.40.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.40.00.07 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.40.00.08 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.40.00.09 | Винт | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.40.00.10 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *11* | | Болт М14×40.58 ГОСТ 7798—70 | 6 | |
| | | *12* | | Болт М16×45.58 ГОСТ 7798—70 | 12 | |
| | | *13* | | Кольцо СГ 88-69-7 ГОСТ 6418—81 | 1 | |
| | | *14* | | Шарикоподшипник 208 ГОСТ 8338—75 | 2 | |

**Натяжной ролик предназначен для натяжения ремней в клиноременных передачах.**

**Основанием ролика служит рама поз. *1*, закрепленная 12 болтами на месте установки. На цилиндрическую часть ползуна поз. *3* устанавливают два шарикоподшипника поз. *14*, на которых свободно вращается ролик поз. *2*. Перемещение ползуна в направляющих пазах рамы осуществляется при помощи винта поз. *9*. При вращении винта гайка поз. *7* перемещается и через пружину поз. *10* воздействует на ползун.**

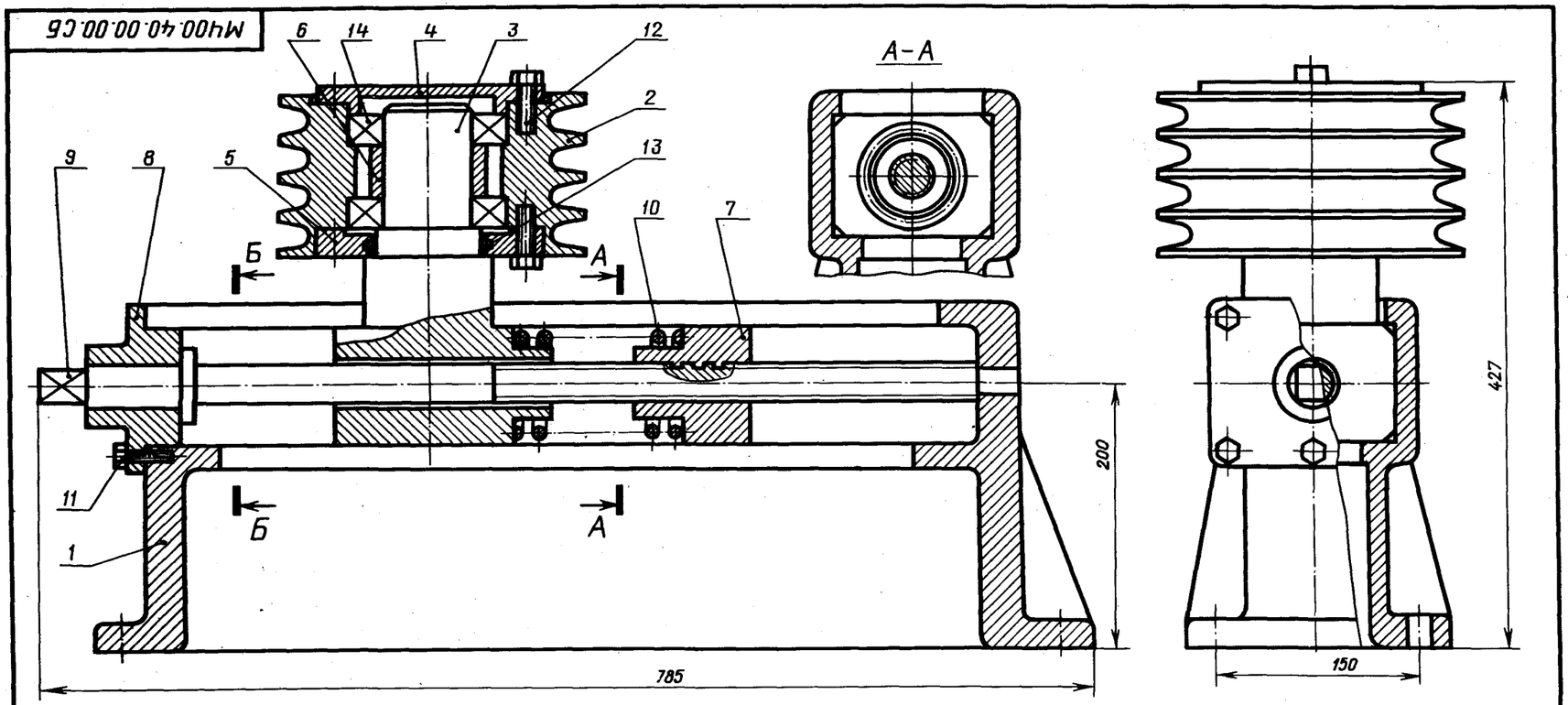
### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *3*, *5*, *7* ... *10*. Деталь поз. *1* или поз. *3* изобразить в аксонометрической проекции.**

**Материал детали поз. *1* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *2* ... *5*, *7*, *8* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *6*, *9* — Ст 5 ГОСТ 380—71, детали поз. *10* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Назовите все детали, которые видны на разрезах *А—А* и *Б—Б*.**
2. **Покажите контур детали поз. *3*.**
3. **Сколько отверстий в детали поз. *8*?**




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.40.00.00.СБ. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Ролик натяжной Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:4 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 41. КРАН УГЛОВОЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.41.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.41.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.41.00.02 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.41.00.03 | Шпиндель | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.41.00.04 | Гайка накидная | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.41.00.05 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.41.00.06 | Рукоятка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *8* | | Кольцо СГ 8-10-3<br>ГОСТ 6418—81 | 4 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *9* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 1 | |

**Угловой кран предназначен для перекрытия пара, поступающего из парового котла через штуцер поз. *2* к рабочему органу. Чтобы не было утечки пара предусмотрено сальниковое уплотнение из колец поз. *8*, которые при затяжке накидной гайкой поз. *4* плотно прилегают к шпинделю поз. *3*. Для этой же цели служит прокладка поз. *9* между корпусом поз. *1* и штуцером.**

### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.**
**Материал деталей поз. *1* ... *5* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74, детали поз. *6* — Ст6 ГОСТ 380—71.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Видны ли детали поз. *2* и поз. *3* на виде слева?**
2. **Какие детали на чертеже имеют резьбу?**
3. **Покажите контуры детали поз. *1*.**

МЧ00.41.00.00.СБ

Кран угловой
Сборочный чертеж

| Изм. | Лист | N докум. | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | |
| Консульт. | | | | |
| Чертил | | | | |
| Принял | | | | |

| Лит. | Масса | Масштаб |
|---|---|---|
| У | | 1:1 |
| Лист | Листов 1 | |

## 42. УСТРОЙСТВО НАТЯЖНОЕ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.42.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.42.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.42.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.42.00.03 | Вкладыш | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.42.00.04 | Ползун | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.42.00.05 | Втулка | 1 | |
| А3 | | *6* | МЧ00.42.00.06 | Винт | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.42.00.07 | Фланец | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Болт М8×35.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *9* | | Винт М6×16.58 ГОСТ 1477—84 | 2 | |
| | | *10* | | Шпилька М10×50.58 ГОСТ 22034—76 | 4 | |
| | | *11* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |

Натяжное устройство предупреждает провисание под нагрузкой ленты или цепи конвейера. Натяжение ленты осуществляется горизонтальным перемещением ползуна поз. *4* по направляющим корпуса поз. *1*. Крышка поз. *2* крепится к корпусу четырьмя шпильками поз. *10*. Корпус закрепляется на раме конвейера четырьмя болтами. Через резьбовое отверстие ползуна подается смазка, которая по канавкам распределяется по всей трущейся поверхности вкладыша поз. *3*. Винты поз. *9* предохраняют вкладыши от проворачивания.

### Задание

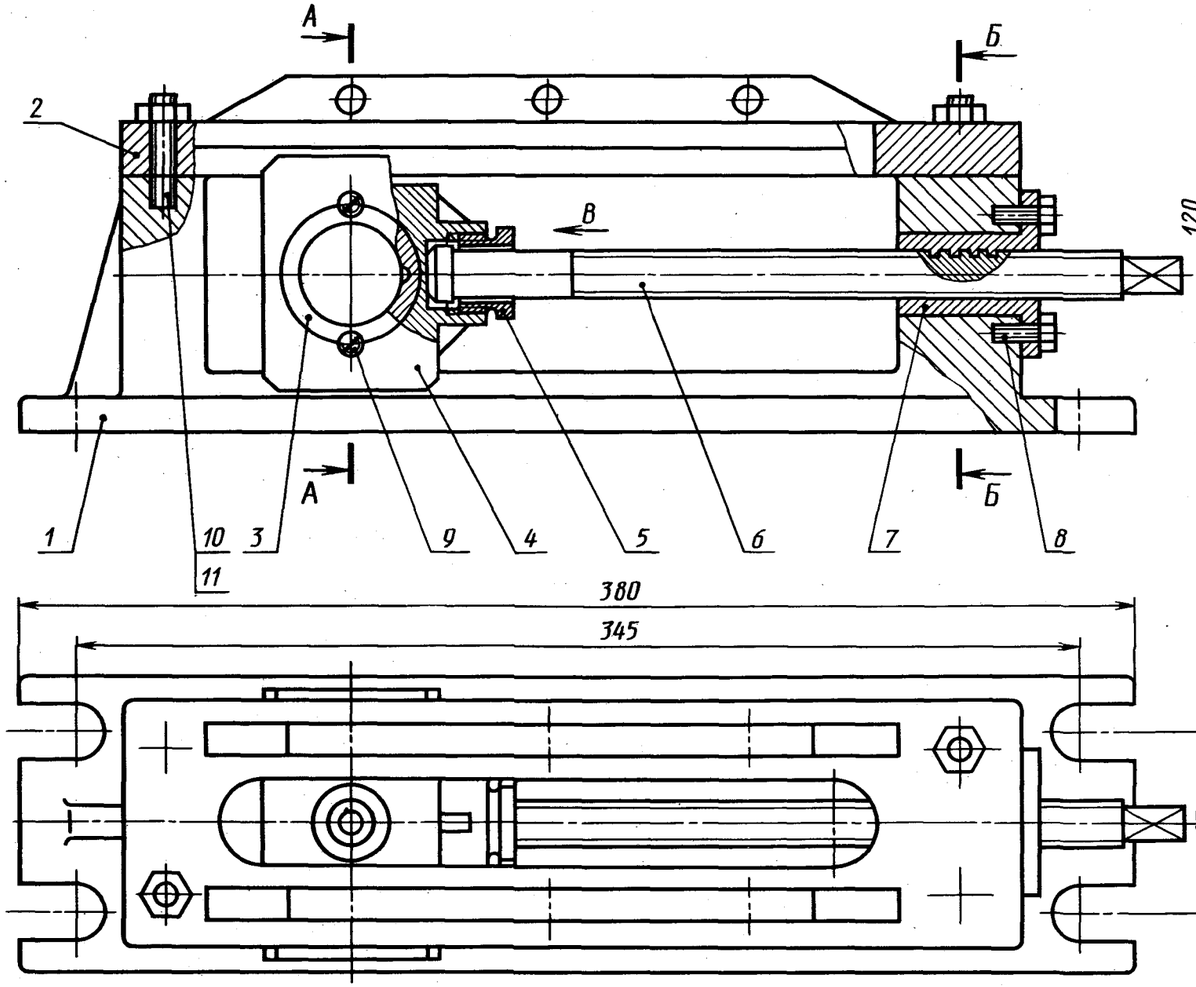
Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.

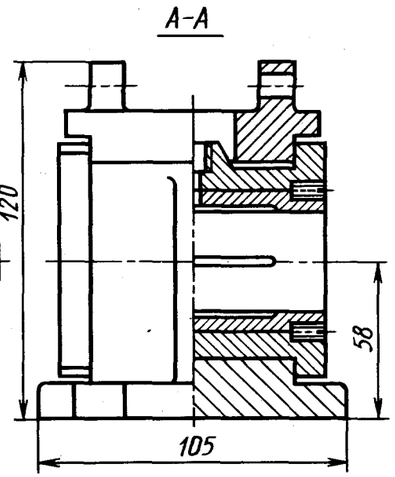
Материал деталей поз. *1*, *2*, *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, поз. *3*, *5* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, поз. *6*, *7* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

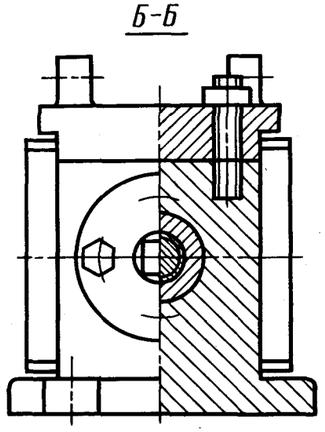
### Ответьте на вопросы:

1. Как вынуть деталь поз. *4* из натяжного устройства?
2. Сколько отверстий в детали поз. *7*?
3. Покажите контур детали поз. *4*.

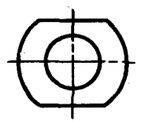
МЧ00.42.00.00.СБ




Вид В
дет. 5



| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.42.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Устройство натяжное Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 43. ОПОРА ПОДШИПНИКОВАЯ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.43.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.43.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.43.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.43.00.03 | Вкладыш | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.43.00.04 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.43.00.05 | Вкладыш | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.54.00.06 | Вкладыш нижний | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Винт М6×14.58<br>ГОСТ 1477—84 | 2 | |
| | | *8* | | Гайка М10.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *9* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *10* | | Шпилька М10×25.58<br>ГОСТ 22034—76 | 4 | |
| | | *11* | | Шпилька М12×30.58<br>ГОСТ 22034—76 | 2 | |
| | | *12* | | Штифт 10h8×12<br>ГОСТ 3128—70 | 1 | |

Подшипниковая опора служит для установки в нее вращающихся валов машин и механизмов. Она состоит из двух подшипников скольжения, установленных в одном корпусе поз. *1*. Концы валов (цапфы) располагаются в подшипниках и при вращении скользят по внутренней поверхности бронзовых вкладышей поз. *3*, *5*, *6*, закрепленных в корпусе крышками поз. *2*, *4*. Для уменьшения трения и изнашивания трущиеся поверхности смазываются маслом, которое подается из масленок, ввинчиваемых в резьбовые отверстия крышек. Масло через отверстия во вкладышах поз. *3* и поз. *5* растекается по канавкам вкладышей. Для предотвращения осевого сдвига вкладыши поз. *5* и поз. *6* имеют буртики, а вкладыш поз. *3* закрепляется винтами поз. *7*. Отверстия для винтов сверлятся при сборке.

**Задание**

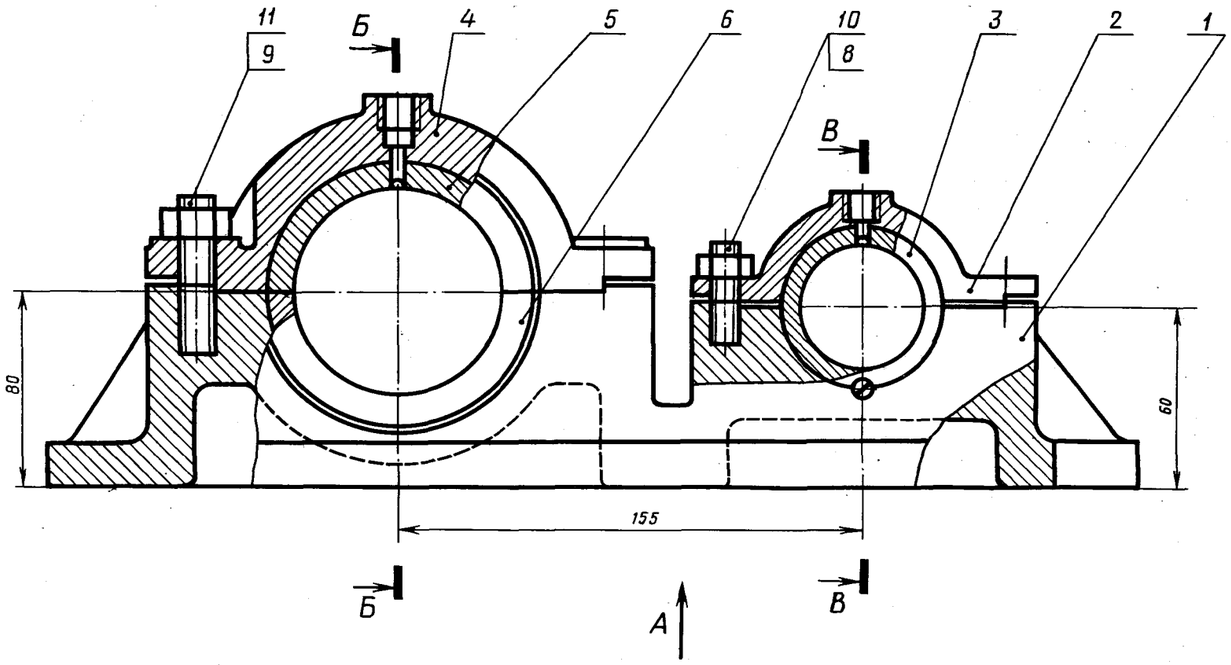
Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

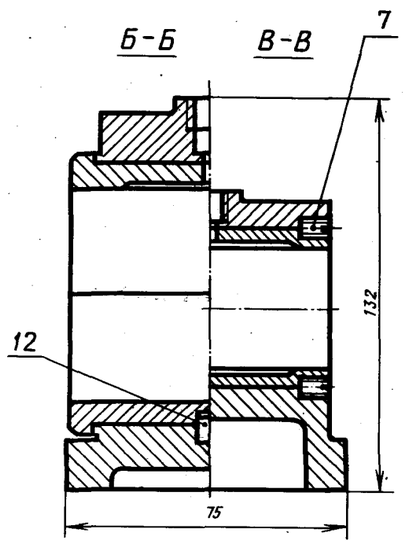
Материал деталей поз. *1*, *2*, *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *5*, *6* — БрА10Мц2Л ГОСТ 493—79.

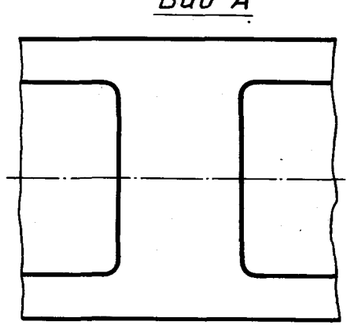
**Ответьте на вопросы:**

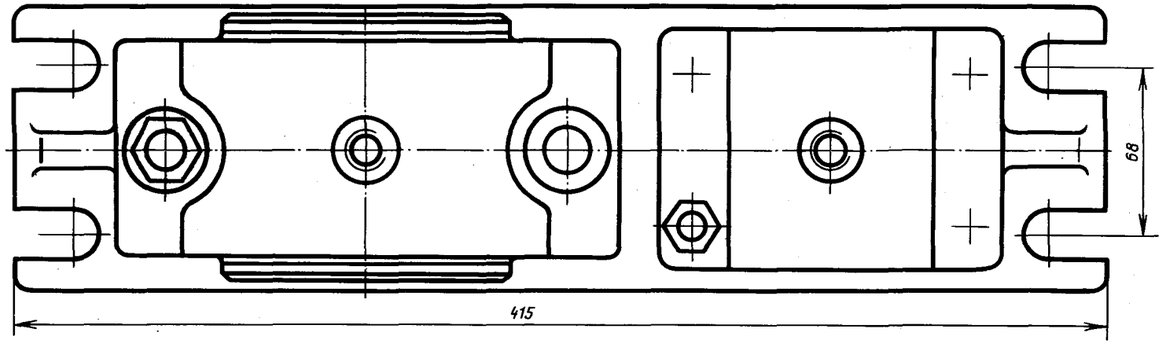
1. Какое назначение канавок во вкладышах?
2. На виде сверху обведите контур детали поз. *5*.
3. Назовите детали, которые не видны на виде сверху.

МЧ00.43.00.00.СБ




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.43.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Опора подшипниковая<br>Сборочный чертеж | Лит | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

*2-е деталирование*

## 44. ЗАЖИМ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.44.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.44.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.44.00.02 | Плита | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.44.00.03 | Зажим | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.44.00.04 | Поршень | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.44.00.05 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *6* | МЧ00.44.00.06 | Цилиндр | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.44.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.44.00.08 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ99.44.00.09 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.44.00.10 | Шток | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.44.00.11 | Пластина | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.44.00.12 | Болт М18 | 4 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.44.00.13 | Крышка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *14* | | Винт А.М10×30.58 ГОСТ 1491—80 | 2 | |
| | | *15* | | Гайка М18.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *16* | | Гайка М22.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *17* | | Кольцо СГ 42-39-5 ГОСТ 6418—81 | 1 | |
| | | *18* | | Кольцо 045-050-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |
| | | *19* | | Кольцо 050-055-30 ГОСТ 9833—73 | 3 | |
| | | *20* | | Шайба 18.01.016 ГОСТ 6958—78 | 4 | |
| | | *21* | | Шайба 22.01.016 ГОСТ 6958—78 | 1 | |

Гидравлический зажим одностороннего действия применяется для закрепления деталей на станках.

Канавки в корпусе поз. *1* и выступ на плите поз. *2* позволяют устанавливать зажим в одно из трех положений. В корпусе расположен зажим поз. *3*, соединенный со штоком поз. *10* поршня поз. *4*. Под давлением жидкости, поступающей от гидропривода через верхнее резьбовое отверстие крышки поз. *5*, зажим совместно с цилиндром поз. *6*, крышкой и гайкой поз. *8* перемещается влево и фиксирует обрабатываемую деталь. При отключении гидропривода пружина поз. *7* возвращает зажим в исходное положение.

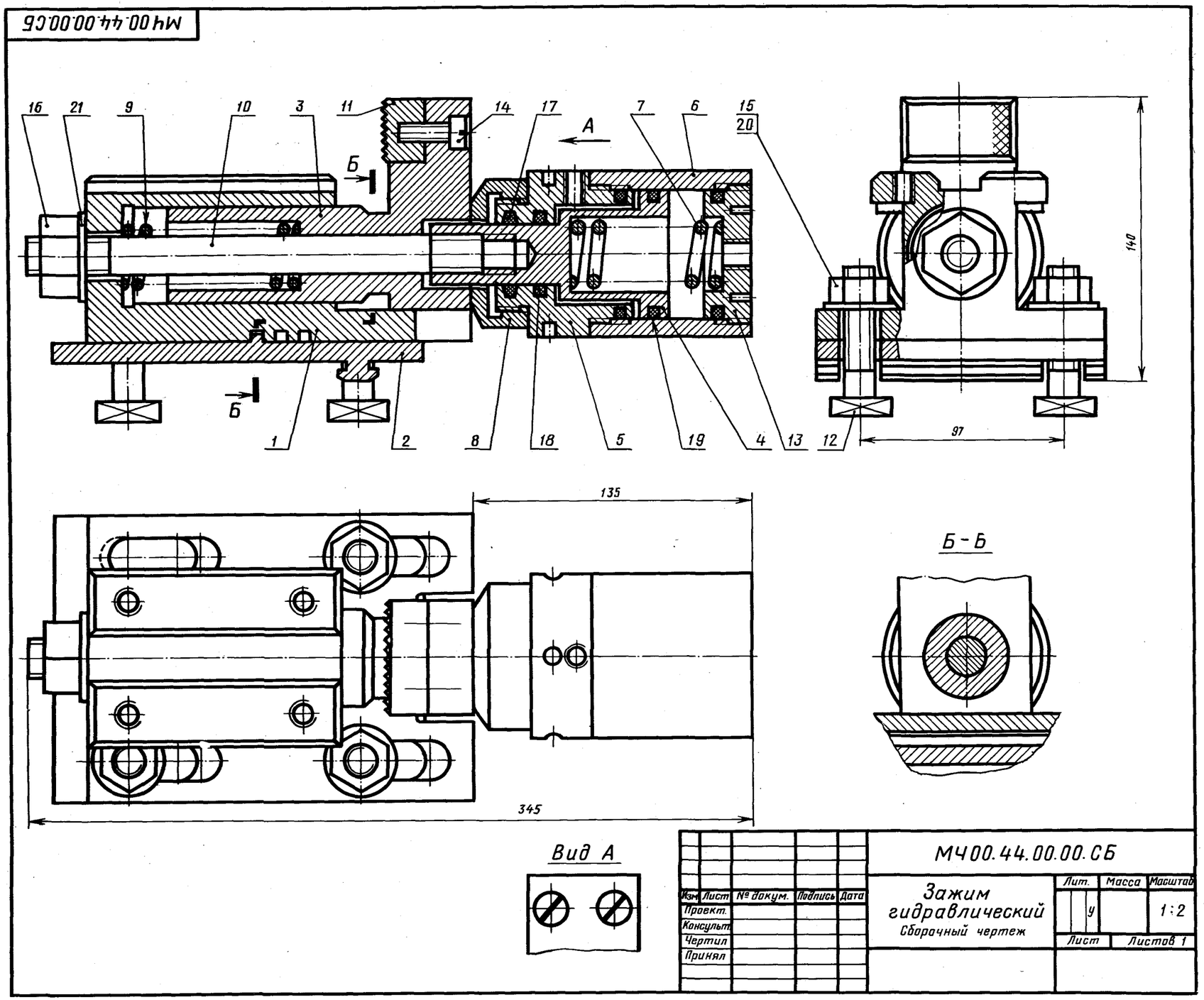
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*, *11*. Деталь поз. *1* или поз. *3* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1* ... *6*, *8*, *13* — Сталь 15 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *7*, *9* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, деталей поз. *10* ... *12* — Ст 5 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите все детали на разрезе *Б—Б*.
2. Какую форму имеют головки болтов поз. *12*?
3. Какое назначение четырех несквозных отверстий в детали поз. *5*?




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.44.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Зажим гидравлический Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 45. КОНДУКТОР

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечания |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.45.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | 1 | МЧ00.45.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | 2 | МЧ00.45.00.02 | Призма | 1 | |
| А3 | | 3 | МЧ00.45.00.03 | Вилка | 1 | |
| А4 | | 4 | МЧ00.45.00.04 | Упор | 1 | |
| А4 | | 5 | МЧ00.45.00.05 | Втулка | 2 | |
| А4 | | 6 | МЧ00.45.00.06 | Винт | 1 | |
| А4 | | 7 | МЧ00.45.00.07 | Рукоятка | 1 | |
| А4 | | 8 | МЧ00.45.00.08 | Ось | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | 9 | | Болт М8×40.58<br>ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | 10 | | Винт М5×12.58<br>ГОСТ 1476—84 | 1 | |
| | | 11 | | Винт М5×14.58<br>ГОСТ 1476—84 | 2 | |
| | | 12 | | Винт М10×25.58<br>ГОСТ 1481—84 | 1 | |

Кондуктор данной конструкции предназначен для сверления двух отверстий в детали цилиндрической формы (на чертеже деталь показана тонкой сплошной линией).

Обрабатываемая деталь устанавливается в крестообразном отверстии призмы поз. *2*. Зажим детали в кондукторе осуществляется с помощью шарнирной вилки поз. *3* и винта поз. *6*.

Для направления режущего инструмента (сверла) вдоль осей отверстий устанавливаются кондукторные втулки поз. *5*. Направляющий корпус поз. *1* крепится к станку четырьмя болтами. Продольным перемещением призма устанавливается относительно инструмента и закрепляется винтом поз. *12*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*.

Материал деталей поз. *1* ... *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *5*, *6*, *8* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Ст 3 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите все детали, изображенные на разрезе *А—А*.
2. Покажите контур детали поз. *1*.
3. Сколько местных разрезов на данном чертеже?

## 46. РОЛИК УПОРНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.46.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.46.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.46.00.02 | Вилка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.46.00.03 | Ось | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.46.00.04 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.46.00.05 | Пружина | 1 | |
| А3 | | *6* | МЧ00.46.00.06 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.46.00.07 | Ролик | 1 | |
| А3 | | *8* | МЧ00.46.00.08 | Стержень | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.46.00.09 | Планка | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.46.00.10 | Шайба | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *11* | | Болт М10×35.58<br>ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *12* | | Болт М16×80.58<br>ГОСТ 7798—70 | 6 | |
| | | *13* | | Винт М12×25.58<br>ГОСТ 1477—84 | 1 | |
| | | *14* | | Винт М20×35.58<br>ГОСТ 1482—84 | 1 | |
| | | *15* | | Гайка М56.02<br>ГОСТ 10605—72 | 1 | |
| | | *16* | | Шпонка 28×16×80<br>ГОСТ 23360—78 | 1 | |

**Упорные ролики служат для направления заготовок, перемещаемых при прокате.**

**Каждый ролик поз. *7* свободно вращается на короткой оси поз. *3*, закрепленной планкой поз. *9* и болтами поз. *11*. Вилка поз. *2* плотно насажена на конец стержня поз. *8*, который может перемещаться в осевом направлении. Регулирование первоначальной силы нажатия пружины поз. *5* на ролик производится гайкой поз. *15*. Для предупреждения поворота стержня имеется направляющая шпонка поз. *16*, прикрепленная к стержню двумя винтами (на чертеже не показаны).**

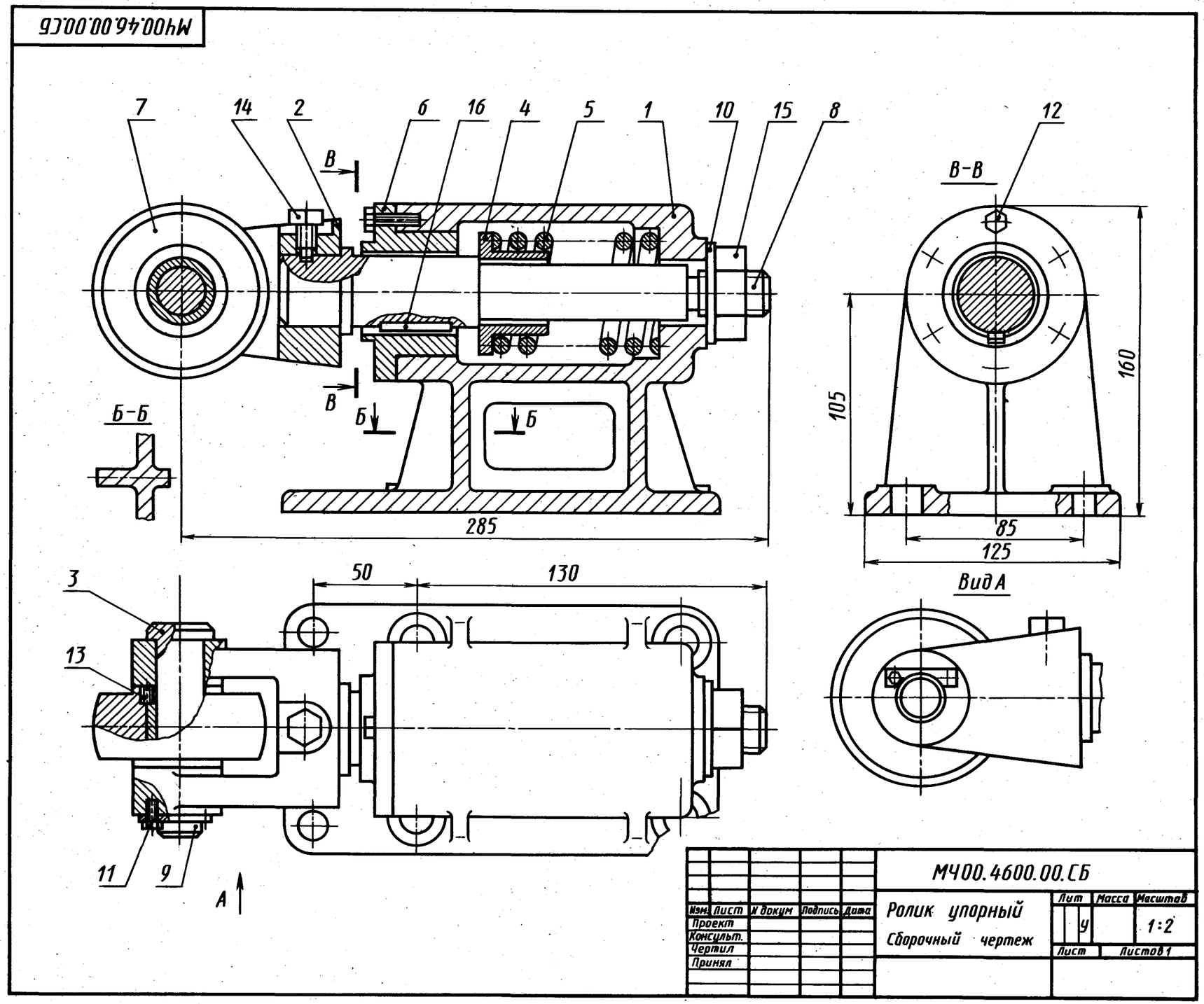
### Задание

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.**

**Материал деталей поз. *1*, *2*, *6* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *4*, *7*, *8* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *5* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *9* — Сталь Ст 3 ГОСТ 380—71.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Сколько отверстий под болты в детали поз. *6*?**
2. **Какое назначение детали поз. *14*?**
3. **Имеются ли на данном чертеже местные разрезы и изображение сечения?**



## 47. ПРИВОД ПОРШНЕВОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.47.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.47.00.01 | Цилиндр | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.47.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.47.00.03 | Вилка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.47.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.47.00.05 | Поршень | 1 | |
| А3 | | *6* | МЧ00.47.00.06 | Пружина | 1 | |
| А3 | | *7* | МЧ00.47.00.07 | Шток | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.47.00.08 | Прокладка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 8 | |
| | | *10* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *11* | | Кольцо 030-035-30<br>ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *12* | | Шпилька М8×25.58<br>ГОСТ 22034—76 | 8 | |
| | | *13* | | Шайба 12.01.016<br>ГОСТ 6958—78 | 1 | |
| | | *14* | | Штифт 5h8×60<br>ГОСТ 3128—70 | 1 | |

Пневматический поршневой привод является исполнительным механизмом одностороннего действия и предназначен для управления заслонкой газовой отсечки нагревательных колодцев.

При включении привода сжатый воздух, поступающий через отверстие крышки поз. *4*, перемещает вправо поршень поз. *5*, и шток поз. *7* с вилкой поз. *3* действует на приводной орган, с которым он соединен. При прекращении подачи сжатого воздуха в цилиндр поз. *1* пружина поз. *6* возвращает поршень привода в исходное положение. В цилиндре имеется отверстие, соединяющее правую его полость с атмосферой.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*.

Материал деталей поз. *1* ... *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *5*, *7* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *6* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. На каких изображениях видна деталь поз. *2*?
2. Сколько отверстий под шпильки имеет деталь поз. *1*?
3. Назовите все детали, изображенные на разрезе *Б—Б*.

МЧ00.47.00.00.СБ

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.47.00.00.СБ | Лит. | Масса | Масштаб |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Привод поршневой пневматический<br>Сборочный чертеж | У | | 1:2 |
| Консульт. | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Чертил | | | | | | | | |
| Принял | | | | | | | | |

## 48. МУФТА БЫСТРОСЪЕМНАЯ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.48.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.48.00.01 | Втулка | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.48.00.02 | Полумуфта наружная | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.48.00.03 | Полумуфта внутренняя | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.48.00.04 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.48.00.05 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.48.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.48.00.07 | Пружина | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.48.00.08 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.48.00.09 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.48.00.10 | Шарик | 6 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.48.00.11 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.48.00.12 | Клапан | 2 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.48.00.13 | Кольцо | 1 | |
| А4 | | *14* | МЧ00.48.00.14 | Кольцо | 1 | |
| А4 | | *15* | МЧ00.48.00.15 | Шайба | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *16* | | Кольцо 070-075-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |

Быстросъемная муфта предназначена для соединения и разъединения труб гидравлических систем. Она состоит из двух полумуфт.

Полумуфта поз. *3* соединяется со станочным приспособлением через переходной штуцер поз. *4*. Полумуфта поз. *2* присоединяется к гидропроводу через переходной штуцер поз. *5*. Полумуфта поз. *3* имеет трапецеидальную проточку на наружном диаметре для шариков поз. *10*. Внутри этой полумуфты расположен клапан поз. *12* с цилиндрическим выступом на торце и пружиной поз. *7*. На полумуфту поз. *2* надета втулка поз. *1*, имеющая накатку на наружной поверхности. Втулка удерживается пружинными кольцами поз. *13* и поз. *14*, шайбой поз. *15* и втулкой поз. *8*, которые распирает пружина поз. *9*. В полумуфте поз. *2* расположены шесть шариков в гнездах, уплотнительное резиновое кольцо поз. *16* и клапан поз. *12* с пружиной поз. *7*, как и в полумуфте поз. *3*.

При разъединенном положении муфты клапаны поз. *12* прижаты пружинами поз. *7* к седлам полумуфт, перекрывая проход жидкости.

### Задание

Выполнить чертежи поз. *1* ... *5*, *9*, *11*, *12*. Деталь поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1* ... *6*, *8*, *11*, *15* — Сталь 40 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *7*, *9*, *13*, *14* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, деталей поз. *10*, *12* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько отверстий в детали поз. *2*?
2. Сколько отверстий в детали поз. *12*?
3. Покажите на всех изображениях контур детали поз. *2*.

*1-е дипломирование*

## 49. ЗАЖИМ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.49.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.49.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.49.00.02 | Губка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.49.00.03 | Винт | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.49.00.04 | Направляющая | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.49.00.05 | Траверса | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.49.00.06 | Рукоятка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.49.00.07 | Кольцо | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Болт М16×100.58<br>ГОСТ 7805—70 | 2 | |
| | | *9* | | Винт А.М10×25.58<br>ГОСТ 1491—80 | 2 | |
| | | *10* | | Гайка М16.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *11* | | Гайка М20.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *12* | | Шайба 20.01.016<br>ГОСТ 6958—78 | 2 | |

Зажим применяется для закрепления труб при нарезании на них резьб. Корпус поз. *1* привертывается двумя болтами к раме станка. Губку поз. *2* винтом поз. *3* можно перемещать по направляющим поз. *4*, сближая или удаляя ее от корпуса. Губка имеет рифление, которое обеспечивает надежное удержание трубы. Для перемещения губки вращают рукоятку поз. *6*. Винты поз. *9* соединяют губку с винтом поз. *3*.

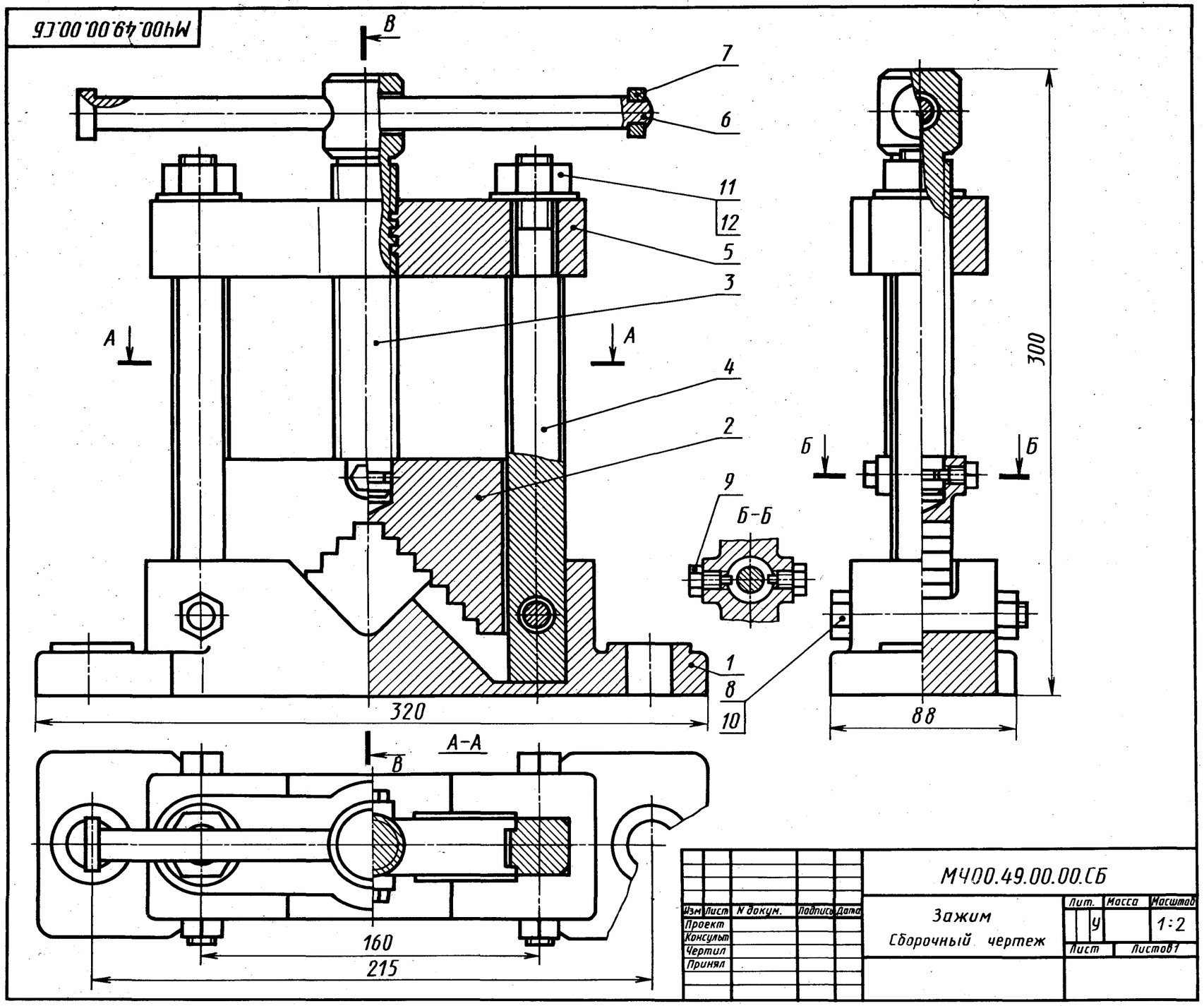
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, поз. *3* ... *5* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74, поз. *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеется ли на детали поз. *5* резьба? Если имеется, то какая?
2. Укажите номера позиций стандартных деталей.
3. Покажите контур детали поз. *1*.




| Изм | Лист | N докум. | Подпись | Дата | МЧ00.49.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект | | | | | Зажим<br>Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 50. УСТРОЙСТВО НАТЯЖНОЕ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.50.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.50.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.50.00.02 | Плита | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.50.00.03 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.50.00.04 | Ползун | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.50.00.05 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.50.00.06 | Винт | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Винт М8×16.58 ГОСТ 1477—84 | 1 | |
| | | *8* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *9* | | Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *10* | | Пресс-масленка ГОСТ 19853—74 | 1 | |
| | | *11* | | Шпилька М10×35.58 ГОСТ 22034—76 | 2 | |
| | | *12* | | Шпилька М12×50.58 ГОСТ 22034—76 | 4 | |

Натяжное устройство используется для устранения провисания ленты или цепи в ленточных или цепных конвейерах.

Оси натяжного барабана или звездочки концами валов (на черт. не показаны) опираются на втулки поз. *1*, расположенные в двух подобных натяжных устройствах. Натяжение осуществляется горизонтальным перемещением ползуна поз. *4* по направляющим корпуса поз. *1*. Вращая винт поз. *6* с прямоугольной резьбой, можно регулировать натяжение ленты или цепи. Корпус крепят к раме конвейера четырьмя болтами, проходящими через удлиненные отверстия. Эти отверстия позволяют производить более точную установку натяжного устройства на раме конвейера. Для уменьшения изнашивания втулки поз. *5* предусмотрена масленка поз. *10*, из которой подводится смазка к трущимся поверхностям. Втулка поз. *5*, установленная в ползуне поз. *4*, фиксируется винтом поз. *7*.

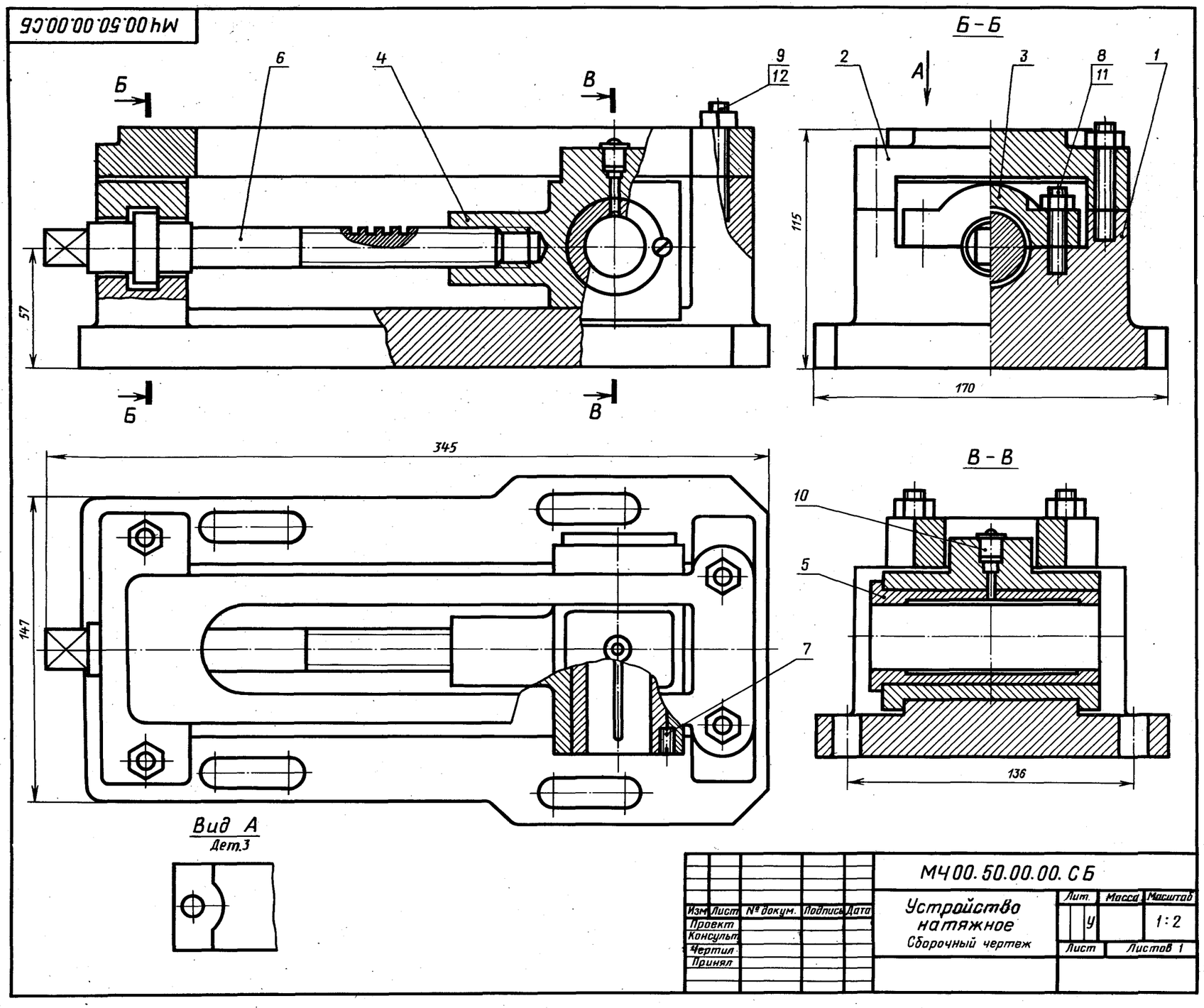
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*. Деталь поз. *1* или поз. *4* изобразить в аксонометрической проекции.

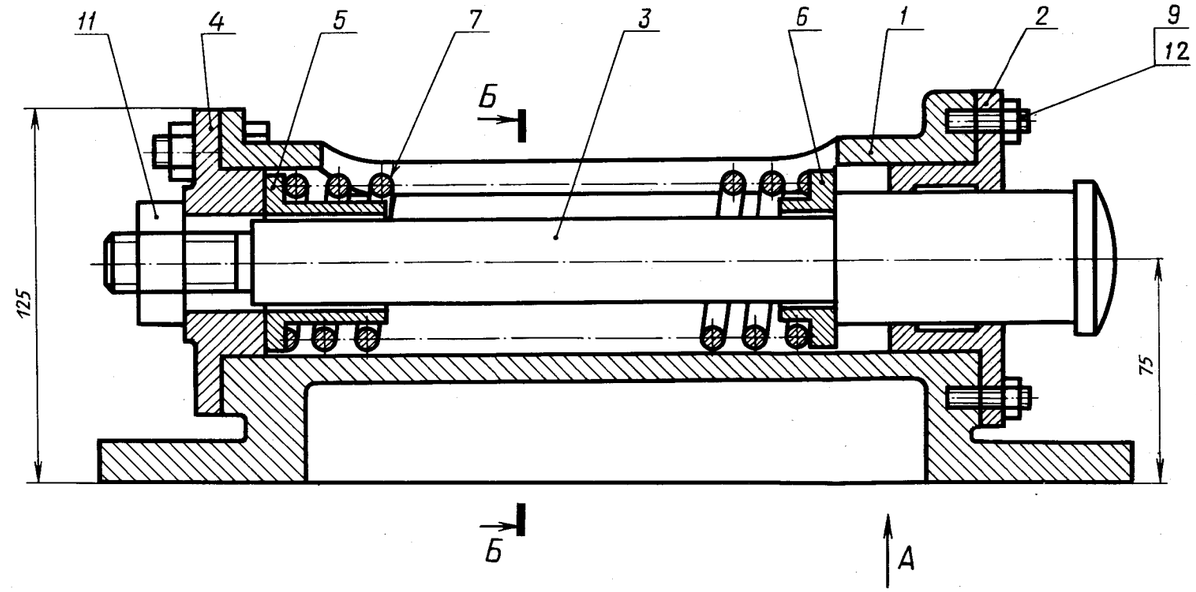
Материал деталей поз. *1* ... *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *5*, *6* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

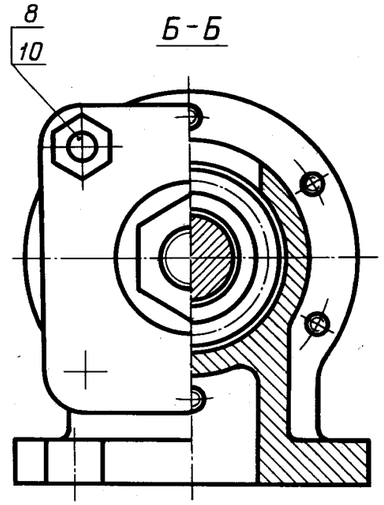
### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *4*.
2. Сколько отверстий в детали поз. *3*?
3. Назовите все детали, изображенные на разрезе *Б—Б*.

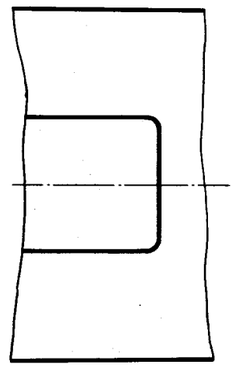


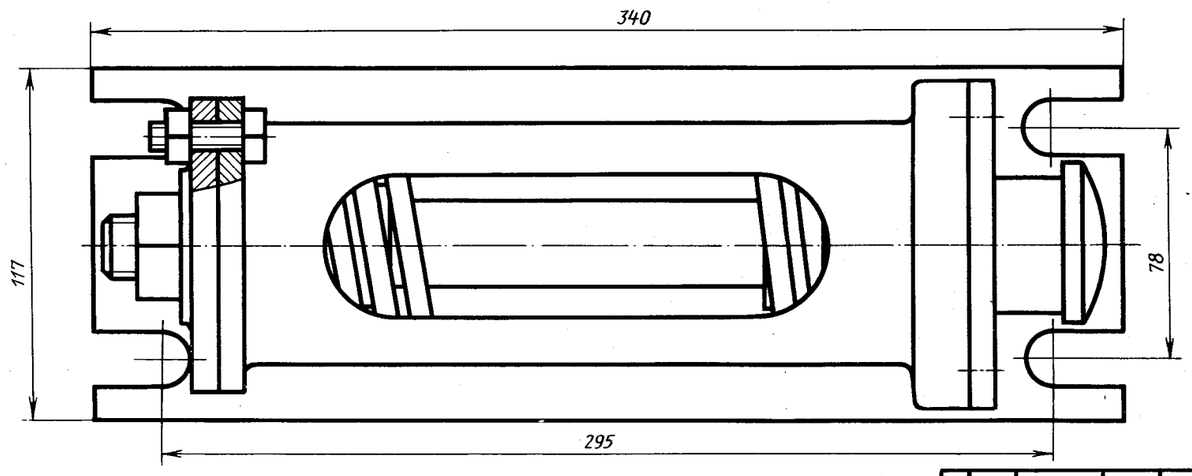
МЧ00.51.00.00.СБ




Вид А






| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.51.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Амортизатор | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | Сборочный чертеж | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 51. АМОРТИЗАТОР

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.51.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.51.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.51.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.51.00.03 | Буфер | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.51.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.51.00.05 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.51.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.51.00.07 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Болт М12×40.58<br>ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *9* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 6 | |
| | | *10* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *11* | | Гайка М24.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *12* | | Шпилька М8×25.58<br>ГОСТ 22034—76 | 6 | |

Амортизатор данной конструкции применяется в автоматических линиях при транспортировке деталей. Деталь, поступающая из загрузочного барабана, ориентируется на транспортирующем устройстве под действием толкателя, который подводит деталь до буфера поз. *3* амортизатора.

Амортизатор крепят на раме транспортирующего устройства четырьмя болтами, которые входят в пазы основания корпуса поз. *1*. Пружина поз. *7* гасит ударные нагрузки, действующие на буфер. Усилие пружины регулируют гайкой поз. *11*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *5*, *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеется ли на чертеже местный разрез?
2. Какую форму имеет деталь поз. *2*, если на нее смотреть слева, и сколько она имеет отверстий?
3. Покажите контур детали поз. *3*.

## 52. КЛАПАН

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.52.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.52.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.52.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.52.00.03 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.52.00.04 | Фланец | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.52.00.05 | Маховичок | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.52.00.06 | Шпиндель | 1 | |
| А4 | | *7* | МС00.52.00.07 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.52.00.08 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.52.00.09 | Прокладка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Гайка М8.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *11* | | Гайка М10.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *12* | | Кольцо СГ 30-19-3<br>ГОСТ 6418—81 | 4 | |
| | | *13* | | Шпилька М8×30.58<br>ГОСТ 22034—76 | 2 | |

Клапан предназначен для пропускания жидкости. При вращении маховичка поз. *5* против часовой стрелки шпиндель поз. *6* с клапаном поз. *8* будет подниматься и пропускать жидкость. Для прекращения подачи жидкости маховичок необходимо вращать по часовой стрелке до отказа.

Для предупреждения утечки жидкости через зазоры между корпусом поз. *1* и деталями поз. *4* и поз. *6* предусмотрено сальниковое уплотнение из колец поз. *12*. Уплотнительные кольца поджимаются фланцем поз. *4*, который крепится шпильками поз. *13* и гайками поз. *10*. Для герметичности между корпусом и крышкой поз. *2* ставится прокладка поз. *9*.

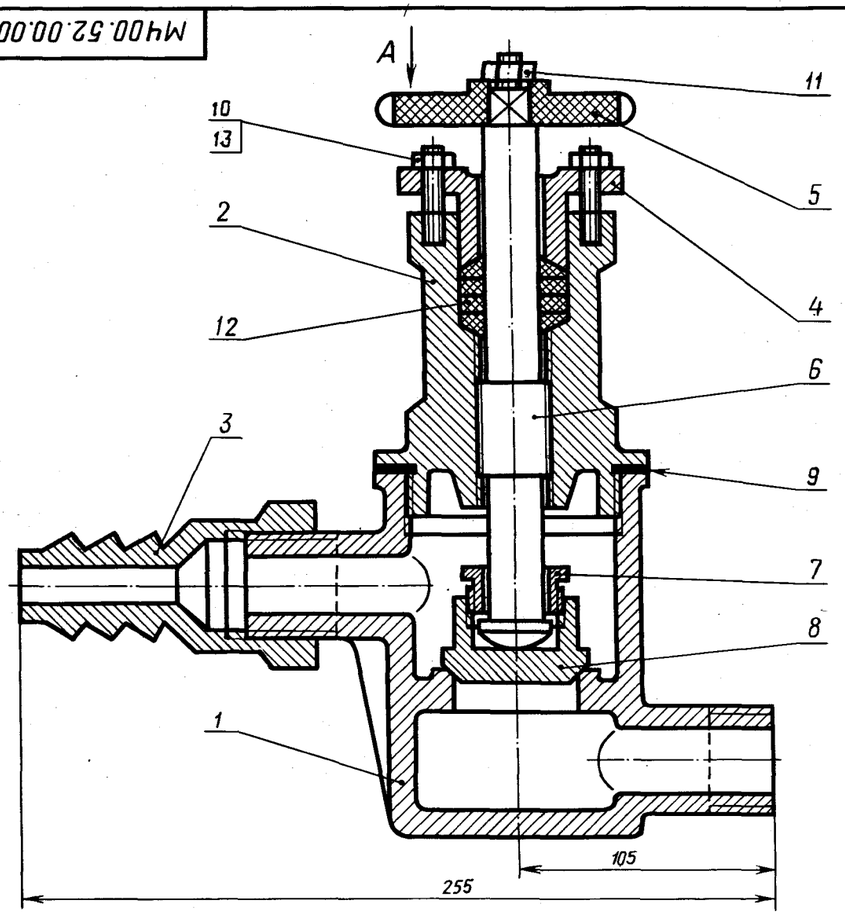
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

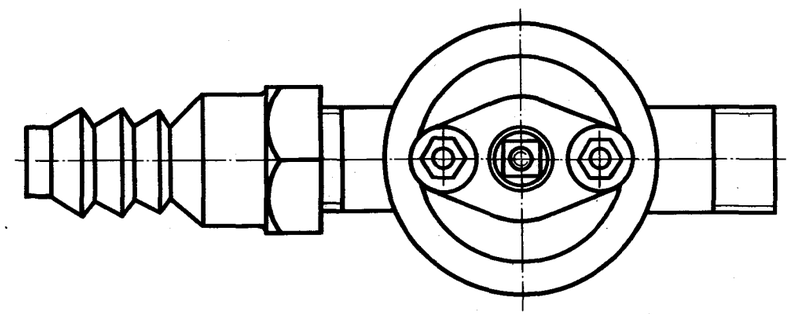
Материал деталей поз. *1* ... *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, детали поз. *5* — Листы винипласта ВН 1500 × 800 ГОСТ 9639—71, деталей поз. *6* ... *8* — Сталь 40 ГОСТ 1050—74.

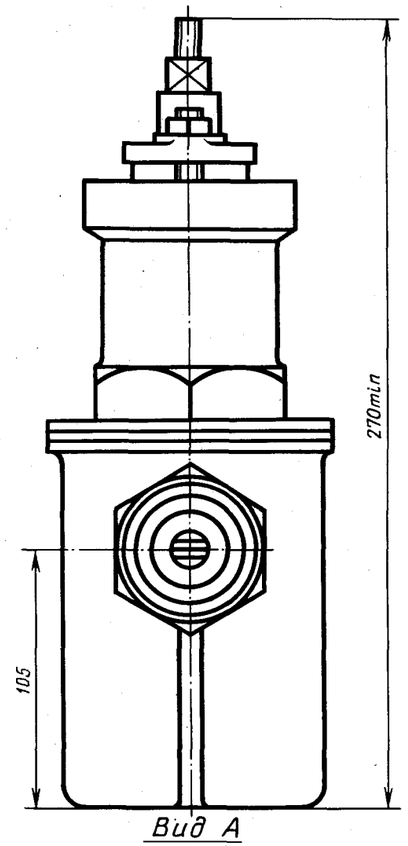
### Ответьте на вопросы:

1. Для какой цели предназначены конусные выступы в детали поз. *3*?
2. Назовите все детали, изображенные на виде сверху.
3. Покажите контур детали поз. *2* на виде слева.

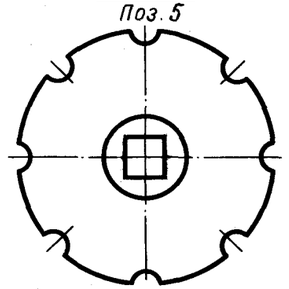



Маховичок поз. 5 не показан






Поз. 5



| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.52.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Клапан<br>Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 53. КЛАПАН РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.53.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.53.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.54.00.02 | Плунжер | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.53.00.03 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.53.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.53.00.05 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.53.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.53.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.53.00.08 | Пробка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.53.00.09 | Шарик | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *10* | | Картон А1 ГОСТ 9347—74 | 2 | |

Распределительный клапан предназначен для соединения гидравлических цилиндров низкого и высокого давления в усилителях последовательного действия.

Под действием пружины поз. *5* плунжер поз. *2* поджимается к крышке поз. *4*. Перпендикулярно центральному отверстию в корпусе поз. *1* расположено отверстие с обратным шариковым клапаном поз. *9*. Масло из цилиндра низкого давления через резьбовое отверстие крышки поз. *3* поступает в полость корпуса поз. *1*, далее через верхнее резьбовое отверстие — в приспособление (происходит предварительный зажим обрабатываемой детали), а через обратный клапан и отверстия крышки поз. *4* в цилиндр высокого давления, пополняя утечки. Плунжер при этом несколько смещается вправо. Для окончательного зажима детали масло поступает из цилиндра высокого давления через продольные канавки под плунжер. Под давлением масла плунжер перемещается вправо, сжимая пружину. Конус плунжера плотно прилегает к конусному седлу крышки поз. *3*, разделяя цилиндры низкого и высокого давления. Масло из цилиндра высокого давления через продольные канавки плунжера и верхнее резьбовое отверстие корпуса поступает в гидросистему приспособления и деталь зажимается.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1* ... *4* — Сталь 25 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *6*, *8*, *9* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *5*, *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите все детали, изображенные на виде слева.
2. Покажите контур детали поз. *2*.
3. Расскажите о назначении детали поз. *8*.

## 54. МЕХАНИЗМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.54.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.54.00.01 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.54.00.02 | Вилка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.54.00.03 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.54.00.04 | Поршень | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.54.00.05 | Ось | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.54.00.06 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.54.00.07 | Пластинка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.54.00.08 | Валик | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.54.00.09 | Втулка | 2 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.54.00.10 | Сухарь | 2 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.54.00.11 | Прокладка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *12* | | Болт М8×20.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *13* | | Винт А.М6×16.58 ГОСТ 1491—80 | 14 | |
| | | *14* | | Кольцо 020-025-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |
| | | *15* | | Кольцо 040-045-30 ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *16* | | Шплинт 5×28·001 ГОСТ 397—79 | 1 | |
| | | *17* | | Шайба 16.01.05 ГОСТ 11371—78 | 1 | |

Механизм переключения передач предназначен для введения в зацепление блок-шестерни одной из передач.

Гидроцилиндр механизма переключения передач установлен в отверстии крышки поз. *1*. Он состоит из корпуса поз. *3*, крышки поз. *6* и поршня поз. *4*. Корпус, крышка и шток для герметичности уплотнены резиновыми кольцами поз. *14* и поз. *15*. Масло к гидроцилиндру подается через два резьбовых отверстия корпуса поз. *3*. Шток шарнирно соединен осью поз. *5* с вилкой поз. *2*, которая укреплена на шлицах валика поз. *8*, установленного в двух втулках поз. *9*. Поворачивая валик ключом, можно вручную производить включение и отключение блок-шестерни (на чертеже не показана). При подаче масла в гидроцилиндр поршень поз. *4* сообщает требуемое возвратно-поступательное движение вилке поз. *2*, тем самым включая или выключая блок-шестерню.

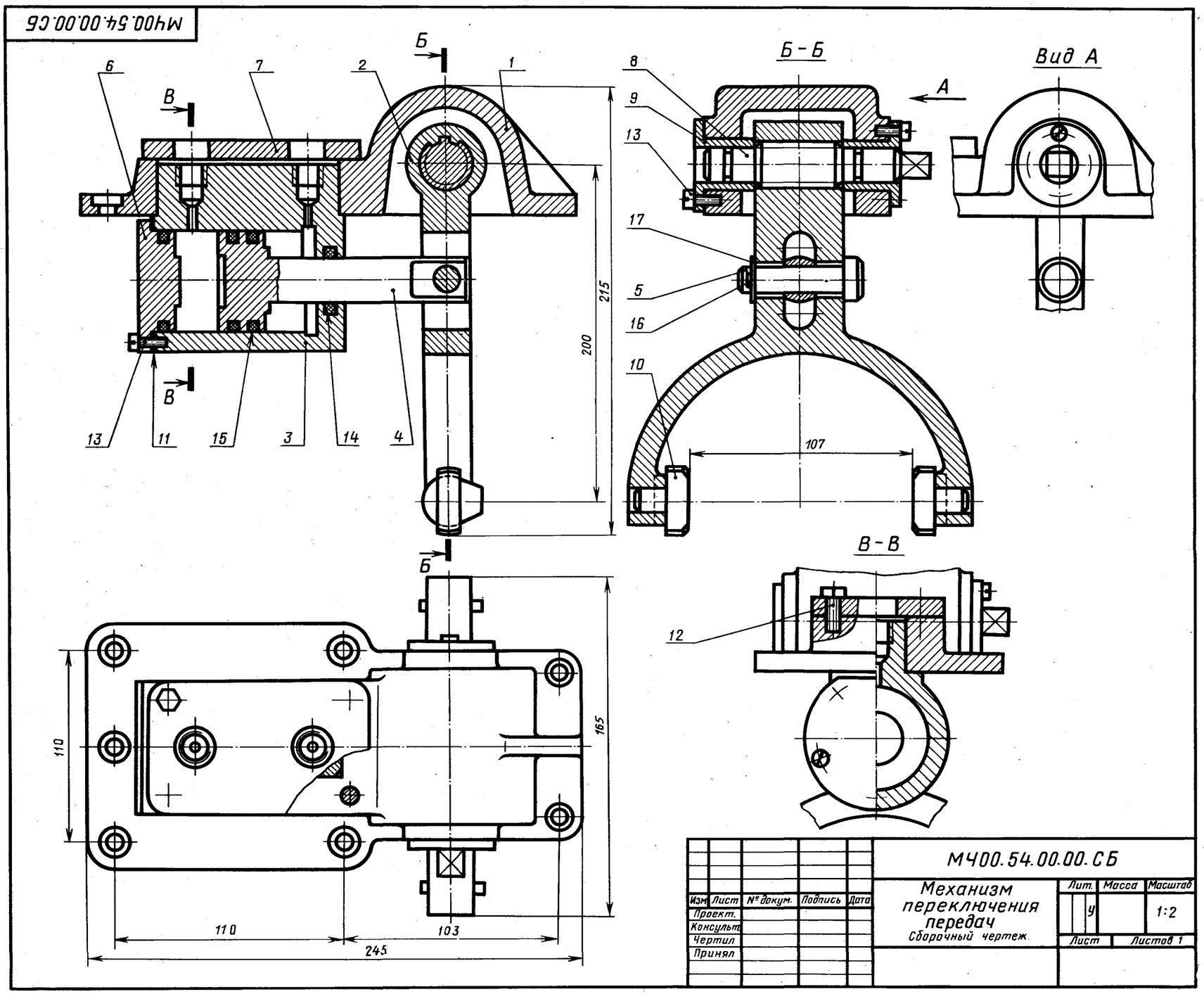
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1* ... *4*, *6* — Сталь 15 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *5*, *7* ... *10* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько отверстий в детали поз. *6*?
2. Покажите контур детали поз. *3* на разрезе *В—В*.
3. Назовите все детали, изображенные на разрезе *Б—Б*.



## 55. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.55.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.55.00.01 | Плита | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.55.00.02 | Ползун | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.55.00.03 | Призма | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.55.00.04 | Палец | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.55.00.05 | Прихват | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.55.00.06 | Винт | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.55.00.07 | Планка | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.55.00.08 | Пластинка | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Винт М8×16.58 ГОСТ 1482—84 | 2 | |
| | | *10* | | Винт А.М6×50.58 ГОСТ 1491—80 | 2 | |
| | | *11* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *12* | | Гайка М14.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *13* | | Шпилька М10×30.58 ГОСТ 22034—76 | 4 | |
| | | *14* | | Штифт 5*h*8×60 ГОСТ 3128—70 | 4 | |

Данное приспособление служит для быстрой и точной установки обрабатываемой детали в нужном положении по отношению к режущему инструменту (фрезе). Приспособление устанавливается на подвижном столе горизонтально-фрезерного станка и крепится к нему двумя болтами, входящими в пазы плиты поз. *1* (болты на чертеже не показаны).

Обрабатываемую деталь типа рычага (на чертеже показана сплошной тонкой линией) кладут на опорную плоскость ползуна поз. *2*. Положение обрабатываемой детали фиксируется пальцем поз. *4*, на котором она закрепляется прихватом поз. *5* с одной стороны, и призмой поз. *3*, перемещаемой винтом поз. *6*, с другой стороны. Ползун закрепляется в нужном положении винтами поз. *9*.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*, *8*.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3* ... *7* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Какое назначение детали поз. *8*?
2. Назовите все детали, изображенные на разрезе *Б—Б*.
3. Имеется ли на данном чертеже местный разрез?

## 56. ВЕНТИЛЬ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.56.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.56.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.56.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.56.00.03 | Фланец | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.56.00.04 | Маховичок | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.56.00.05 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.56.00.06 | Втулка | 1 | |
| А3 | | *7* | МЧ00.56.00.07 | Винт | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.56.00.08 | Колпак | 1 | |
| А3 | | *9* | МЧ00.56.00.09 | Тройник | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.56.00.10 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.56.00.11 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.56.00.12 | Седло | 1 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.56.00.13 | Пробка | 1 | |
| А4 | | *14* | МЧ00.56.00.14 | Прокладка | 1 | |
| А4 | | *15* | МЧ00.56.00.15 | Прокладка | 1 | |
| А4 | | *16* | МЧ00.56.00.16 | Прокладка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *17* | | Болт М8×35.58 ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *18* | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *19* | | Гайка М14.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *20* | | **Материалы** | | |
| | | | | Войлок ПС 10 ГОСТ 6308—71 | | |

Вентиль предназначен для изменения расхода жидкости или пара, проходящих по трубопроводу.

При вращении маховичка поз. *4* влево винт поз. *7* будет подниматься и клапан поз. *5* откроет отверстие седла поз. *12*. При этом жидкость или пар начнет переходить из нижней горизонтальной трубы в верхнюю. Для предотвращения утечки между крышкой поз. *2* и винтом предусмотрено сальниковое уплотнение поз. *20*, которое поджимается фланцем поз. *3*. Для сохранения герметичности предусмотрены прокладки поз. *14*, *15*, *16*.

На тройнике поз. *9* установлен предохранительный клапан, который служит для выпуска жидкости или пара при избыточном давлении. При повышении давления клапан поз. *11* поднимается, сжимая пружину поз. *10*. При этом избыток жидкости или пара выходит через образовавшуюся щель в боковое отверстие колпака поз. *8*.

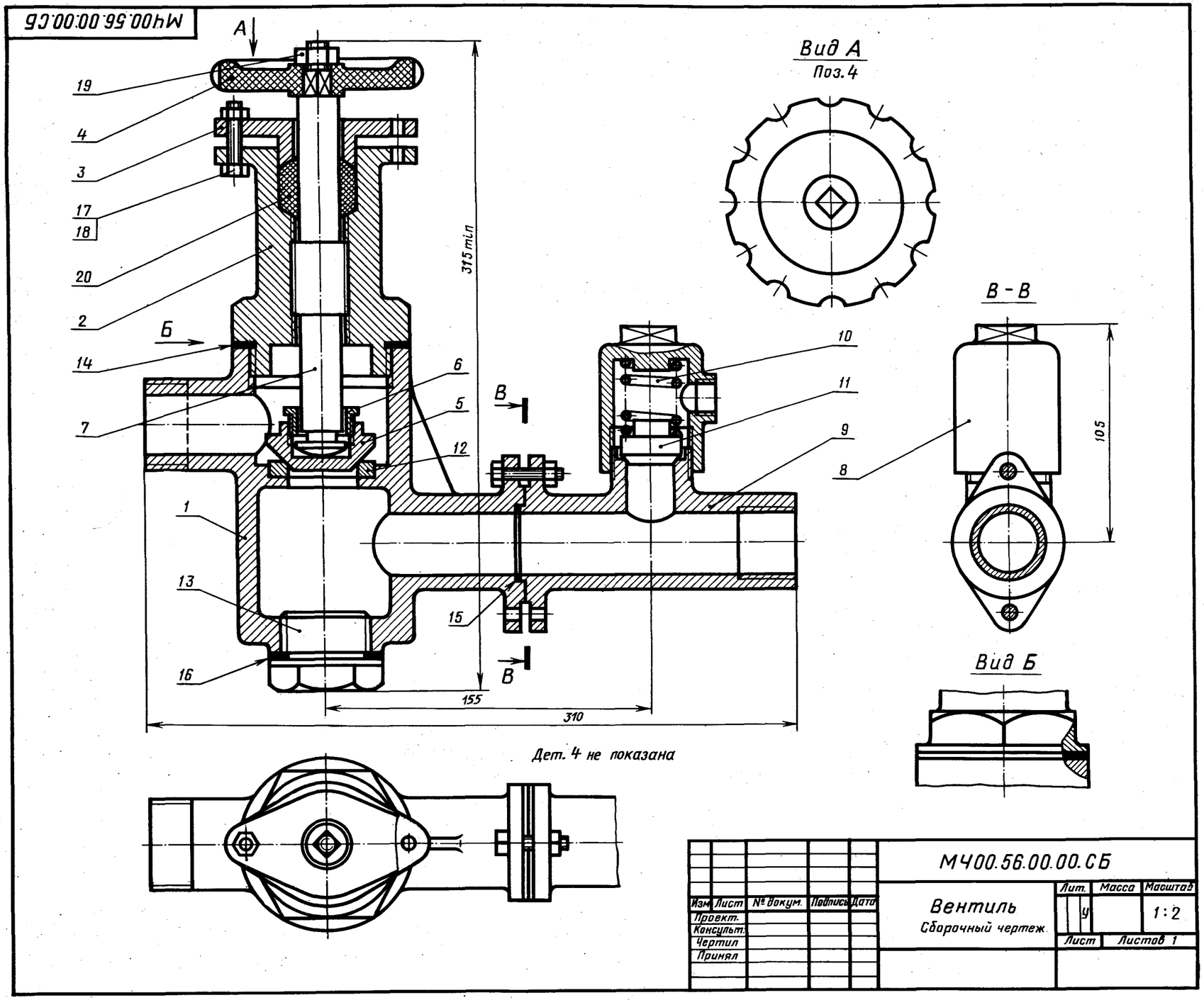
**Задание**

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*, *8* ... *10*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *8*, *9* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *5* ... *7*, *11* ... *13* — Ст 5 ГОСТ 380—71, детали поз. *4* — Листы винипласта ВН 1500 × 800 ГОСТ 9639—71, детали поз. *10* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

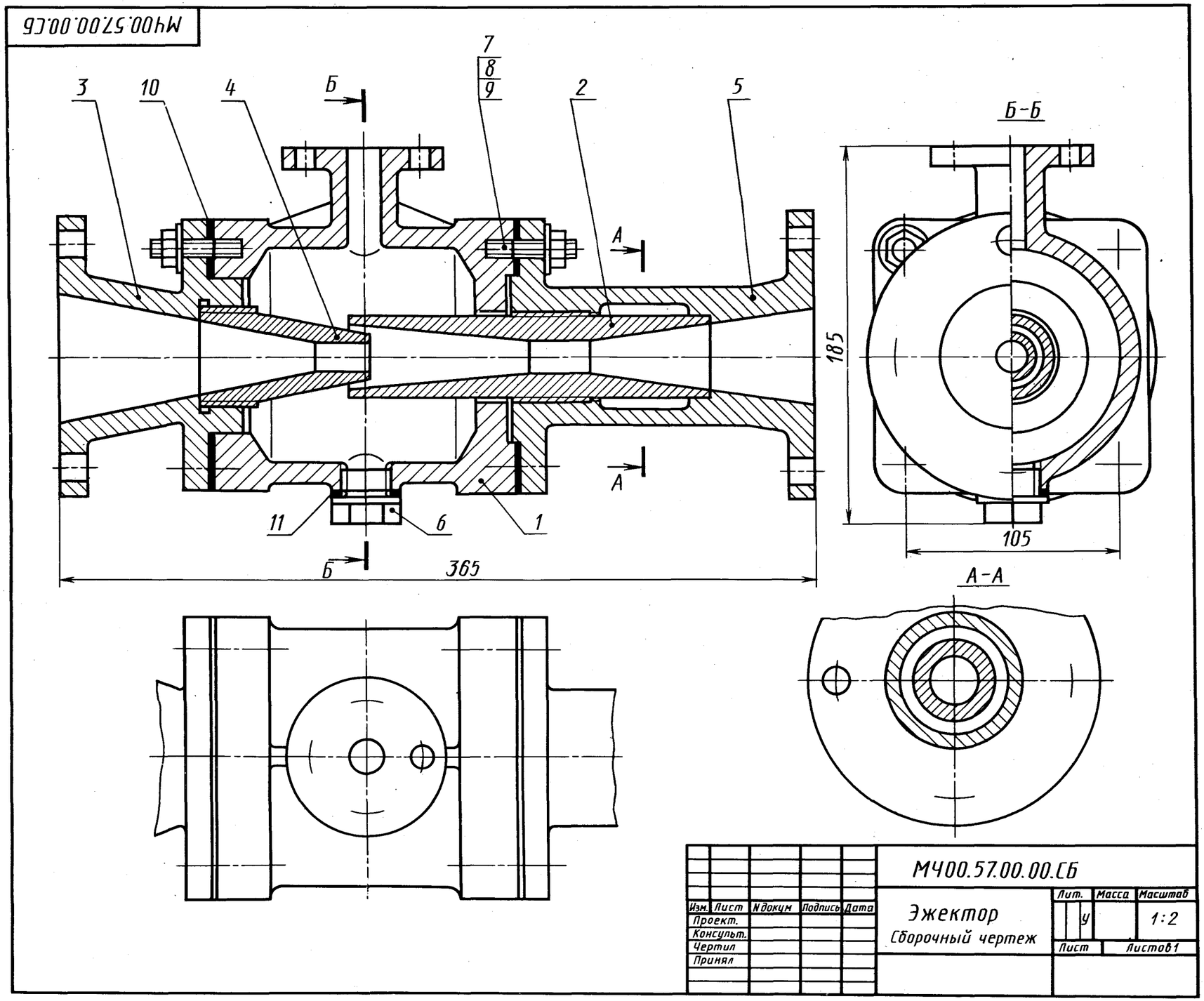
**Ответьте на вопросы:**

1. Почему деталь поз. *4* изображена отдельно?
2. Назовите все детали, изображенные на разрезе *В—В*.
3. Как называется разрез на виде *Б*?




| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | МЧ00.56.00.00.СБ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Вентиль | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | | | 1:2 |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 57. ЭЖЕКТОР




| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.57.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.57.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.57.00.02 | Диффузор | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.57.00.03 | Патрубок впуска | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.57.00.04 | Сопло | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.57.00.05 | Патрубок выпуска | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.57.00.06 | Пробка М40 | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 8 | |
| | | *8* | | Шайба 12.01.016<br>ГОСТ 6958—78 | 8 | |
| | | *9* | | Шпилька М10×30.58<br>ГОСТ 22034—76 | 8 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *10* | | Картон Б 2<br>ГОСТ 9347—74 | 2 | |
| | | *11* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 1 | |

| Изм. | Лист | N докум | Подпись | Дата | МЧ00.57.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Эжектор<br>Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:2 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

Эжектор представляет собой насос для откачивания воздуха или воды. Принцип его работы основан на использовании всасывающего действия струи пара.

Пар из парового котла поступает в патрубок *3* и сопло *4*. При выходе из сопла *4* с большой скоростью пар попадает в камеру смешения корпуса *1* и создает в ней разрежение, чем вызывается поступление в камеру, по верхнему патрубку корпуса *1*, перемещаемой жидкости. Пар, увлекая перемещаемую жидкость, устремляется вместе с ней в диффузор *2*, где смесь уменьшает свою скорость и повышает давление, обеспечивая подачу жидкости по назначению и поддержание разрежения в камере смешения.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1* ... *5* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, детали поз. *6* — Ст 6 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите детали, показанные на разрезе *А—А*.
2. Имеются ли на данном чертеже сечения?
3. Покажите контур детали поз. *5*.

## 58. РОЛИКИ НАПРАВЛЯЮЩИЕ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.58.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.58.00.01 | Опора | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.58.00.02 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.59.00.03 | Винт | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.58.00.04 | Ролик | 2 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.58.00.05 | Ось | 2 | |
| | | *6* | МЧ00.58.00.06 | Клин | 1 | |
| | | *7* | МЧ00.58.00.07 | Клин | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Болт М16×105.58 ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *9* | | Винт М10×16.58 ГОСТ 8878—84 | 2 | |
| | | *10* | | Гайка М16.5 ГОСТ 5915—70 | 3 | |

Направляющие ролики применяются в различных транспортных устройствах для перемещения листового материала и изделий из него.

Опора поз. *1* с роликами поз. *4* может подниматься или опускаться при помощи клиньев поз. *6* и поз. *7*. Клинья соединены винтом поз. *3* с правой и левой прямоугольными резьбами. При вращении винта клинья сближаются, поднимая опору с роликами вверх. При вращении винта в обратном направлении опора будет опускаться. После установки роликов на необходимом уровне опору закрепляют болтами поз. *8* и гайками поз. *10*. Оси поз. *5* фиксируются винтами поз. *9*.

К трущимся поверхностям роликов через масленки, которые ввинчивают в резьбовые отверстия осей поз. *5*, по специальным каналам подается смазка.

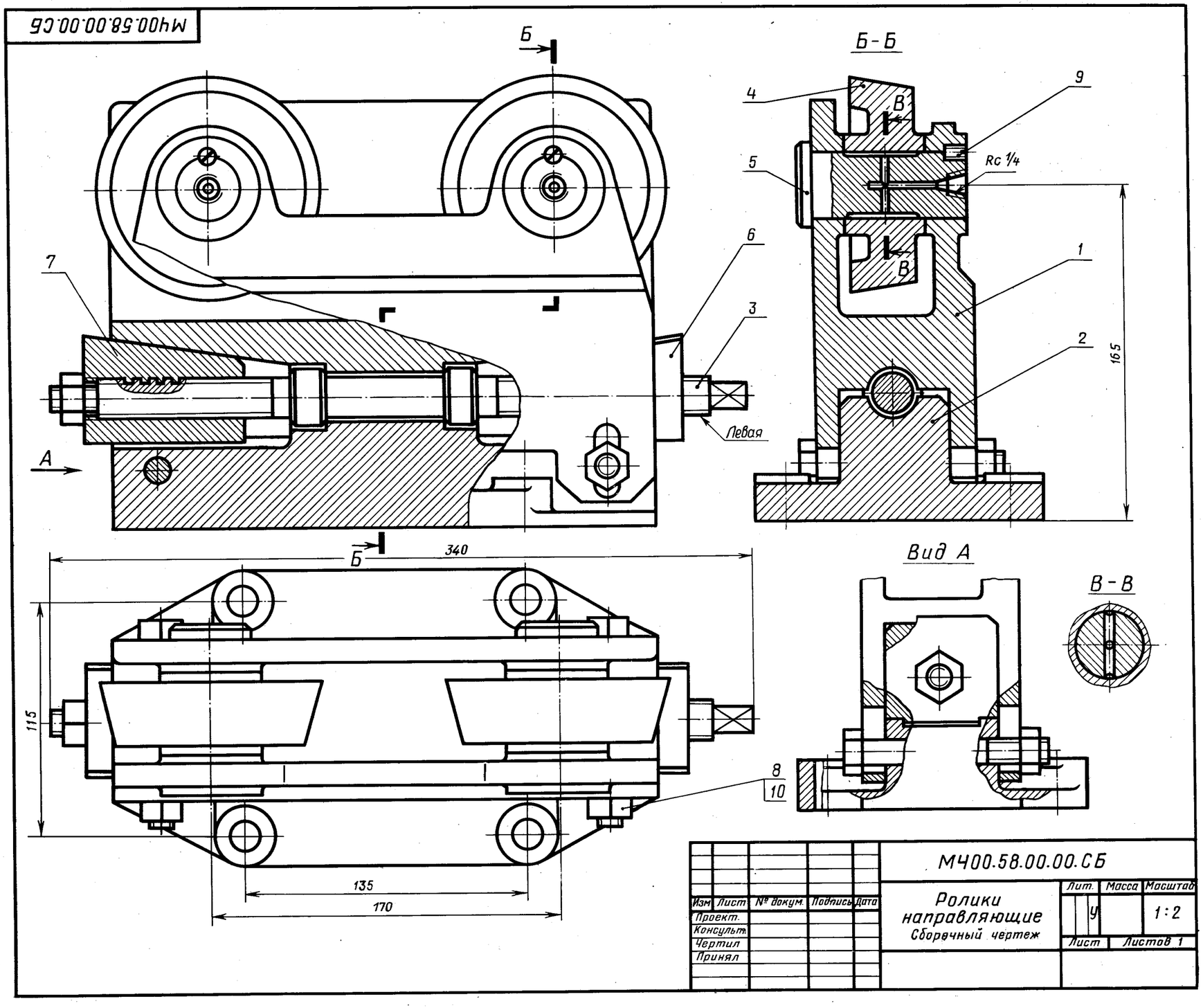
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*. Деталь поз. *1* или поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3* ... *7* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Как называется разрез *Б—Б*?
2. Покажите контур детали поз. *2*.
3. Видна ли на виде сверху ось поз. *5*?



## 59. ПРЕСС-ФОРМА

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.59.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.59.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.59.00.02 | Зажим | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.59.00.03 | Плита отрывающая | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.59.00.04 | Плита литниковая | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.59.00.05 | Штырь | 2 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.59.00.06 | Ручка | 2 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.59.00.07 | Втулка | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.59.00.08 | Вкладыш | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.59.00.09 | Шайба | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Болт М10×55.58 ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *11* | | Штифт 5*h*8×12 ГОСТ 3128—70 | 4 | |

Пресс-форма, изображенная на чертеже, используется в операции нанесения капронового покрытия на поверхность вала для увеличения его срока службы и защиты от коррозии.

Вал (на чертеже показан тонкой линией) устанавливают между корпусом поз. *1* и зажимом поз. *2*. Зажим регулируется болтами *10*. Жидкий капрон под давлением через отверстия деталей поз. *2* и поз. *4* заполняет зазоры между валом и зажимом и покрывает поверхность вала. Вкладыш поз. *8* служит заглушкой и опорой вала.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *8*.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *5*, *6*, *9* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *3*, *4*, *7*, *8* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Почему не обозначен профильный разрез?
2. С какой целью дан разрез *А—А*?
3. Покажите контур детали поз. *2*.

## 60. ВЕНТИЛЬ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.60.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.60.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.60.00.02 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.60.00.03 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.60.00.04 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.60.00.05 | Рукоятка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.60.00.06 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.60.00.07 | Гайка клапана | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.60.00.08 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.60.00.09 | Кольцо | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.60.00.10 | Кольцо | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *11* | | Гайка М20.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *12* | | Шнур асбестовый<br>ШАОН 151<br>ГОСТ 1779—83 | | |

Вентиль данной конструкции применяется для регулирования давления выпуска газа из баллона.

Скорость и давление газа зависят от величины зазора между коническим концом клапана поз. *6* и отверстием в корпусе поз. *1*. Зазор можно изменять вращением гайки клапана поз. *7*, которая перемещает клапан вдоль оси. Вращательному движению клапана препятствуют два выступа на цилиндрической части, входящие в соответствующие пазы внутри корпуса. Корпус верхним резьбовым выступом крепится в горловине баллона. Втулка поз. *3* и гайка поз. *2* предназначены для соединения вентиля с трубопроводов, по которому газ поступает к химическому аппарату.

Для устранения утечки газа в вентиль вмонтировано уплотнение, состоящее из асбестового шнура поз. *12* и уплотнительных колец поз. *9* и поз. *10*, которые поджимаются специальной гайкой поз. *4*.

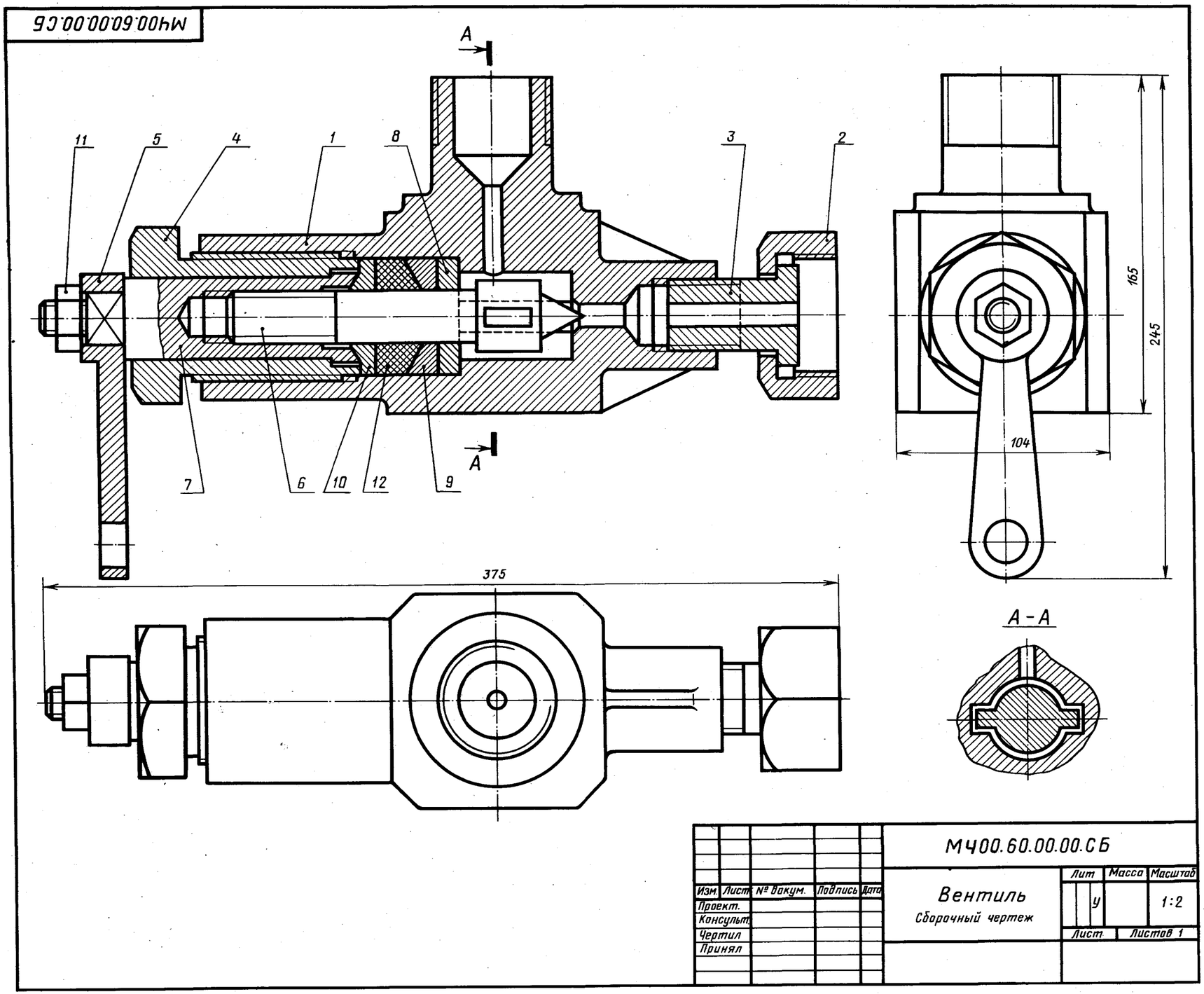
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *9*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *6*, *7* — Сталь 15 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *3* .... *5*, *8*, *9* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. В каких местах корпус поз. *1* имеет резьбу?
2. Покажите контур детали поз. *6*.
3. Что означают диагонали на детали поз. *7*?




| | | | | | МЧ00.60.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Вентиль<br>Сборочный чертеж | Лит | Масса | Масштаб |
| Проект. | | | | | | У | | 1:2 |
| Консульт. | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Чертил | | | | | | | | |
| Принял | | | | | | | | |

## 61. ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ЗАЖИМНОЕ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.61.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.61.00.01 | Плита | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.61.00.02 | Стойка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.61.00.03 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.61.00.04 | Опора | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.61.00.05 | Болт М14 | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *6* | | Винт М12×25.58 ГОСТ 1482—84 | 1 | |
| | | *7* | | Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *8* | | Гайка М14.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *9* | | Шпилька М12×40.58 ГОСТ 22034—76 | 4 | |

Данное зажимное приспособление используется при резании длинных труб и прутков разных диаметров.

Стойку поз. *2* устанавливают на плите поз. *1*. Плиту крепят двумя болтами к раме (рама на чертеже не показана). Высоту положения трубы или прутка относительно плиты регулируют опорой поз. *4*, которую фиксируют винтом поз. *6*. Разрезаемый пруток или трубу устанавливают между опорным элементом детали поз. *4* и крышкой поз. *3* и закрепляют шпильками поз. *9* и гайками поз. *7*.

**Задание**

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*.

Материал деталей поз. *1* ... *4* — СЧ 20 ГОСТ 1412—79, детали поз. *5* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

**Ответьте на вопросы:**

1. Покажите контур детали поз. *2* на всех изображениях.
2. Назовите все детали, изображенные на разрезе *А—А*.
3. Сколько шлицевых канавок на детали поз. *4*?

## 62. КЛАПАН

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.62.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.62.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.62.00.02 | Стойка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.62.00.03 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.62.00.04 | Маховичок | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.62.00.05 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.62.00.06 | Шайба | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.62.00.07 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.62.00.08 | Седло | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.62.00.09 | Винт | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Гайка М16.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *11* | | Винт А.М6×20.58<br>ГОСТ 1491—80 | 1 | |
| | | *12* | | Винт М8×16.58<br>ГОСТ 1477—84 | 1 | |
| | | *13* | | Штифт 5*h*8×40<br>ГОСТ 3128—70 | 2 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *14* | | Шнур асбестовый<br>ШАОН 121<br>ГОСТ 1779—83 | | |

Клапан используют для изменения давления и скорости движения жидкости по трубопроводу.

При вращении маховичка поз. *4* винт поз. *9* с клапаном поз. *7* поднимается вверх, пропуская нужное количество жидкости. Внутри корпуса поз. *1* запрессовано седло поз. *8* клапана поз. *7*. Конический конец клапана плотно притерт к конической поверхности седла. На чертеже клапан изображен закрытым, жидкость через клапан не проходит. Втулка поз. *3* фиксируется в стойке поз. *2* винтом поз. *11*. Клапан соединен с винтом поз. *9* двумя штифтами поз. *13*. Для предупреждения утечки жидкости через зазоры между корпусом и деталями поз. *5*, *6*, *9* предусмотрено уплотнение. Оно состоит из шайбы поз. *6* и асбестового шнура поз. *14*, которые поджимаются прижимной гайкой поз. *5*.

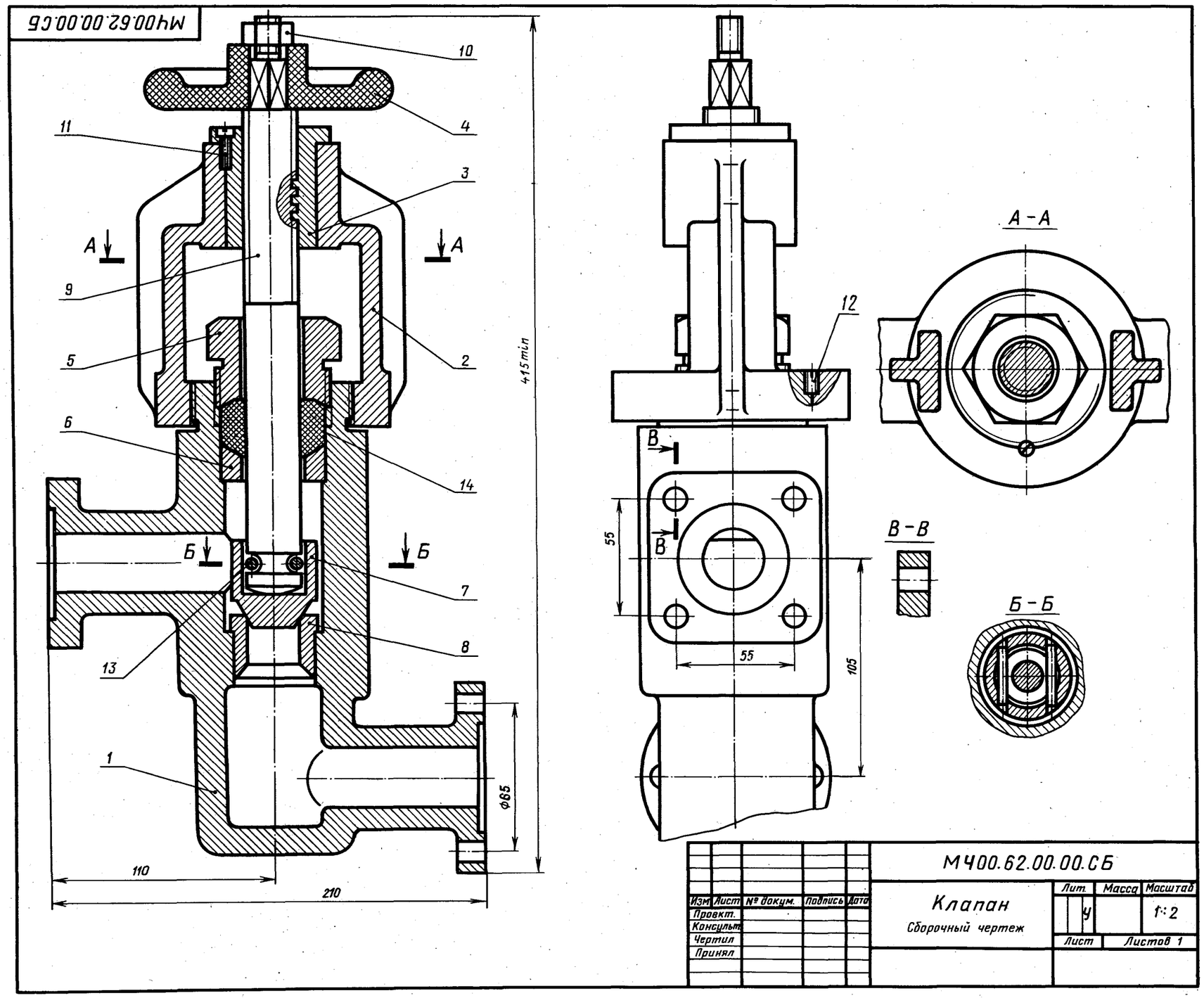
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *9*. Деталь поз. *1* или поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *5* ... *9* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74, детали поз. *4* — Листы винипласта ВН 1500 × 800 ГОСТ 9639—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *1*.
2. Какое назначение имеет винт поз. *12*?
3. Что нужно сделать, чтобы отделить винт поз. *9* от клапана поз. *7*?



## 63. КЛАПАН ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.63.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.63.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.63.00.02 | Стакан | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.63.00.03 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.63.00.04 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.63.00.05 | Тарелка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.63.00.06 | Крышка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Винт М10×20.58<br>ГОСТ 1481—84 | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *8* | | Картон А 1,5<br>ГОСТ 9347—74 | 1 | |

Предохранительный клапан служит для ограничения давления в водяной магистрали. Если давление в магистрали повышается, то клапан поз. *3*, сжимая пружину поз. *4*, открывает отверстие стакана поз. *2*. В зазор, образовавшийся между клапаном и седлом стакана, будет поступать вода до тех пор, пока давление в магистрали не упадет до нормального. Излишек воды уходит через отверстие, находящееся в задней стенке стакана. При нормальном давлении пружина поз. *4* возвращает клапан в прежнее положение.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *5*, *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *3* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74, детали поз. *4* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько деталей изображено на разрезах *А—А* и *Б—Б*?
2. Какое назначение имеет винт поз. *7*?
3. Покажите отверстие, через которое при повышенном давлении уходит вода.

## 64. РЕДУКТОР

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.64.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.64.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.64.00.02 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.64.00.03 | Вал шестерни $z = 20$; $m = 4$ | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.64.00.04 | Зубчатое колесо $z = 60$; $m = 4$ | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.64.00.05 | Вал | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.64.00.06 | Крышка | 2 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.64.00.07 | Крышка | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.64.00.08 | Диск | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.64.00.09 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.64.00.10 | Отдушина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *11* | | Болт М16×50.58 ГОСТ 7798—70 | 6 | |
| | | *12* | | Болт М16×125.58 ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *13* | | Кольцо СГ 44-31-5 ГОСТ 6418—81 | 2 | |
| | | *14* | | Шарикоподшипник 207 ГОСТ 8338—75 | 4 | |
| | | *15* | | Шпонка 14×9×45 ГОСТ 23360—78 | 1 | |
| | | *16* | | Штифт 8*h*8×40 ГОСТ 3128—70 | 2 | |

Редуктор устанавливают в приводах машин и механизмов для изменения угловых скоростей и моментов вращения.

Данный редуктор имеет пару цилиндрических зубчатых колес, расположенных в корпусе поз. *1* с крышкой поз. *2*. Малое зубчатое колесо поз. *3* выполнено за одно целое с валом (вал-шестерня). Большое зубчатое колесо поз. *4* насажено на вал поз. *5*. Валы установлены в шарикоподшипниках поз. *14*. В крышках поз. *7* имеются уплотнения, предохраняющие подшипники от попадания в них пыли и влаги.

Для заправки редуктора маслом предусмотрено отверстие в крышке поз. *2*. Слив масла производят через нижнее отверстие корпуса. В крышке редуктора имеется отдушина поз. *10* для сообщения с атмосферой.

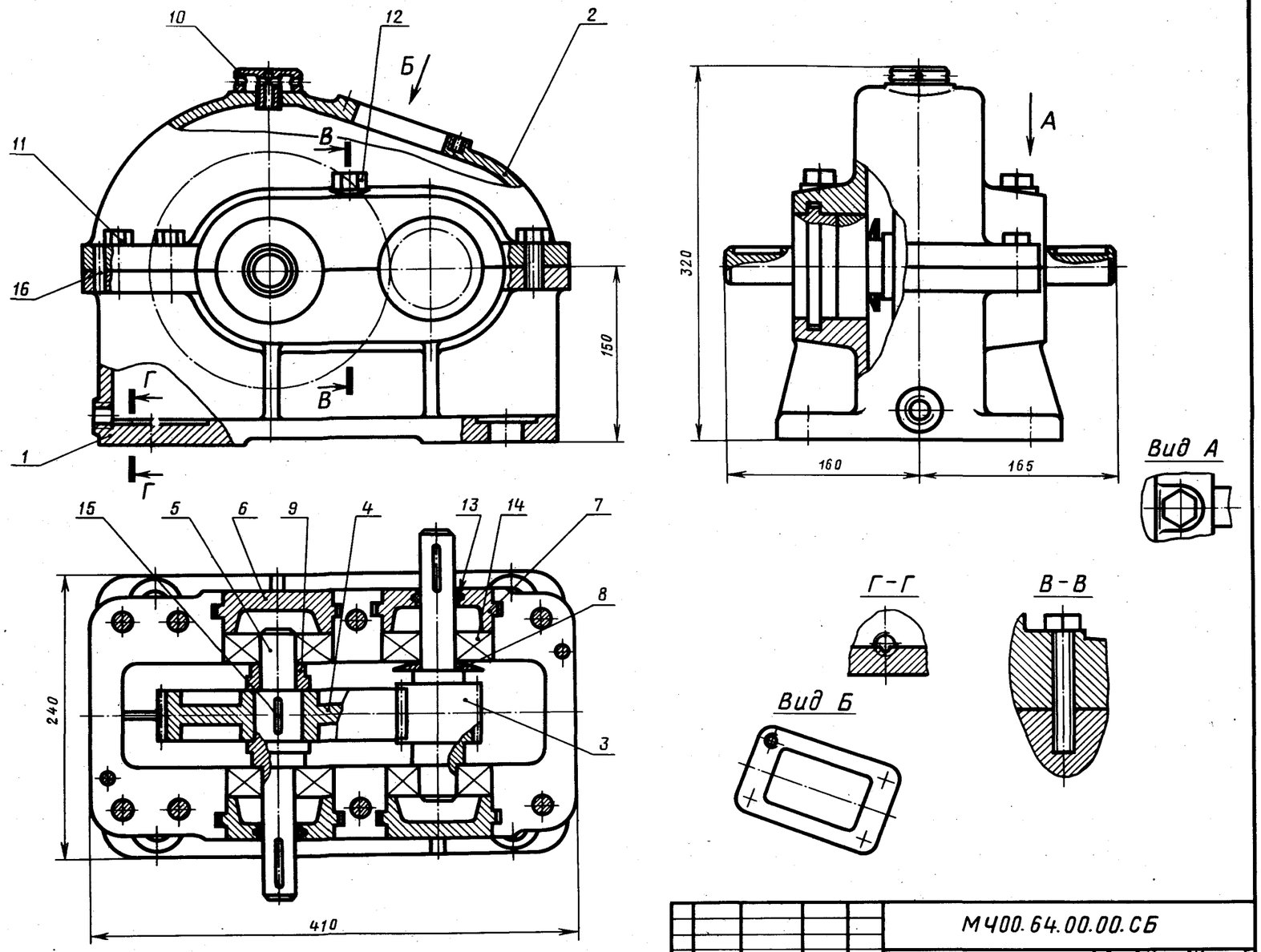
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*, *10*. Деталь поз. *1* или поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

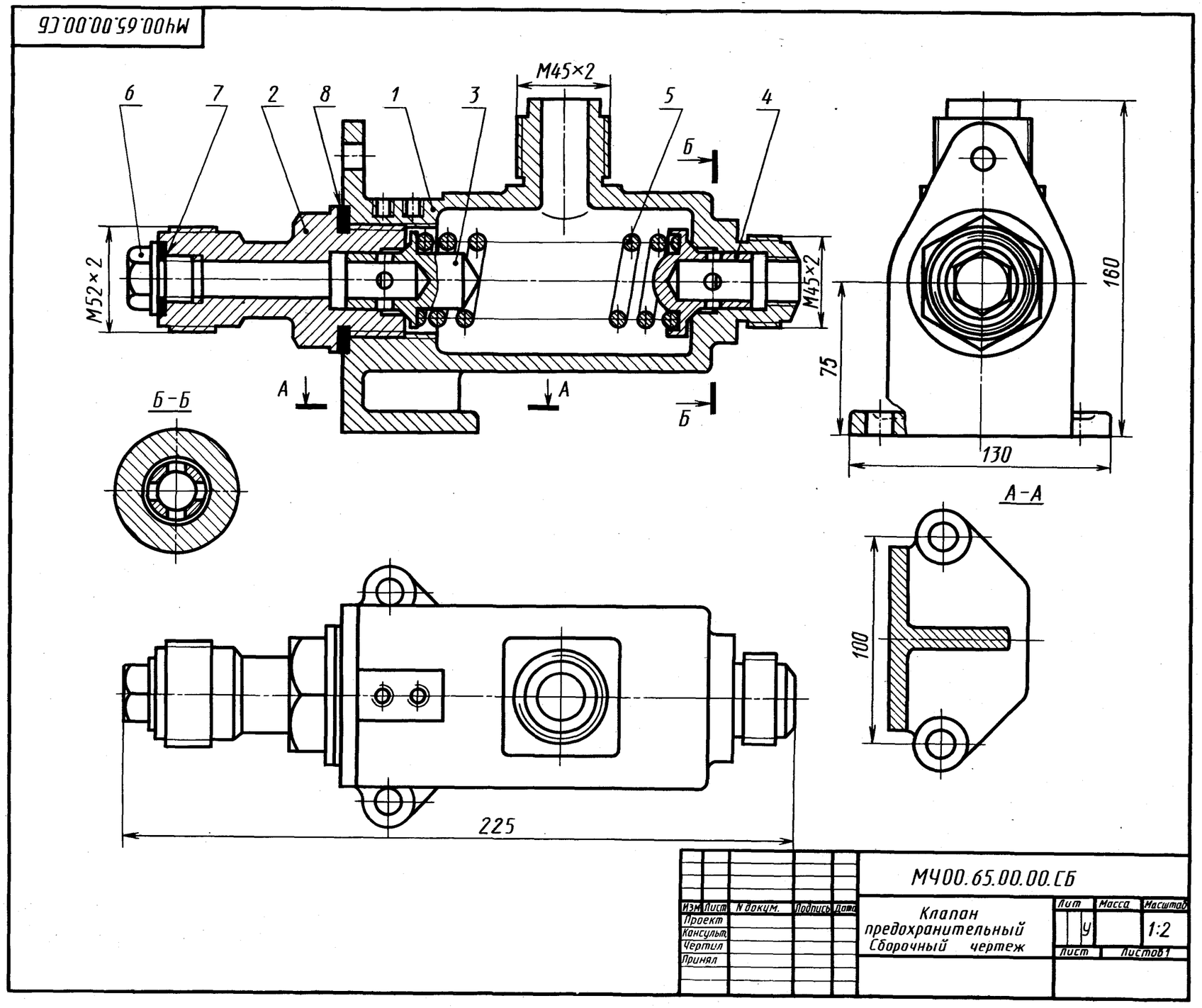
Материал деталей поз. *1*, *2*, *6*, *7*, *10* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *4* — Сталь 15 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *5*, *8*, *9* — Сталь 45 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *4*.
2. Какое назначение имеет штифт поз. *16*?
3. Что изображают на чертеже прямоугольники с двумя диагоналями?




| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | МЧ00.64.00.00.СБ | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | Лит. | Масса | Масштаб |
| Проект. | | | | | Редуктор | | | | 1:4 |
| Консульт. | | | | | | | У | | |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | | |




*1-е деталирование*

## 65. КЛАПАН ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.65.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.65.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.65.00.02 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.65.00.03 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.65.00.04 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.65.00.05 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.65.00.06 | Пробка | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *7* | | Кожа 3 ГОСТ 20836—75 | 1 | |
| | | *8* | | Кожа 3 ГОСТ 20836—75 | 1 | |

Клапан предохранительный двусторонний предназначен для регулирования давления жидкости или пара в трубопроводах. В данном случае клапан связан только с правой рабочей магистралью трубопровода.

При повышении давления больше нормы жидкость или пар давят на клапан поз. *4*, который, сжимая пружину поз. *5*, перемещается влево. При этом жидкость или пар выходят через четыре отверстия клапана поз. *4* и верхнее отверстие корпуса поз. *1*. При понижении давления пружина поз. *5* перемещает клапан поз. *4* в исходное положение.

### Задание

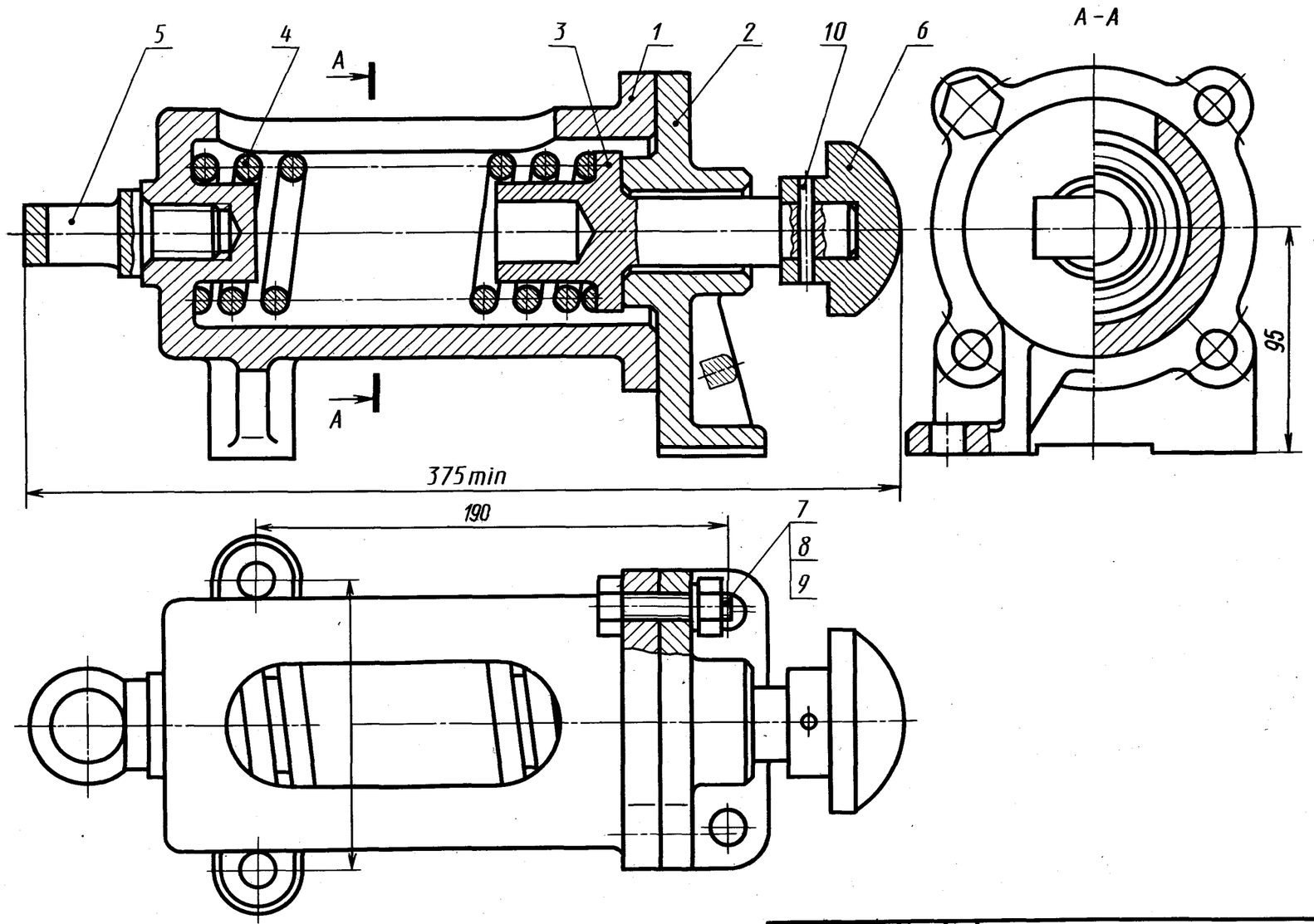
Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *4*, *6*.

Материал детали поз. *1* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *2*, *3*, *4* — БрО3Ц12С5 ГОСТ 613—79, детали поз. *5* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите деталь поз. *2* на виде слева.
2. Можно ли назвать изображение *А—А* сечением?
3. Сколько сквозных отверстий в детали поз. *4*?

МЧ00.67.00.00.СК




| Изм | Лист | N докум. | Подпись | Дата | МЧ00.67.00.00.СК | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект | | | | | Буфер | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт | | | | | | | | 1:2 |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | | Лист | Листов 1 |
| Принял | | | | | | | | |

**67. БУФЕР**

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.67.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.67.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.67.00.02 | Стойка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.67.00.03 | Упор | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.67.00.04 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.67.00.05 | Рым-болт | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.67.00.06 | Буфер | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Болт М16×45.58<br>ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *8* | | Гайка М16.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *9* | | Шайба 16 65Г 029<br>ГОСТ 6402—70 | 4 | |
| | | *10* | | Штифт 8ℏ8×50<br>ГОСТ 3128—70 | 1 | |

Данный буфер служит гасителем ударной нагрузки поступательно движущейся тележки грузоподъемного крана.

Буфер закреплен на раме тележки четырьмя болтами (на чертеже не показаны). В полости корпуса поз. *1* установлена пружина поз. *4*. Стойка поз. *2*, в которую упирается пружина, соединена с корпусом четырьмя болтами поз. *7*. Внутри корпуса с левой стороны имеется выступ для центрирования пружины и отверстие с резьбой для рым-болта поз. *5*, предназначенного для захвата буфера крюком грузоподъемного крана. Удар от препятствия, встреченного тележкой, передается через буфер поз. *6* и упор поз. *3* на пружину, которая, сжимаясь, гасит удар. Пружинные шайбы поз. *9* предупреждают самоотвинчивание гаек поз. *8* при толчках и ударах.

**Задание**

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

*Материал деталей* поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *5*, *6* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74, детали поз. *4* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

**Ответьте на вопросы:**

1. Назовите все детали на виде сверху.
2. Покажите контур детали поз. *2* на виде сверху.
3. На каком изображении показано сечение?

## 68. ОПОРА ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.68.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.68.00.01 | Станина | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.68.00.02 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.68.00.03 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.68.00.04 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.68.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.68.00.06 | Вкладыш верхний | 2 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.68.00.07 | Вкладыш нижний | 2 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.68.00.08 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.68.00.09 | Ползун | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.68.00.10 | Болт М24 | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.68.00.11 | Болт М20 | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.68.00.12 | Болт М22 | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *13* | | Гайка М16.5 ГОСТ 5915—70 | 8 | |
| | | *14* | | Гайка М24.5 ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *15* | | Гайка М20.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *16* | | Гайка 16.01.05 ГОСТ 11371—78 | 8 | |
| | | *17* | | Шайба 20.01.05 ГОСТ 11371—78 | 4 | |
| | | *18* | | Шпилька М16×80.58 ГОСТ 22034—76 | 4 | |
| | | *19* | | Шпилька М16×100.58 ГОСТ 22034—76 | 4 | |

Валковая дробилка применяется в литейном производстве для размельчения комьев отработанной формовочной земли.

Валы валковой дробилки опираются на подшипники двух опор. На чертеже изображена одна из опор дробилки. Станина поз. *1* имеет направляющий выступ, который входит в паз корпуса поз. *4*, для предупреждения перекоса подшипника. Если в формовочную смесь попадает инородный предмет, то корпус подшипника с валом (на чертеже не показан) и насаженным на него валком (на чертеже показан тонкой линией), сжимая пружину поз. *8*, смещается вправо, что предотвращает порчу валков.

Натяжение пружины регулируют болтом поз. *12*. Подшипник имеет сменные бронзовые вкладыши поз. *6* и поз. *7*.

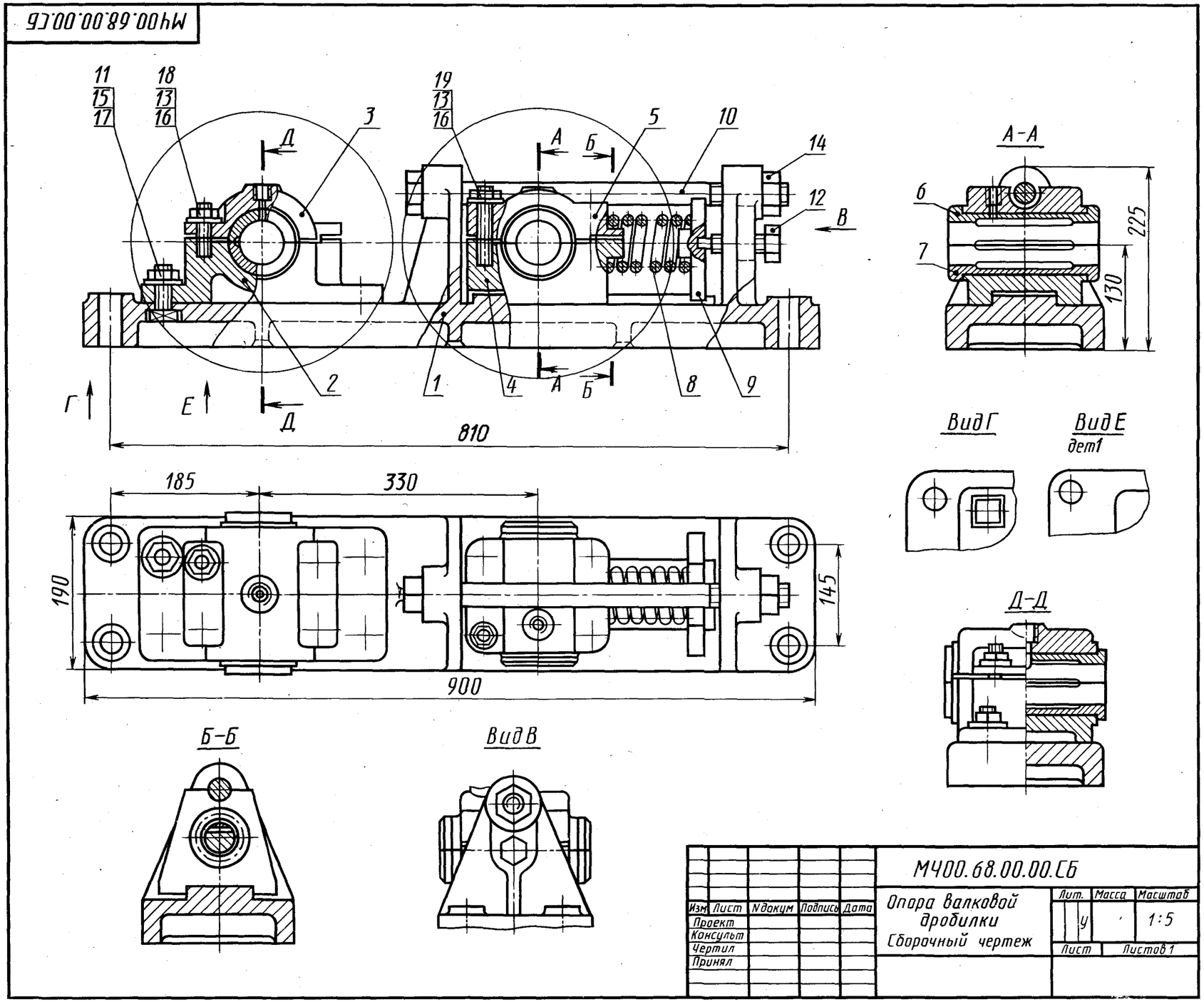
### Задания

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*, *9*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.

Материал деталей поз. *1* ... *5* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *6*, *7* — БрА9Мц2Л ГОСТ 493—79, детали поз. *8* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, детали поз. *9* — Ст 6 ГОСТ 380—71.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько отверстий под болты и шпильки имеет деталь поз. *2*?
2. Назовите детали, которые видны на виде *Г* и разрезе *Б—Б*.
3. На каких изображениях видна деталь поз. *5*?




| Изм | Лист | N докум | Подпись | Дата | МЧ00.68.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект | | | | | Опора валковой дробилки Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт | | | | | | У | | 1:5 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 69. ЗАЖИМНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.69.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.69.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.69.00.02 | Винт | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.69.00.03 | Кулачок | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.69.00.04 | Вкладыш | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.69.00.05 | Планка | 2 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.69.00.06 | Кулачок | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.69.00.07 | Шпилька М18 | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Винт М8×25.58 ГОСТ 1478—84 | 1 | |
| | | *9* | | Винт А.М8×35.58 ГОСТ 1491—80 | 16 | |
| | | *10* | | Гайка М18.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *11* | | Шайба 18.01.05 ГОСТ 11371—78 | 1 | |

Приспособление применяется для зажима обрабатываемых деталей на фрезерных станках.

Корпус поз. *1* привертывают к станку четырьмя болтами (на чертеже не показаны). В паз корпуса вставлен вкладыш поз. *4*, в котором вращается винт поз. *2*, имеющий правую и левую прямоугольную резьбу. Для перемещения кулачков поз. *3* и поз. *6* нужно ключом вращать винт поз. *2*. После того как кулачки зажмут обрабатываемую деталь, ключом затягивают гайку поз. *10*. Левая стенка паза шпильки поз. *7* прижимает кулачок поз. *3* (см. разрез *А—А*).

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*.

Материал деталей поз. *1*, *5* ... *7* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *2* ... *4* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Сколько отверстий с резьбой в детали поз. *1*?
2. Какое назначение имеет винт поз. *8*?
3. Покажите контур детали поз. *3*.

Долгопрудненский авиационный техникум
Электронная библиотека
Козловский Александр Юрьевич
141702 Россия Московская обл. г. Долгопрудный, ул. Собина, 1
Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat_lb@mail.ru
Site: gosdat.ru

## 70. КЛАПАН ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.70.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | 1 | МЧ00.70.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | 2 | МЧ00.70.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | 3 | МЧ00.70.00.03 | Стакан | 1 | |
| А4 | | 4 | МЧ00.70.00.04 | Клапан | 1 | |
| А4 | | 5 | МЧ00.70.00.05 | Кольцо | 1 | |
| А4 | | 6 | МЧ00.70.00.06 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | 7 | | Болт М14×80.58<br>ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | 8 | | Винт А.М8×25.58<br>ГОСТ 1491—80 | 4 | |
| | | 9 | | Гайка М14.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | 10 | | Шайба 14.01.019<br>ГОСТ 11371—78 | 4 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | 11 | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | | |

Данный предохранительный клапан является составной частью устройства поворота и возврата плиты формовочной машины.

Сжатый воздух давит на левый торец клапана поз. *4*, прижимая его правым коническим концом к конусной расточке внутри корпуса поз. *1*. В таком положении клапан закрыт. Далее воздух давит на торец стакана поз. *3*, заставляя его двигаться вправо и сжимать пружину поз. *6*. В результате открывается проход для воздуха, который через окна внутри стенок клапана и нижнее отверстие корпуса поступает в баллон (на чертеже не показан), приводя в движение плиту формовочной машины. При возврате плиты в исходное положение клапан открывается под давлением воздуха, поступающего из баллона по нижнему отверстию корпуса, и выходит в атмосферу через правое отверстие. Стакан при этом перемещается влево до упора в кольцо поз. *5*.

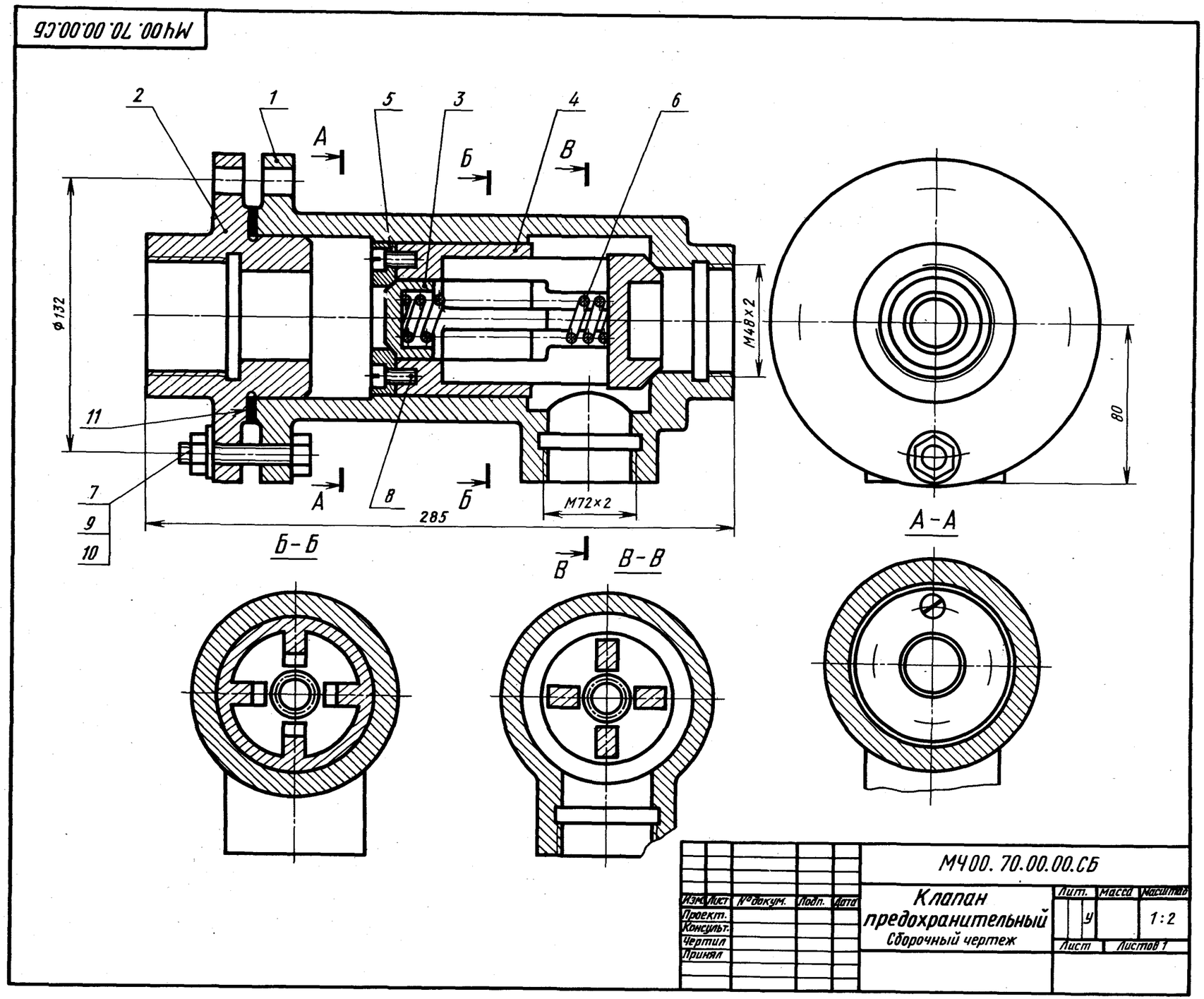
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, детали поз. *3* — БрО3Ц12С5 ГОСТ 493—79, деталей поз. *4*, *5* — Сталь Ст6 ГОСТ 380—71, детали поз. *6* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеются ли на чертеже изображения сечений?
2. Назовите детали, на которых имеется резьба.
3. Покажите контур детали поз. *4*.



## 71. ТЯГА

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.71.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.71.00.01 | Головка | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.71.00.02 | Вилка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.71.00.03 | Стяжка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.71.00.04 | Вкладыш | 2 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *5* | | Болт М12×60.58<br>ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *6* | | Винт М6×25.58<br>ГОСТ 1477—84 | 2 | |
| | | *7* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *8* | | Гайка М42.5<br>ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *9* | | Шайба 12.01.019<br>ГОСТ 11371—78 | 2 | |

Тяга — деталь, связывающая отдельные звенья механизмов.

Тяга имеет головку поз. *1* с двумя плотно вставленными сменными вкладышами поз. *4*, застопоренными винтами поз. *6*. Через верхнее отверстие головки подводится густая смазка. Вилка поз. *2* соединяется с головкой винтовой стяжкой поз. *3*, имеющей на концах правую и левую резьбу. Длину тяги можно регулировать. Для этого нужно ключом отпустить гайки поз. *8* и повернуть стяжку за среднюю часть до нужного размера между центром головки и вилкой. После регулировки тягу закрепляют, затягивая ключом гайки поз. *8*, которые препятствуют произвольному вывинчиванию стяжки при работе механизма.

**Задание**

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *4*.

Материал детали поз. *1* ... *3* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *4* — БрА9Мц2Л ГОСТ 493—79.

**Ответьте на вопросы:**

1. Назовите детали, которые имеют резьбу.
2. Назовите детали, которые видны на разрезе *А—А*.
3. Покажите местные разрезы на данном чертеже.

## 72. КРАН ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.72.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.72.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.72.00.02 | Плунжер | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.72.00.03 | Золотник | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.72.00.04 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.72.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.72.00.06 | Тяга | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.72.00.07 | Рычаг | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.72.00.08 | Педаль | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.72.00.09 | Ось | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.72.00.10 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.72.00.11 | Шайба | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *12* | | Болт М8×30.58 ГОСТ 7798—70 | 11 | |
| | | *13* | | Болт М8×80.58 ГОСТ 7798—70 | 2 | |
| | | *14* | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 2 | |
| | | *15* | | Шайба 8.01.05 ГОСТ 11371—78 | 2 | |
| | | *16* | | Кольцо 040-045-30 ГОСТ 9833—73 | 2 | |
| | | *17* | | Шплинт 5×28-001 ГОСТ 397—79 | 1 | |

**Пневматический кран используется в приспособлении для зажима детали при ее обработке на металлорежущем станке.**

**В корпусе поз. *1* имеются три отверстия. Через верхнее отверстие поступает сжатый воздух, который под давлением (в зависимости от положения золотника поз. *3*) поочередно, то через правое, то через левое отверстие корпуса попадает в полость пневматического цилиндра (на чертеже не показан), заставляя двигаться поршень. Педаль поз. *8* находится в верхнем положении при крайнем левом положении золотника, что обеспечивается действием пружины поз. *10* на торец золотника. Если нажать на педаль поз. *8*, золотник займет крайнее правое положение, при этом пружина сожмется.**

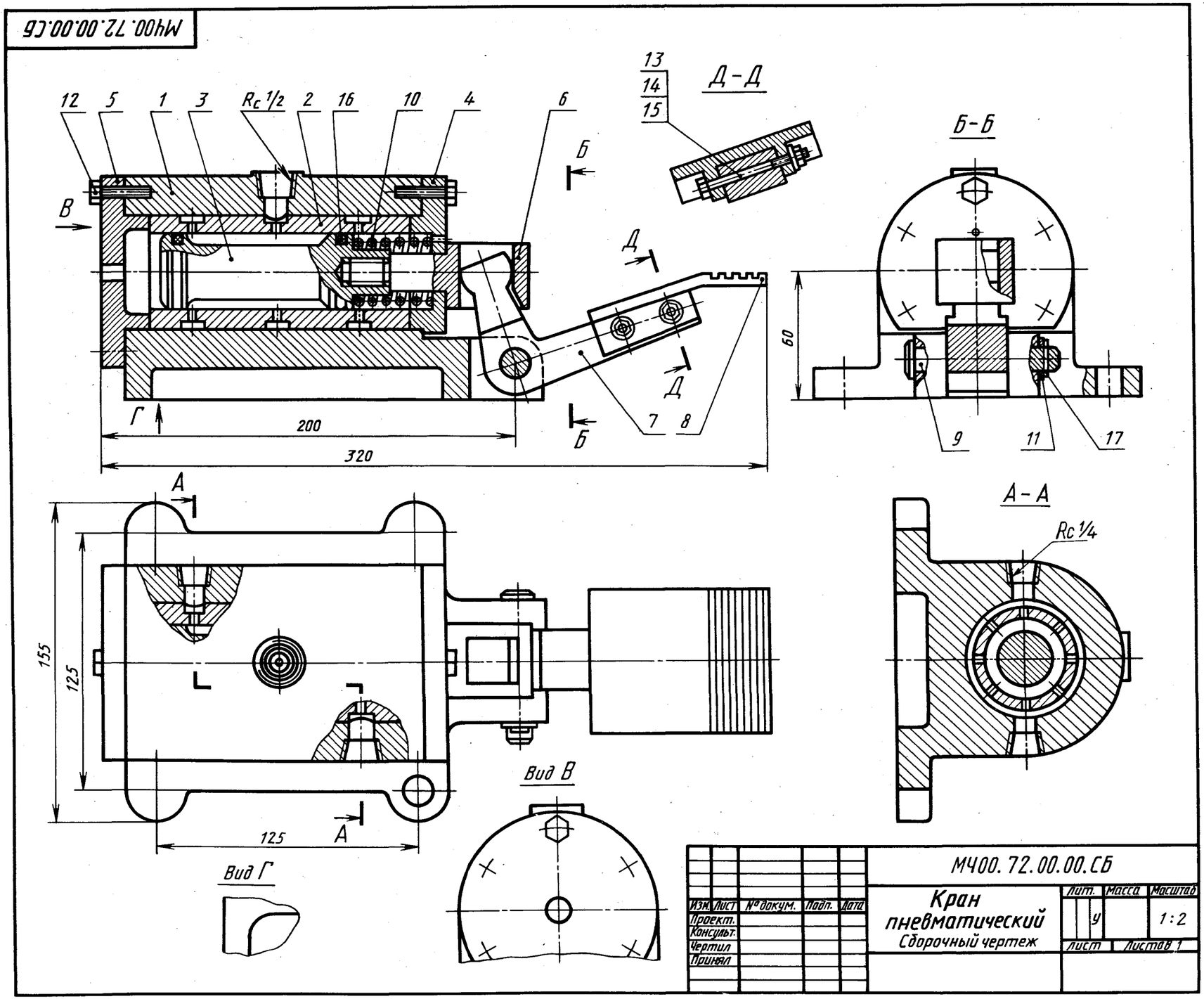
### Задания

**Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *7*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.**

**Материал деталей поз. *1* ... *3*, *6*, *7*, *9* — Сталь 35 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *4*, *5*, *8* — Ст 6 ГОСТ 380—71.**

### Ответьте на вопросы:

1. **Можно ли назвать изображение *Д—Д* сечением?**
2. **Назовите детали, которые видны на разрезе *А—А*.**
3. **Покажите контур детали поз. *7* на виде сверху и разрезе *Б—Б*.**



## 73. КЛАПАН ОБРАТНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.73.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.73.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.73.00.02 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.73.00.03 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.73.00.04 | Наконечник | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.73.00.05 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *6* | | Гайка М30.5<br>ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *7* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 1 | |

Обратный клапан устанавливают на трубах, соединяющих резервуар с прибором.

Жидкость, поступающая под давлением из нагнетательного прибора через правое отверстие в полость корпуса поз. *1*, перемещает клапан поз. *3* и сжимает пружину поз. *5*. При падении давления жидкости под действием пружины клапан закрывает отверстие корпуса, преграждая тем самым обратный выход жидкости. Верхнее отверстие корпуса предназначено для продувки трубопровода.

### Задание

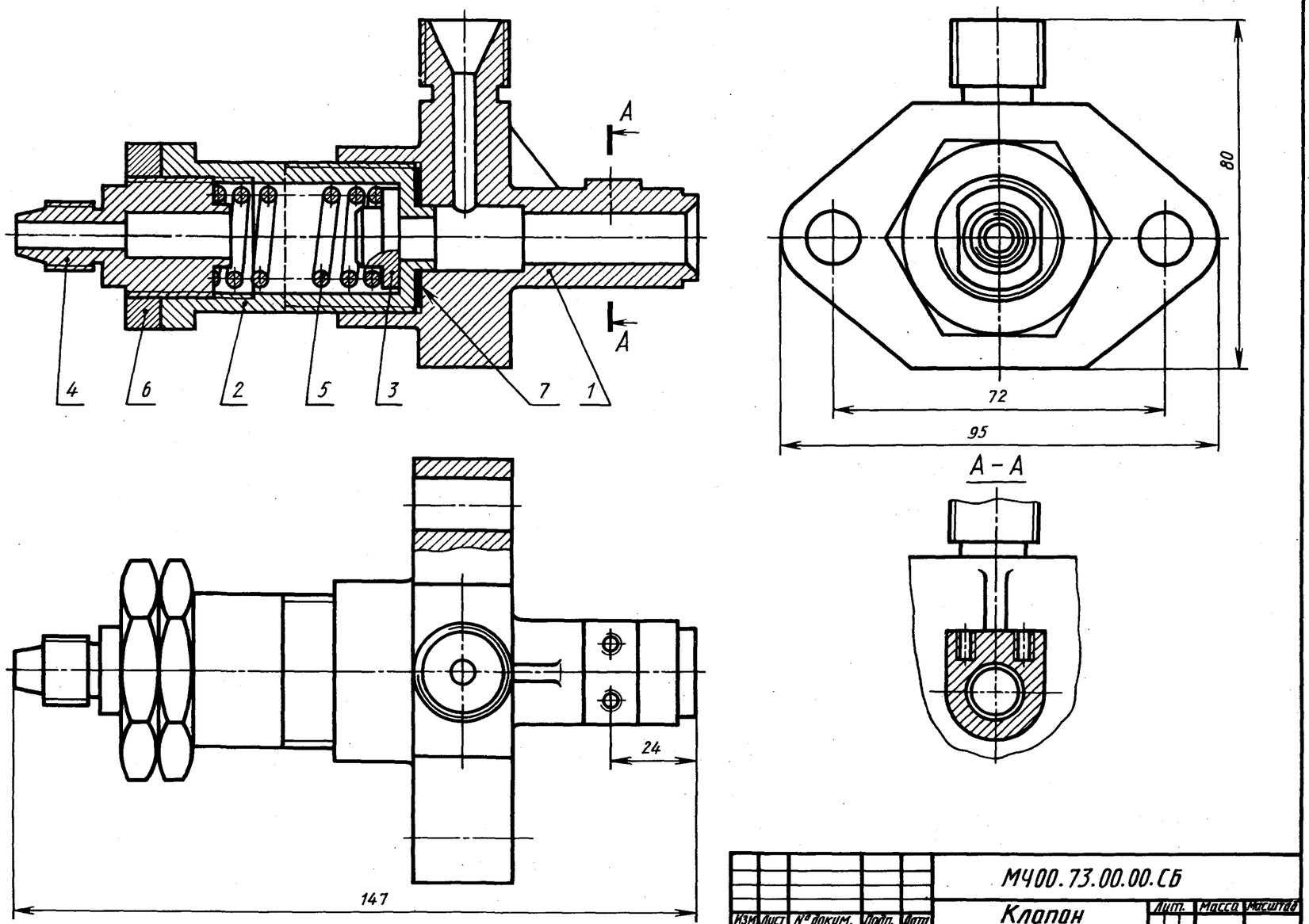
Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1*, *2*, *4* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *3* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74, детали поз. *5* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите детали, которые имеют резьбу.
2. Видна ли деталь поз. *2* на разрезе *А—А*?
3. Покажите контур детали поз. *2*.

МЧ00.73.00.00.СБ




| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | МЧ00.73.00.00.СБ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проект. | | | | | Клапан обратный<br>Сборочный чертеж | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | У | | 1:1 |
| Чертил | | | | | | Лист | Листов 1 | |
| Принял | | | | | | | | |

## 74. ВЕНТИЛЬ ЗАПОРНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.74.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.74.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.74.00.02 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.74.00.03 | Штуцер | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.74.00.04 | Фланец | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.74.00.05 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.74.00.06 | Кольцо | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.74.00.07 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.74.00.08 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.74.00.09 | Маховик | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.74.00.10 | Шпиндель | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.74.00.11 | Фланец | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.74.00.12 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.74.00.13 | Втулка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *14* | | Гайка М12.5<br>ГОСТ 5915—70 | 7 | |
| | | | | Кольцо СГ 28-17-3,5<br>ГОСТ 6418—81 | 5 | |
| | | *15* | | Шпилька М16×45.58<br>ГОСТ 22034—76 | 6 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *16* | | Шнур асбестовый<br>ШАОН 12<br>ГОСТ 1779—83 | | |
| | | *17* | | Картон А 1<br>ГОСТ 9347—74 | 3 | |
| | | *18* | | Кожа 3<br>ГОСТ 20836—75 | 1 | |

Запорный вентиль монтируют на трубопроводе, по которому движется жидкость или газ.

С помощью вентиля можно отключать одну часть трубопровода от другой. Для этого нужно опустить запорный клапан поз. *12* до соприкосновения его с торцом втулки поз. *5*. Перемещение клапана по вертикали производят вращением маховика поз. *9*. Гайка поз. *14* предупреждает соскакивание маховика со шпинделя поз. *10*. Уплотнение, состоящее из асбестового просаленного шнура поз. *16* прямоугольного сечения, прижимается сверху втулкой поз. *8*. При затяжке гайки поз. *7* сжатие уплотнения увеличивается.

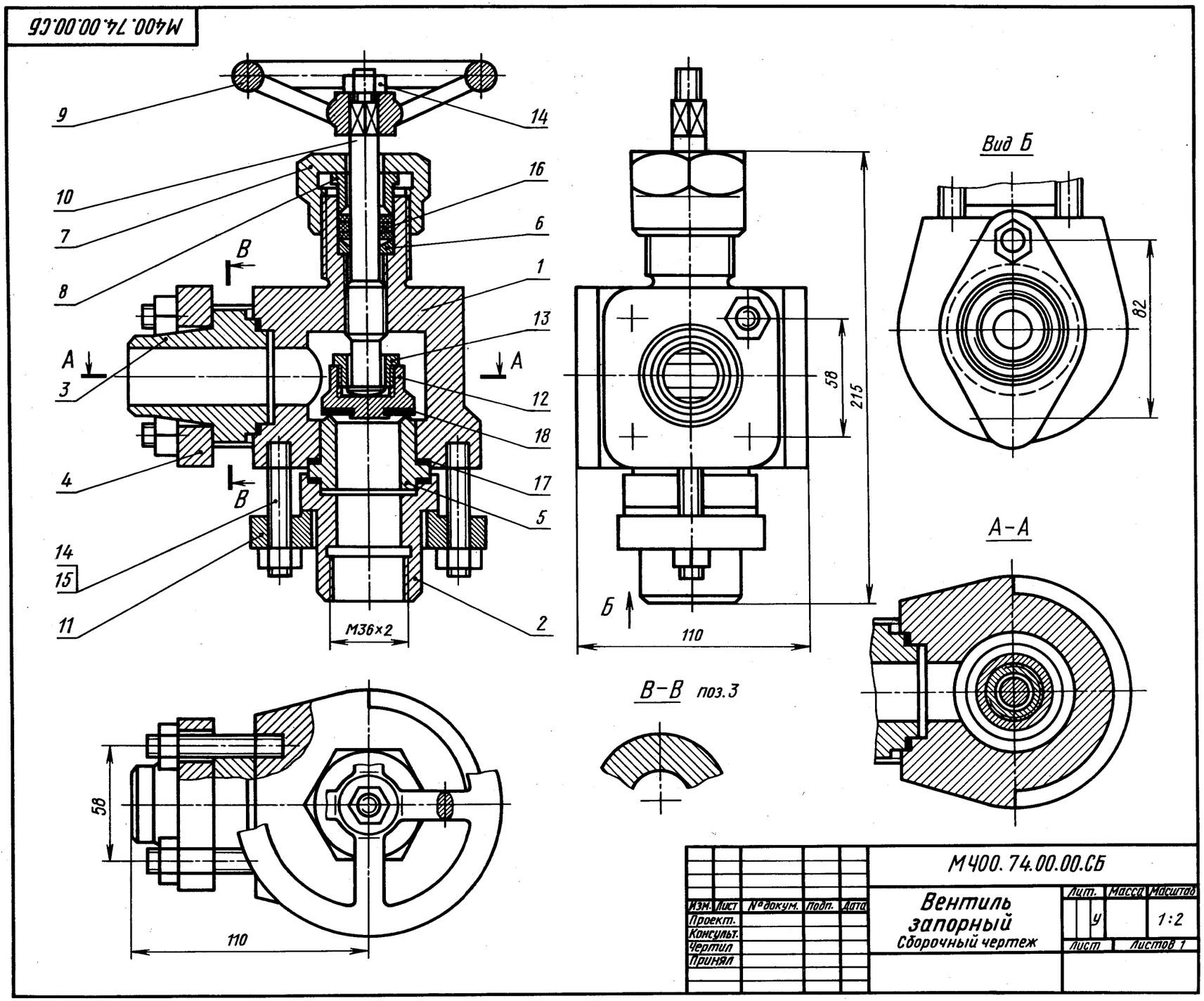
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5* и *7*... *11*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *3*.

Материал деталей поз. *1* ... *3*, *5*, *7*, *10* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *4*, *8* — Ст 6 ГОСТ 380—71, деталей поз. *6*, *9*, *11* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *12* — БрА9Мц2Л ГОСТ 493—79.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеются ли на чертеже сечения?
2. Назовите детали, показанные на разрезе *А—А*
3. Покажите контур детали поз. *1*.



## 75. ТЯГА

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.75.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А4 | | *1* | МЧ00.75.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.75.00.02 | Вилка | 1 | |
| А3 | | *3* | МЧ00.75.00.03 | Стяжка | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.75.00.04 | Вкладыш | 2 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.75.00.05 | Ось | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.75.00.06 | Кольцо | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Винт А.М4×30.58 ГОСТ 1491—80 | 1 | |
| | | *8* | | Винт М6×25.58 ГОСТ 1477—84 | 2 | |

Тяга применяется как промежуточное звено механизмов.

Тяга имеет корпус поз. *1* с двумя сменными стальными втулками (вкладышами) поз. *4*, которые фиксируются винтами поз. *8*. Корпус и вилка поз. *2* соединены винтовой стяжкой поз. *3*, имеющей на концах правую и левую резьбы. Длину тяги можно регулировать, для чего проворачивают ключом среднюю часть стяжки.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*.

Материал деталей поз. *1* ... *3*, *5*, *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *4* — БрА9Ж3Л ГОСТ 493—79.

### Ответьте на вопросы:

1. Назовите детали, видимые на разрезе *А—А*.
2. Как называется сечение *Б—Б*?
3. Покажите контур детали поз. *2*.

## 76. КЛАПАН ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.76.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.76.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.76.00.02 | Цилиндр | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.76.00.03 | Седло | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.76.00.04 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.76.00.05 | Клапан | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.76.00.06 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.76.00.07 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.76.00.08 | Обойма | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.76.00.09 | Винт | 1 | |
| А4 | | *10* | МЧ00.76.00.10 | Тарелка | 1 | |
| А4 | | *11* | МЧ00.76.00.11 | Тарелка | 1 | |
| А4 | | *12* | МЧ00.76.00.12 | Шток | 1 | |
| А4 | | *13* | МЧ00.76.00.13 | Колпак | 1 | |
| А4 | | *14* | МЧ00.76.00.14 | Втулка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *15* | | Винт М6×30.58 ГОСТ 1482—84 | 1 | |
| | | *16* | | Винт М6×35.58 ГОСТ 1482—84 | 1 | |
| | | *17* | | Гайка М10.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *18* | | Кожа 2 ГОСТ 20836—75 | 1 | |
| | | *19* | | Кожа 2 ГОСТ 20836—75 | 2 | |

Предохранительный клапан применяется для регулирования давления жидких или газообразных сред.

Клапан поз. *5* прижат к седлу поз. *3* штоком поз. *12* со сферической опорной поверхностью. Седло установлено на резьбе в корпус поз. *1* и стопорится винтом поз. *16*. Клапан расположен в регулировочной втулке поз. *14*, которая ввертывается в обойму поз. *8* и стопорится винтом поз. *15*. Втулка поз. *14* может занимать различное положение относительно седла, увеличивая или уменьшая проходное сечение трубопровода. Открытие клапана зависит от степени предварительного сжатия пружины поз. *7*. Сжатие пружины регулируется винтом поз. *9*. После регулировки винт поз. *9* фиксируют гайкой поз. *17* и закрывают колпаком поз. *13*.

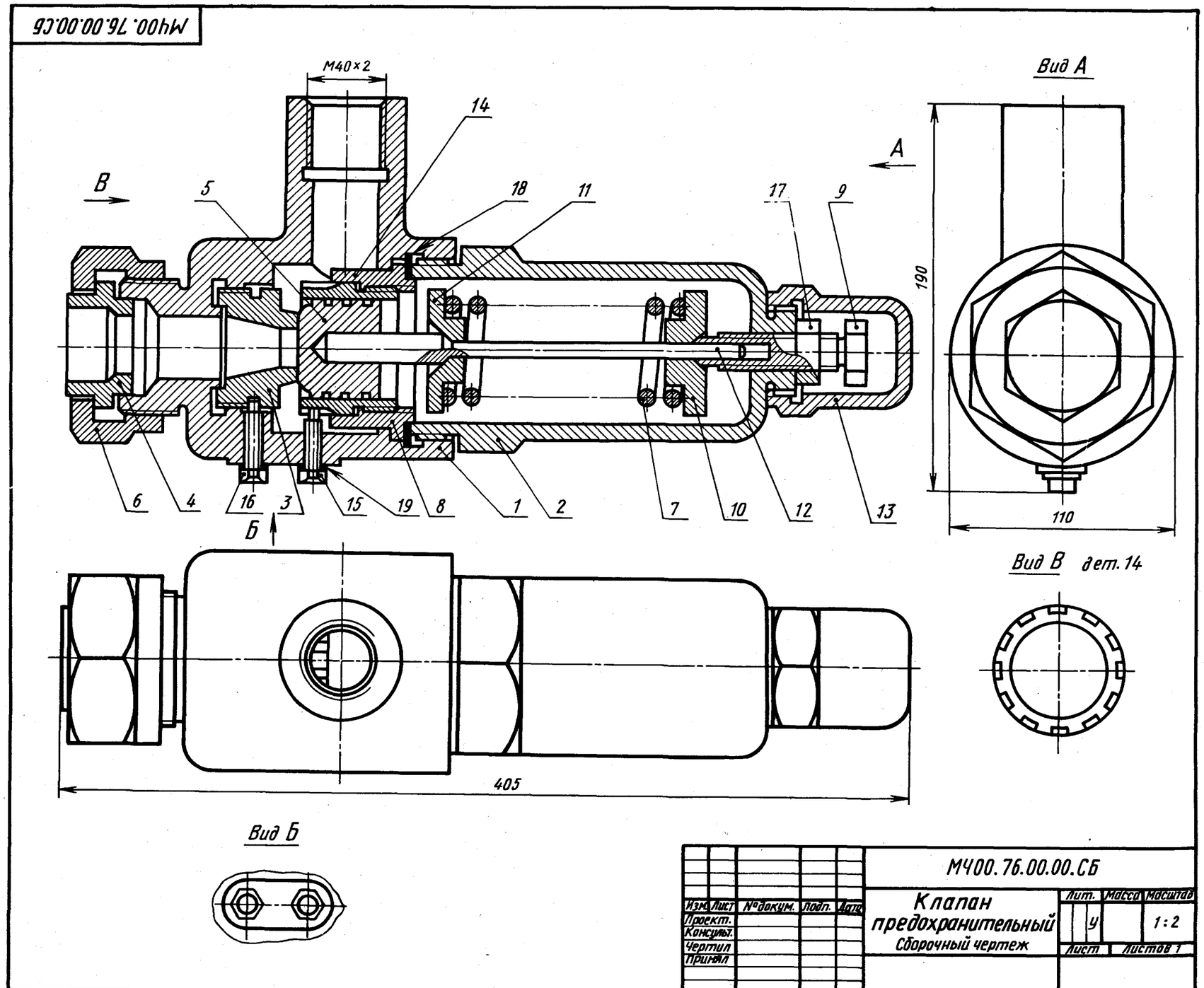
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*, *3*, *8*. Построить аксонометрическую проекцию детали поз. *1*.

Материал деталей поз. *1* ... *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74, деталей поз. *9* ... *14* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Обведите контур видимой части детали поз. *8* на виде сверху.
2. Назовите детали, которые имеют резьбу.
3. На каких изображениях видна деталь поз. *16*?




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | МЧ00.76.00.00.СБ | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |
| Проект. | | | | | Клапан предохранительный | Лит. | Масса | Масштаб |
| Консульт. | | | | | | | | |
| Чертил | | | | | Сборочный чертеж | У | | 1:2 |
| Принял | | | | | | Лист | Листов 1 | |

## 77. ПРИХВАТ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.77.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.77.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.77.00.02 | Прижим | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.77.00.03 | Стакан | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.77.00.04 | Пружина | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.77.00.05 | Поршень | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.77.00.06 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *7* | | Гайка М36.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *8* | | Кольцо 050-055-30 ГОСТ 9833—73 | 1 | |
| | | *9* | | Кольцо 025-030-30 ГОСТ 9833—73 | 2 | |

Гидравлический прихват предназначен для закрепления заготовок при механической обработке.

Масло под давлением поступает через левое отверстие в полость корпуса поз. *1*. При этом поршень поз. *5* опускается, прижим поз. *2* прижимает заготовку к столу станка или опорной плоскости приспособления, а пружины поз. *4*, *6* сжимаются. Для освобождения заготовки масло удаляется из полости корпуса, под действием пружины поз. *4* поршень поднимается вверх и прижим освобождает заготовку. Кольца поз. *8*, *9* из маслостойкой резины обеспечивают уплотнение поршня.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*.

Материал деталей поз. *1*, *2* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *3*, *5* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74, деталей поз. *4*, *6* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Имеются ли на чертеже стандартные детали?
2. Для чего предназначены пазы детали *3*?
3. Покажите контур детали поз. *2* на виде сверху.

МЧ00.77.00.00.СБ

Прихват

Сборочный чертеж

Лит. У | Масса | Масштаб 1:2

Лист | Листов 1

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Проект.

Консульт.

Чертил

Принял

## 78. АМОРТИЗАТОР

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.78.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.78.00.01 | Корпус | 1 | |
| А3 | | *2* | МЧ00.78.00.02 | Муфта | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.78.00.03 | Упор | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.78.00.04 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *5* | МЧ00.78.00.05 | Шток | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.78.00.06 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.78.00.07 | Пружина | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *8* | | Болт М12×45.58 ГОСТ 7798—70 | 6 | |
| | | *9* | | Гайка М12.5 ГОСТ 5915—70 | 6 | |
| | | *10* | | Гайка М20.5 ГОСТ 5915—70 | 1 | |
| | | *11* | | Шайба 12.01.019 ГОСТ 11371—78 | 6 | |

Амортизатор служит для поглощения ударных нагрузок на манипулятор в устройствах для механической подачи и поворота поковок на больших прессах и молотах.

Корпус поз. *1* присоединен болтами поз. *8* к крышке поз. *4*, которая также болтами крепится к манипулятору. Сжатие пружины поз. *7* регулируется гайкой поз. *10*, навинченной на конец штока поз. *5*. При работе толчки и вибрация через шток передаются на пружину.

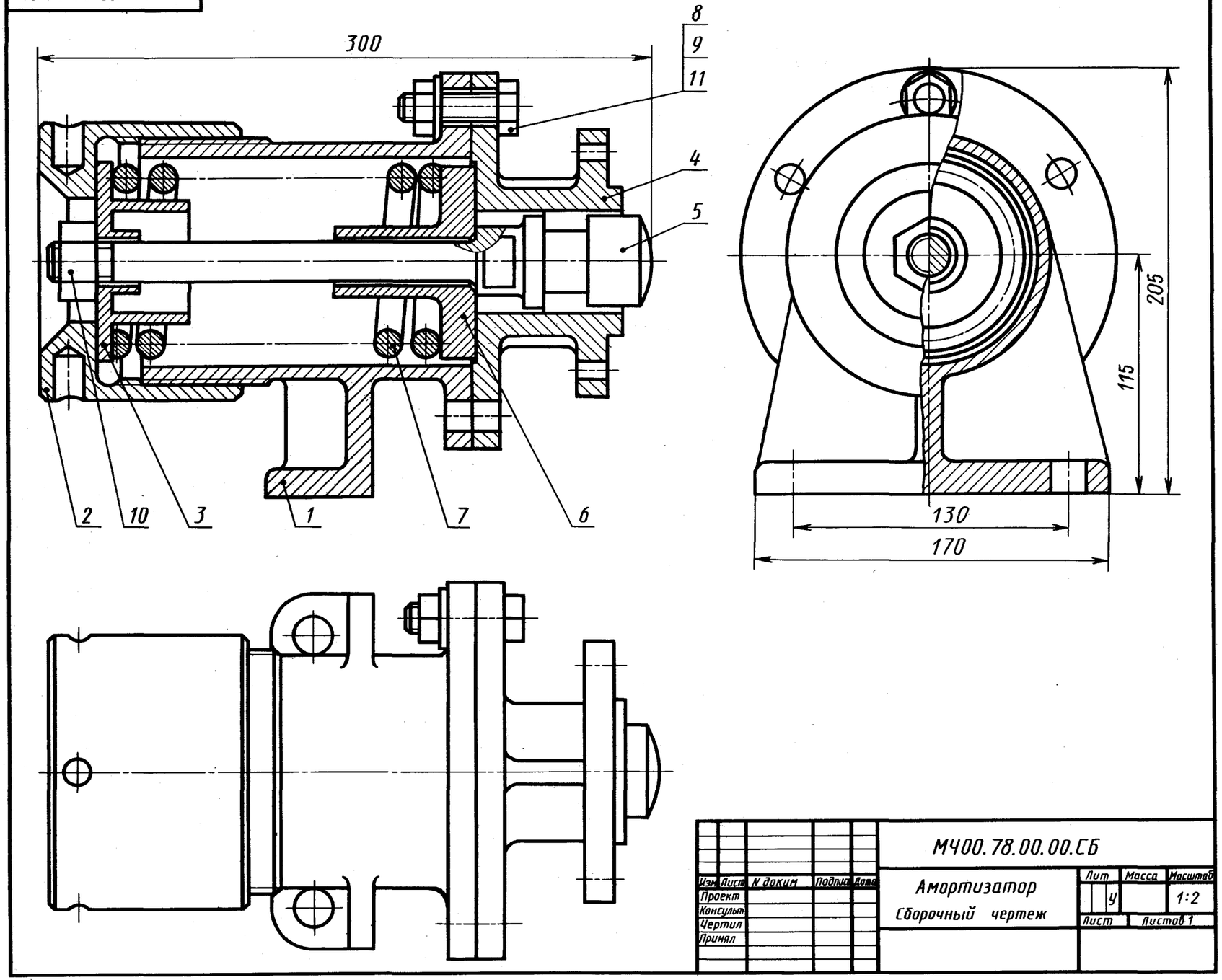
### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *6*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1* ... *4* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *5*, *6* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74, детали поз. *7* — Сталь 65Г ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *5*.
2. Какое назначение четырех отверстий детали поз. *2*?
3. Назовите детали, которые имеют резьбу.



## 79. КРАН ПРОБКОВЫЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.79.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.79.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.79.00.02 | Пробка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.79.00.03 | Фланец | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.79.00.04 | Патрубок | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.79.00.05 | Гайка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.79.00.06 | Ручка | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.79.00.07 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.79.00.08 | Гайка накидная | 1 | |
| А4 | | *9* | МЧ00.79.00.09 | Пробка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *10* | | Кольцо СГ 37-24-5 ГОСТ 6481—81 | 4 | |
| | | | | **Материалы** | | |
| | | *11* | | Картон А 1 ГОСТ 9347—74 | 3 | |

Пробковый кран предназначен для изменения площади поперечного сечения трубопровода, а следовательно, и количества жидкости, проходящей по трубопроводу.

Кран фланцем поз. *3* устанавливают на резервуар с жидкостью и крепят четырьмя болтами с гайками (на чертеже не показаны). К корпусу крана поз. *1* подведены два трубопровода. Трубопроводы подсоединяют с одной стороны накидной гайкой поз. *8*, а с другой стороны ввинчивают в резьбовое отверстие патрубка поз. *4*. Уплотнение пробки поз. *2* производится с помощью колец поз. *10*, втулки поз. *7* и регулирующей гайки поз. *5*. Отверстие в корпусе, закрытое пробкой поз. *9*, служит для выхода жидкости при прочистке корпуса.

### Задание

Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *4*, *7*, *8*.

Материал деталей поз. *1* ... *5*, *7*, *8* — БрА10 Мц2Л ГОСТ 493—79, деталей поз. *6*, *9* — Сталь 30 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Какое назначение детали поз. *7*?
2. Покажите контур детали поз. *1*.
3. Назовите позиции деталей на разрезе *Б—Б*.

## 80. РОЛИК НАПРАВЛЯЮЩИЙ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.80.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.80.00.01 | Корпус | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.80.00.02 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.80.00.03 | Крышка | 1 | |
| А3 | | *4* | МЧ00.80.00.04 | Вал | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.80.00.05 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *6* | МЧ00.80.00.06 | Ролик | 1 | |
| А4 | | *7* | МЧ00.80.00.07 | Втулка | 1 | |
| А4 | | *8* | МЧ00.80.00.08 | Втулка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *9* | | Болт М8×20.58 ГОСТ 7798—70 | 8 | |
| | | *10* | | Гайка М8.5 ГОСТ 5915—70 | 8 | |
| | | *11* | | Шарикоподшипник ГОСТ 8338—75 | 1 | |
| | | *12* | | Роликоподшипник ГОСТ 8328—75 | 1 | |

Ролик является частью устройства для перемещения заготовок в прокатных станах.

Корпус поз. *1* крепят к раме устройства двумя болтами (см. вид *А*). Два отверстия в ушках крышки поз. *3* и отверстия во фланце корпуса предназначены для деталей, соединяющих корпус с другими частями устройства. Вал поз. *4* опирается на два подшипника качения — шариковый поз. *11* и роликовый поз. *12*. Смещению подшипников в осевом направлении препятствуют дистанционные втулки поз. *2*, *7*, *8* и крышки поз. *3*, *5*. В каждой крышке сделаны три полукруглые проточки, которые заполняют густой смазкой, препятствующей проникновению в подшипники пыли и влаги.

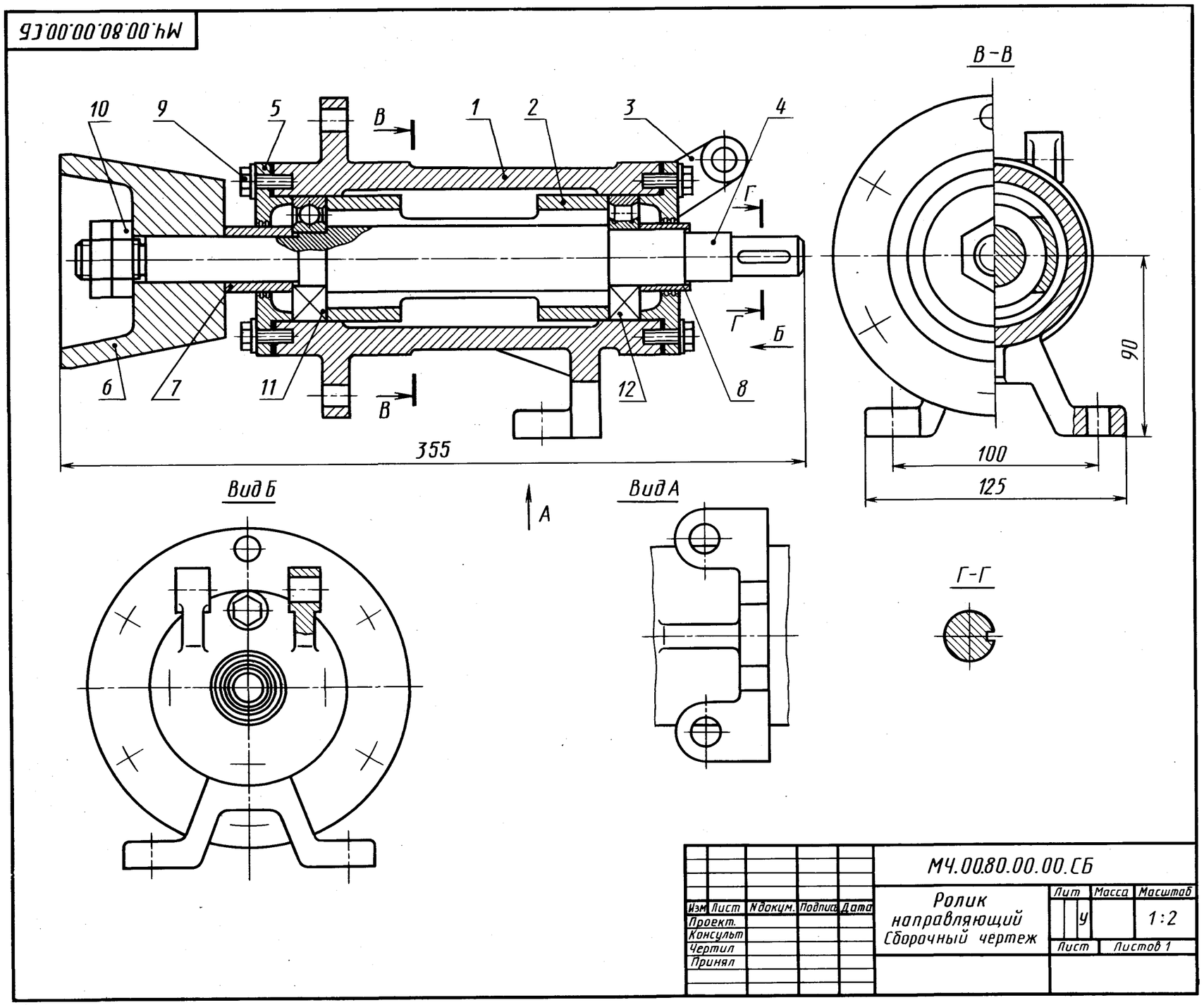
### Задание

Выполните чертежи деталей поз. *1* ... *6*. Деталь поз. *1* изобразить в аксонометрической проекции.

Материал деталей поз. *1*, *3*, *5*, *6* — СЧ 15 ГОСТ 1412—79, деталей поз. *2*, *4*, *7*, *8* — Сталь 20 ГОСТ 1050—74.

### Ответьте на вопросы:

1. Покажите контур детали поз. *3* на главном виде.
2. Имеются ли на чертеже сечения?
3. Какие детали видны на виде *Б*?



**81. ТЯГА**

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Документация** | | |
| А2 | | | МЧ00.81.00.00.СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | **Детали** | | |
| А3 | | *1* | МЧ00.81.00.01 | Стержень | 1 | |
| А4 | | *2* | МЧ00.81.00.02 | Крышка | 1 | |
| А4 | | *3* | МЧ00.81.00.03 | Полувкладыш левый | 1 | |
| А4 | | *4* | МЧ00.81.00.04 | Полувкладыш правый | 1 | |
| А4 | | *5* | МЧ00.81.00.05 | Втулка | 1 | |
| | | | | **Стандартные изделия** | | |
| | | *6* | | Болт М10×85.58<br>ГОСТ 7798—70 | 4 | |
| | | *7* | | Винт А.М5×8.58<br>ГОСТ 1491—80 | 2 | |
| | | *8* | | Гайка М10.5<br>ГОСТ 5915—70 | 4 | |
| | | *9* | | Шайба 10.01.05<br>ГОСТ 11371—78 | 4 | |
| | | *10* | | Штифт 5*h*8×10<br>ГОСТ 3128—70 | 1 | |

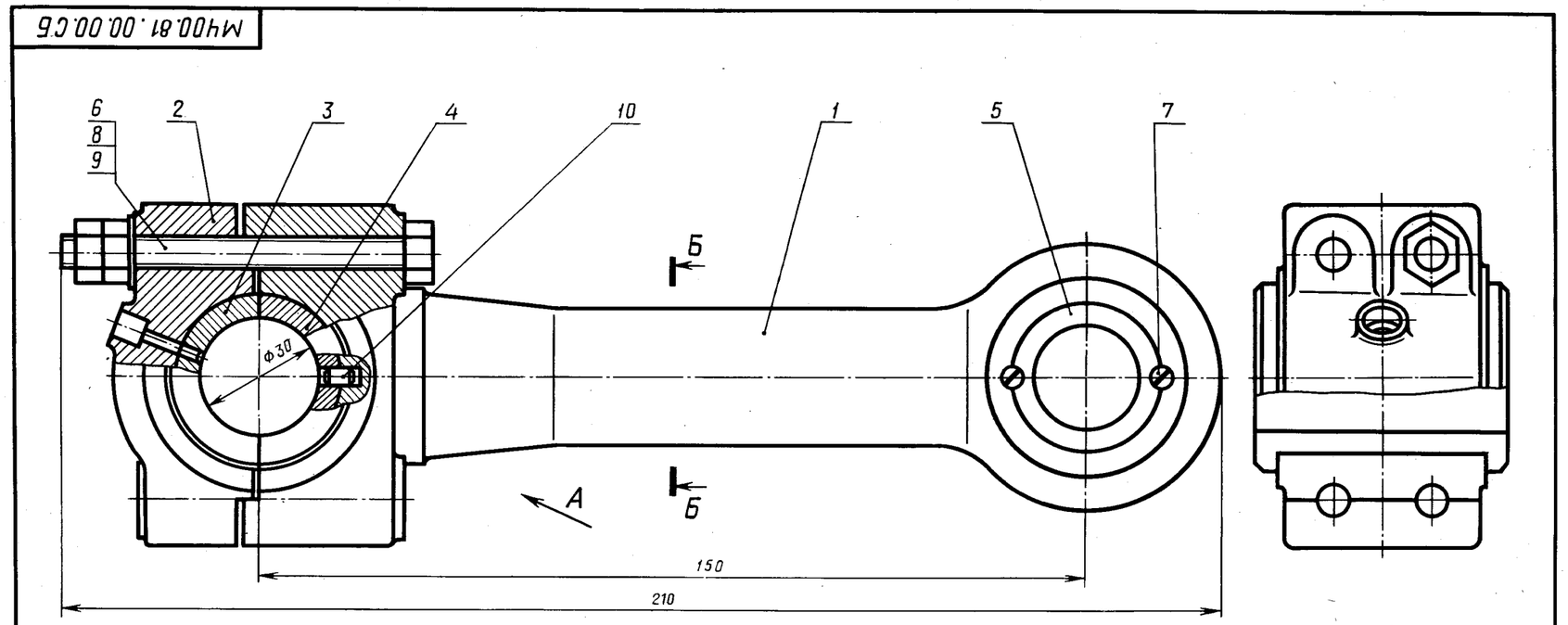
Тяга является промежуточным звеном механизмов различных машин.

Тяга состоит из стержня поз. *1* и крышки поз. *2*, внутри которых установлены вкладыши поз. *3*, *4* и втулка поз. *5*. Для уменьшения износа поверхностей вкладышей через отверстие в крышке поз. *2* и вкладыше поз. *3* подводится смазка.

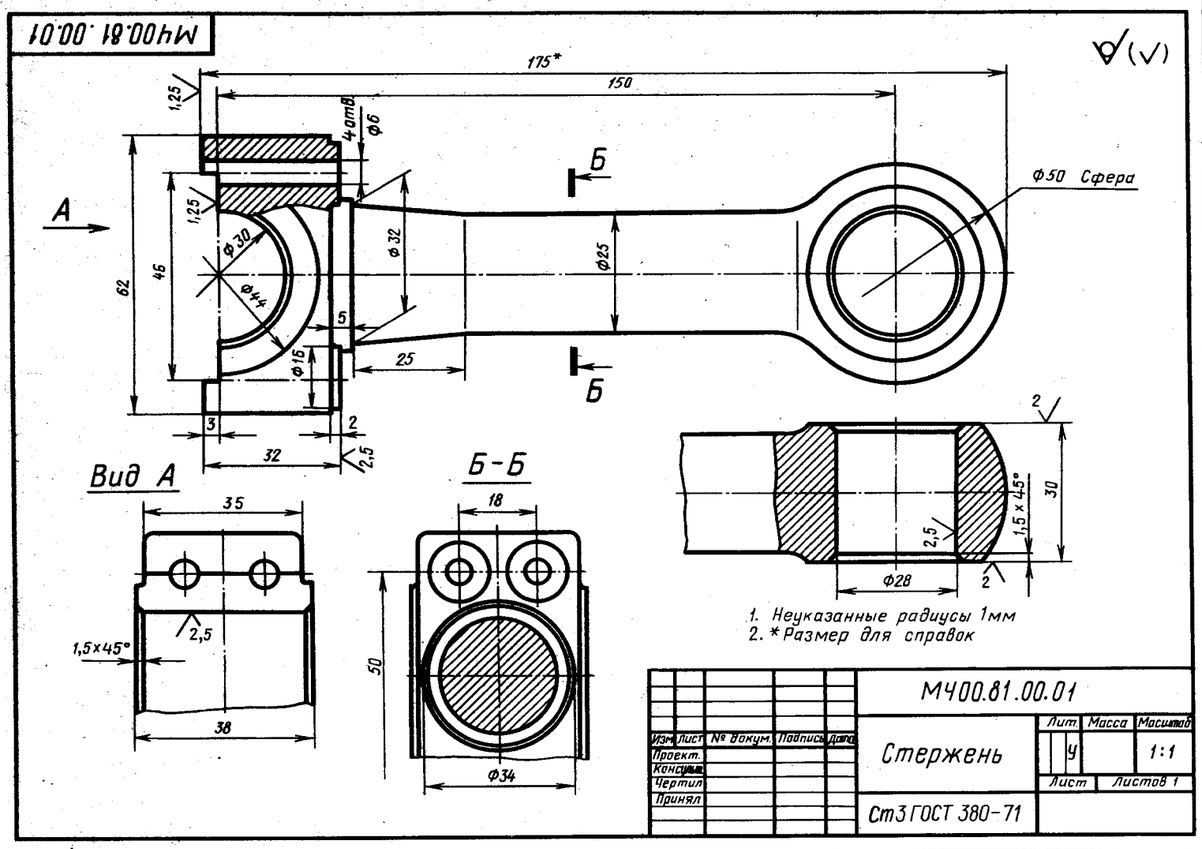
**Задание**

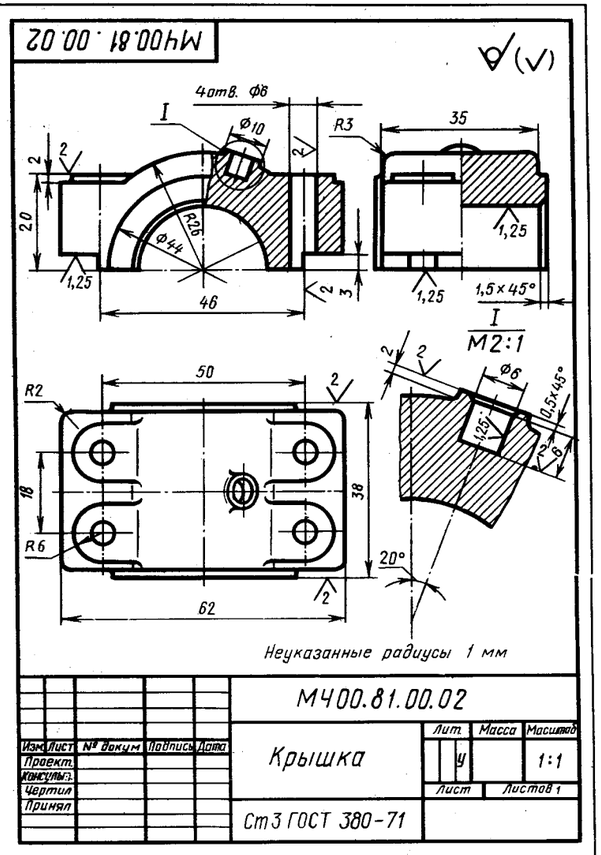
Выполнить чертежи деталей поз. *1* ... *5*. Деталь поз. *2* изобразить в аксонометрической проекции.

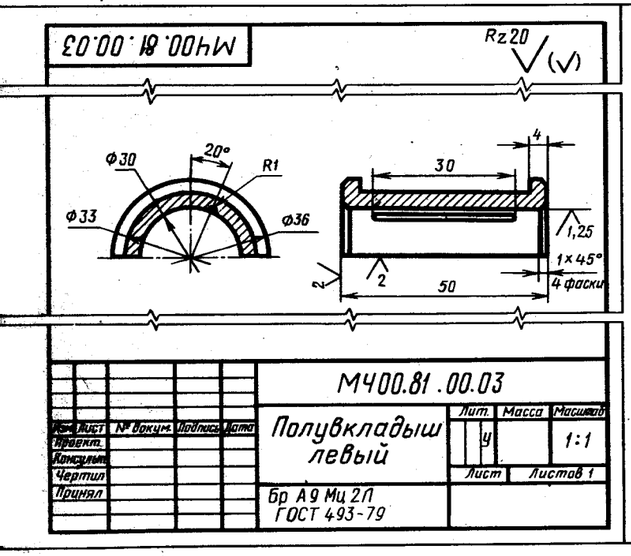
Материал деталей поз. *1*, *2* — Ст 3 ГОСТ 380—71, деталей поз. *3* ...*5* — БрА9Мц2Л ГОСТ 493—79.

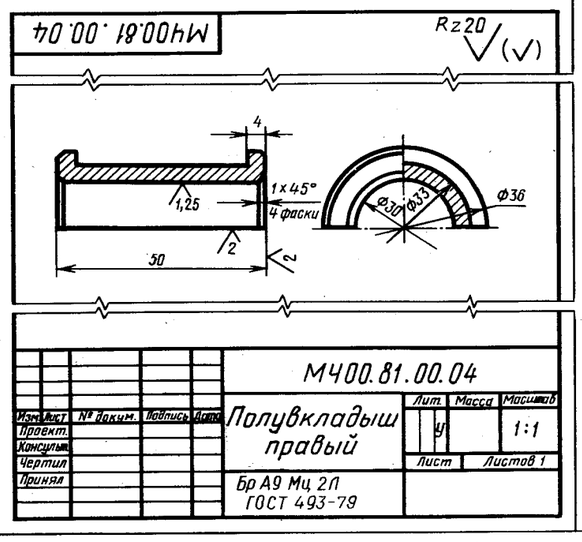


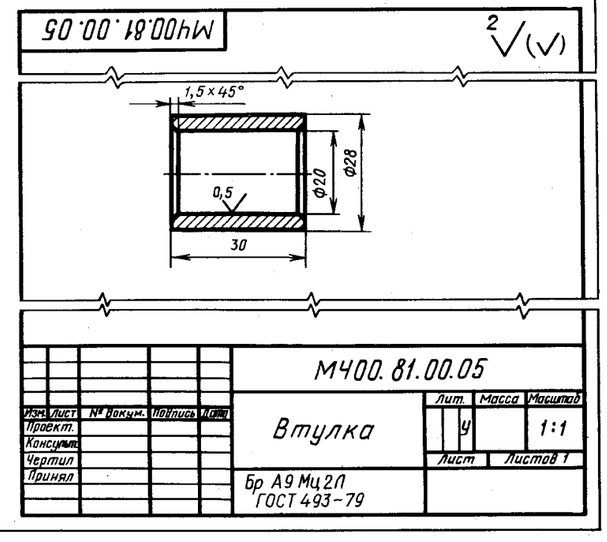

Долгопрудненский авиационный техникум
Электронная библиотека
Козловский Александр Юрьевич
141702 Россия Московская обл.
г. Долгопрудный, ул. Собина, 1
Phone: 8(495)4084593 8(495)4083109
Email: dat_ts@mail.ru
Site: gosdat.ru




## СОДЕРЖАНИЕ


Методические указания . . . . . 2
01. Клапан перепускной . . . . . 3
02. Выключатель подачи топлива . . . . . 4
03. Кран сливной . . . . . 5
04. Зажим гидравлический . . . . . 6
05. Клапан предохранительный . . . . . 7
06. Прижим гидравлический . . . . . 8
07. Призма раздвижная . . . . . 9
08. Форсунка . . . . . 10
09. Тиски . . . . . 11
10. Зажим гидравлический поворотный . . . . . 12
11. Ролик поддерживающий . . . . . 13
12. Отводка с винтовым приводом . . . . . 14
13. Обойма . . . . . 15
14. Отводка ручная . . . . . 16
15. Подшипник . . . . . 17
16. Регулятор давления . . . . . 18
17. Клапан пусковой . . . . . 19
18. Тиски . . . . . 20
19. Клапан сетевой обратный . . . . . 21
20. Насос шестеренный . . . . . 22
21. Цилиндр пневматический . . . . . 23
22. Прихват передвижной . . . . . 24
23. Клапан механический . . . . . 25
24. Клапан двухходовой . . . . . 26
25. Клапан . . . . . 27
26. Цилиндр гидравлический . . . . . 28
27. Буфер . . . . . 29
28. Цилиндр пневматический качающийся . . . . . 30
29. Тяга . . . . . 31
30. Вентиль запорный . . . . . 32
31. Колесо . . . . . 33
32. Приспособление для нарезки сегментных шпонок . . . . . 34
33. Гидрозамок . . . . . 35
34. Амортизатор роликовый . . . . . 36
35. Клапан обратный . . . . . 37
36. Ролик регулируемый . . . . . 38
37. Тяга . . . . . 39
38. Прибор контрольный . . . . . 40
39. Клапан питательный . . . . . 41
40. Ролик натяжной . . . . . 42
41. Кран угловой . . . . . 43
42. Устройство натяжное . . . . . 44
43. Опора подшипниковая . . . . . 45
44. Зажим гидравлический . . . . . 46
45. Кондуктор . . . . . 47
46. Ролик упорный . . . . . 48
47. Привод поршневой пневматический . . . . . 49
48. Муфта быстросъемная . . . . . 50
49. Зажим . . . . . 51
50. Устройство натяжное . . . . . 52
51. Амортизатор . . . . . 53
52. Клапан . . . . . 54
53. Клапан распределительный . . . . . 55
54. Механизм переключения передач . . . . . 56
55. Приспособление для фрезерования . . . . . 57
56. Вентиль . . . . . 58
57. Эжектор . . . . . 59
58. Ролики направляющие . . . . . 60
59. Пресс-форма . . . . . 61
60. Вентиль . . . . . 62
61. Приспособление зажимное . . . . . 63
62. Клапан . . . . . 64
63. Клапан предохранительный . . . . . 65
64. Редуктор . . . . . 66
65. Клапан предохранительный . . . . . 67
66. Приспособление для фрезерования вкладышей . . . . . 68
67. Буфер . . . . . 69
68. Опора валковой дробилки . . . . . 70
69. Зажимное приспособление . . . . . 71
70. Клапан предохранительный . . . . . 72
71. Тяга . . . . . 73
72. Кран пневматический . . . . . 74
73. Клапан обратный . . . . . 75
74. Вентиль запорный . . . . . 76
75. Тяга . . . . . 77
76. Клапан предохранительный . . . . . 78
77. Прихват . . . . . 79
78. Амортизатор . . . . . 80
79. Кран пробковый . . . . . 81
80. Ролик направляющий . . . . . 82
81. Тяга . . . . . 83

2 р. 20 к.



„МАШИНОСТРОЕНИЕ“

**Министерство образования и науки**
**Российской Федерации**
**Федеральное государственное бюджетное**
**образовательное учреждение**
**высшего образования**
**«Уральский государственный горный**
**университет»**

**И. Б. Белоносова**

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

# РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

**Екатеринбург – 2018**

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
Горно-технологического
факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

# РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

*4-е издание, исправленное*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

Б 43 Рецензент: *Л. Г. Тимофеева*, доцент Уральского государственного лесотехнического университета.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 15._02.2018 года (протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Белоносова И. Б.

Б 43 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. РЕЗЬБА. Методическое пособие по теме «Условности машиностроительного черчения» для самостоятельной работы студентов всех специальностей и направлений. 4-е издание, исправленное / И. Б. Белоносова; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 38 с.

В методическом пособии содержатся исходные данные для индивидуальных заданий, примеры их выполнения, а также основные сведения о резьбах, применяемых в машиностроении, параметрах и технологических элементах резьб в соответствии с Государственными стандартами.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей и направлений.

© Белоносова И. Б., 1994, 2002, 2012
© Уральская государственная горно-геологическая академия 1994, 2002.
© Уральский государственный горный университет, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82) 3
ТИПЫ РЕЗЬБ ..... 5
Метрическая резьба ..... 6
Трубная цилиндрическая резьба ..... 7
2.3.Трапецеидальная резьба ..... 9
2.4.Упорная резьба ..... 10
2.5.Прямоугольная и квадратная резьбы ..... 12
Изображение резьбы ..... 13
Изображение наружной резьбы ..... 13
Изображение внутренней резьбы ..... 14
Изображение специальных резьб ..... 15
Изображение резьбового соединения ..... 15
ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ ..... 16
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ ..... 17
Сбег резьбы ..... 17
Недовод резьбы ..... 18
Недорез резьбы ..... 18
Фаска ..... 18
Проточка ..... 19
6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ» ..... 20
Цель задания ..... 20
Содержание задания ..... 20
ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ..... 24
Конец вала с метрической резьбой на стержне ..... 24
Конец вала с метрической резьбой в отверстии ..... 27
Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне ..... 28
Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии ..... 30
Конец вала с упорной резьбой в отверстии ..... 31
Изображение шпоночного паза ..... 32
Примеры оформления задания ..... 33
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 37

Резьбовые соединения широко распространены в машиностроении. Они обладают такими достоинствами, как универсальность, высокая надежность, способность воспринимать большие нагрузки, удобство сборки и разборки, простота изготовления.

## 1. РЕЗЬБА. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ (ГОСТ 11708-82)

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

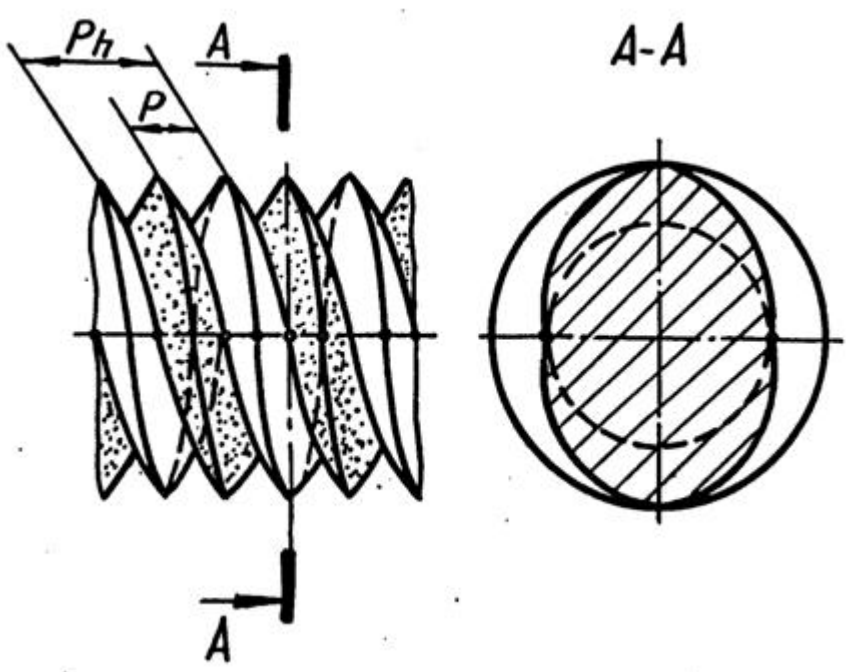



Рис. 1

Резьбы классифицируются по следующим признакам:

1. В зависимости от формы поверхности, на которой нарезана резьба, они подразделяются на цилиндрические и конические.

2. В зависимости от расположения резьбы на поверхности стержня или отверстия они подразделяются на внешние и внутренние.

3. В зависимости от формы профиля различают резьбы треугольного, прямоугольного, круглого и других профилей.

4. По эксплуатационному назначению резьбы делятся на крепежные (метрические, дюймовые), крепежно-уплотнительные (трубные, конические), ходо-вые (трапецеидальные, упорные, прямоугольные, круглые), специальные и др.

5. В зависимости от направления винтовой поверхности различают правые и левые резьбы.

6. По числу заходов резьбы подразделяются на однозаходные и многозаходные (двух-трехзаходные) и др.

Все резьбы разделяют на следующие группы:

- стандартизованные – резьбы с установленными стандартами параметрами: профилем, шагом, диаметром;
- нестандартизованные или специальные – резьбы, параметры которых не соответствуют стандартизованным.

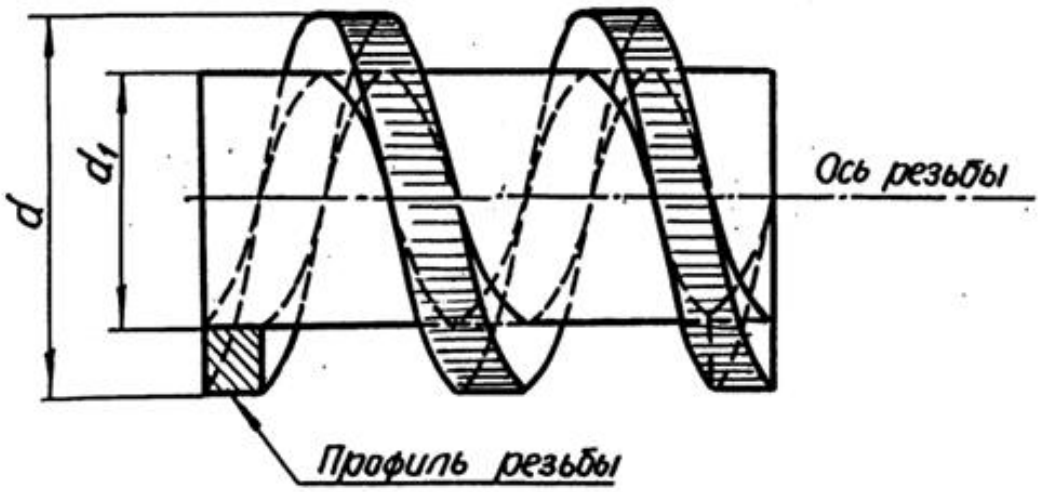



Рис. 2

Основные элементы и параметры резьб имеют следующие определения. **Ось резьбы** – прямая, относительно которой происходит винтовое движение контура, образующего резьбу (рис. 2).

**Профиль резьбы** – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось. Резьбу называют по форме ее профиля: треугольной, прямоугольной, трапецеидальной и т. п.

**Левая резьба –** образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя. К обозначению левых резьб добавляется «*LH*».

**Правая резьба –** образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя.

**Шаг резьбы** ( $\boldsymbol{P}$ ) **–** расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы (рис. 1).

Х**од резьбы** ( $\boldsymbol{P_h}$) - расстояние между ближайшими одноименными и боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы.

**Наружный диаметр резьбы** ($d$ – для болта, $D$ – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы (рис. 2).

**Внутренний диаметр резьб ы** ($d_1$ – для болта, $D_1$ – для гайки) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

## 2. ТИПЫ РЕЗЬБ

В машино- и приборостроении применяются стандартные резьбы различных типов.

2 . 1 . Метрическая резьба

Профиль метрической резьбы представляет собой равнобедренный треугольник с углом при вершине 60 . Вершины и впадины витков имеют срез, благодаря которому между вершинами витков болта и впадинами гайки оставляется некоторый зазор, который предотвращает заклинивание.

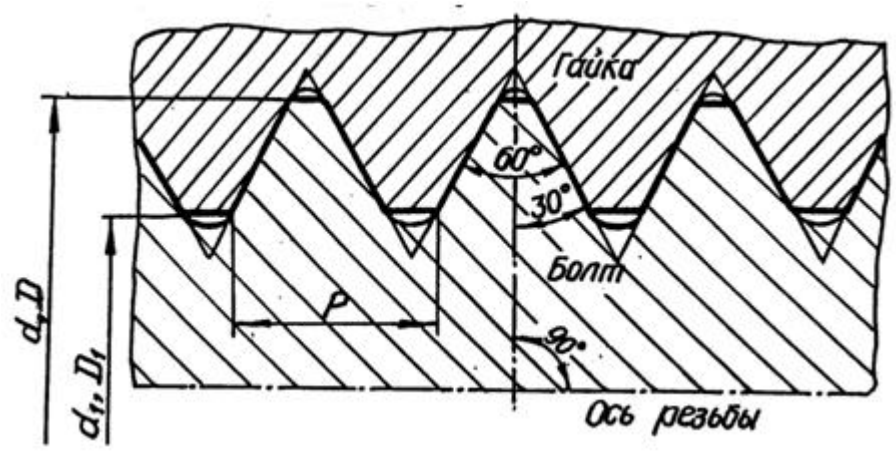



Рис. 3

Размеры метрической резьбы для диаметров от 1 до 600 мм установлены по ГОСТ 8724-81 и 9150-81. Диаметры резьб разделены на три ряда, а шаги на крупные и мелкие. Крупным называют наибольший из шагов для номинального размера диаметра резьбы. Метрические резьбы с крупным шагом установлены для диаметров от 1 до 63 мм; метрические резьбы с мелкими шагами - для диаметров от 1 до 600 мм.

Резьба с крупным шагом обозначается прописной буквой *M* и номинальным диаметром, например: *M*24, *M*36.

Резьба с мелким шагом обозначается прописной буквой *M*, номинальным диаметром и шагом, например: *M*24 2, *M*36 2.

Резьба левая обозначается буквами *LH*, например: *M*24 *LH*, *M*24 2*LH*. Резьбы многозаходные обозначаются буквой *M*, номинальным диаметром, числовым значением хода и в скобках буквой *P*, и числовым значением шага, например: трехзаходная резьба с шагом 2 мм *M*36 3(*P*2), для левой резьбы *M*36 3(*P*2)*LH*.

Согласно ГОСТ 16093-81 система допусков резьб общего назначения предусматривает допуски диаметров резьб, устанавливаемые степенями точно-сти:

для наружного диаметра наружной резьбы (болта) – 4, 6, 8;

для внутреннего диаметра внутренней резьбы (гайки) – 4, 5, 6, 7, 8; Положение полей допусков диаметров резьбы имеют следующие обозна

чения:

для резьбы болтов – *d*, *e*, *f*, *d*, *h*;

для резьбы гаек – *E*, *F*, *G*, *H*.

Примеры обозначения резьбы номинальным диаметром 20 мм с обозна-чением полей допусков:

*M*20-6*g* - с крупным шагом, наружная;

*M*20-6*H* - с крупным шагом, внутренняя;

*M*20 2-6*g* - с мелким шагом, внутренняя;

*M*20 2*LH*-6*g* - с мелким шагом, наружная, левая.

Посадка обозначается дробью: числитель – поле допуска внутренней

резьбы, знаменатель - поле допуска наружной, например: *M*20 2*LH*-6*H*/6*g*.

Для покупных крепежных изделий рекомендуется применять следующие значения полей допуска: для гайки – 6*H*, 7*H* и для болта - 6*g*, 8*g*.

## 2 . 2 . Трубная цилиндрическая резьба

Трубную цилиндрическую резьбу (ГОСТ 6357-81) применяют в трубо-проводах, а также в соединениях внутренней цилиндрической резьбы с наруж-ной конической резьбой.

Профилем трубной резьбы (рис. 4) является равнобедренный треугольник

с углом при вершине 55 и закругленными вершинами и впадинами. Профили наружной и внутренней резьбы совпадают, что обеспечивает герметичность в соединениях этой резьбы.

Характерные особенности трубной цилиндрической резьбы:

- резьба имеет более мелкий шаг и меньшую высоту профиля по сравнению с дюймовой цилиндрической резьбой;

- фактический наружный диаметр резьбы большего его номинального значения примерно на двойную толщину стенок трубы;

- номинальный наружный диаметр резьбы условно принимают равным внутреннему диаметру трубы, на которой нарезается резьба (рис. 5).

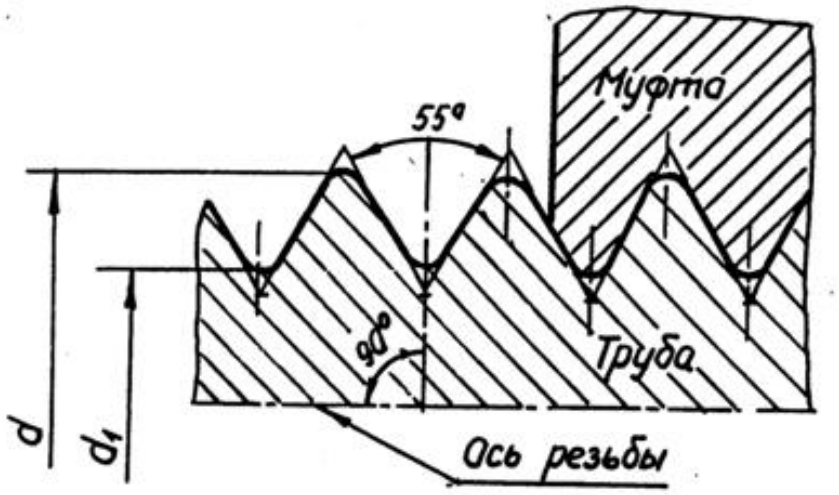



Рис. 4

Трубную резьбу условно обозначают в дюймах (1 =25,4 мм), указываю-щих (приближенно) величину диаметра отверстия трубы, который называют диаметром условного прохода трубы и обозначают $D_y$.

Трубную цилиндрическую резьбу нарезают на трубах до 6 . Трубы свыше 6 сваривают.

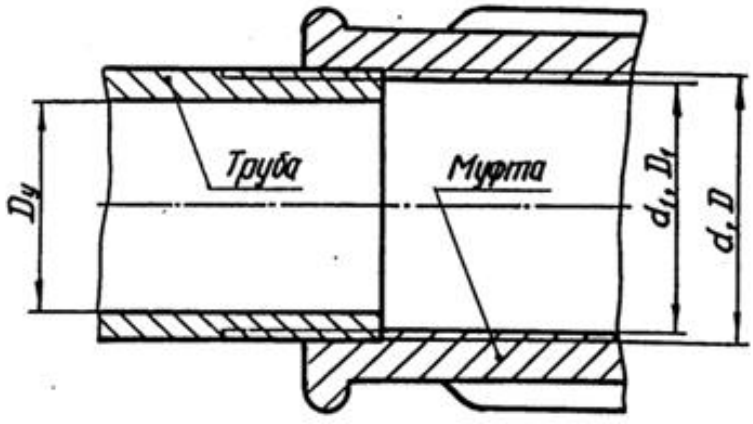



Рис. 5

Обозначение трубной цилиндрической резьбы по ГОСТ 6357-81 состоит из буквы G, номинального размера резьбы в дюймах и класса точности изготовления резьбы. Для трубной цилиндрической резьбы установлены два класса точности – А и В., например:

- резьба класса точности А: G1 – А;

- резьба левая (*LH*) класса точности *B*: *G*3*LH* – *B*;

- резьбовое соединение при классах точности внутренней резьбы *A*, наружной *B*: *G*3 – А/*B*.

2 . 3 . Трапецеидальная резьба

Трапецеидальная резьба по ГОСТ 9484-81 служит для передачи движений и усилий. Трапецеидальная резьба применима для диаметров от 10 до 640 мм и может иметь шаги от 2 до 48 мм. Предусмотрено выполнение резьб одного и того же диаметра, но с различными шагами.

Трапецеидальная резьба имет профиль в виде равнобочной трепеции с углом между ее боковыми сторонами, равными 30 (рис. 6).

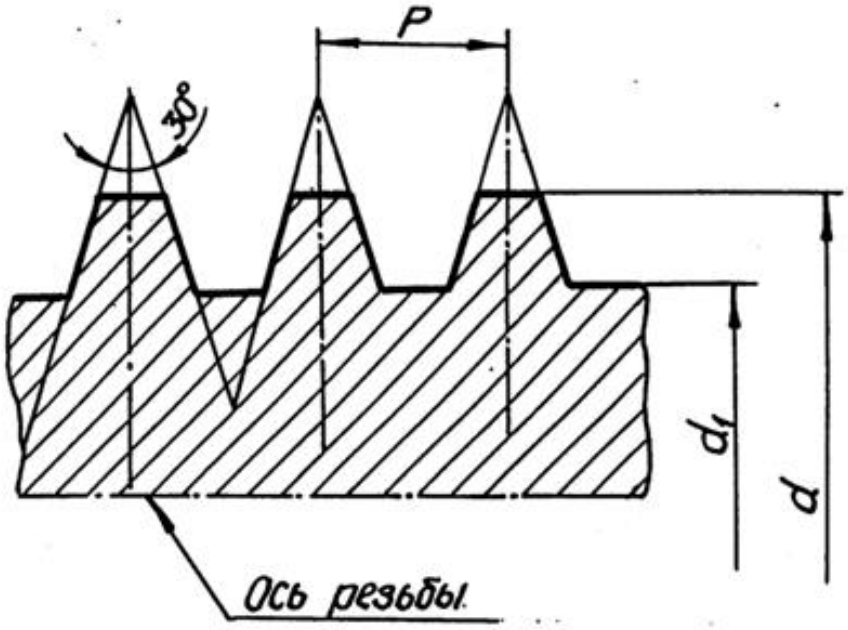



Рис. 6

Симметричный профиль резьбы позволяет применять ее для риверсивных винтовых механизмов. Одинаковые зазоры по наружному и внутреннему диа-метрам создают благоприятные условия для смазывания. Трапецеидальная резьба может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой.

Номинальные размеры трапецеидальной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 24738-81.

Условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы включает буквы *Tr*, номинальный диаметр и шаг, а также буквы *LH* для левой резьбы, например, *Tr*40 3*LH*.

Основные размеры и допуски резьбы трапецеидальной многозаходной устанавливает ГОСТ 24739-81.

Условное обозначение трапецеидальной многозаходной резьбы содержит буквы *Tr*, номинальный диаметр, числовое значение хода и в скобках буква Р с числовым значением шага, например, *Tr*20 4(P2)*LH*.

В производственных чертежах в обозначение резьбы обязательно вклю-чают обозначение поля допуска, состоящее из цифры, показывающей степень точности среднего диаметра резьбы и буквы латинского алфавита, обозначаю-щей основное отклонение этого диаметра, например, *Tr*20 4(P2)*LH*-8*H*/8*e*.

2 . 4 . Упорная резьба

Упорная резьба обладает высокой прочностью и высоким КПД. Она применяется в грузовых винтах для передачи больших усилий, действующих в од-ном направлении в мощных домкратах, прессах и т. д.

Профиль резьбы (рис. 7) представляет собой трапецию, одна сторона которой является рабочей стороной профиля, и ее положение определяется углом наклона 3 . Другая сторона трапеции (нерабочая сторона профиля) имеет угол наклона 30 .

Профиль и параметры упорной резьбы предусматривает ГОСТ 10177-82. Для упорной резьбы предусмотрены номинальные диаметры резьбы от 10 до

640 мм, резьба может выполняться с разными шагами при одном и том же диаметре.

На чертеже упорная резьбы обозначается буквой S, номинальным диаметром и шагом, например: резьба упорная левая, имеющая номинальный диаметр 80 мм и шаг 16 мм – *S*80 16 *LH*.

В прессостроении применяется также упорная резьба, профиль которой представляет собой неравнобочную трапецию с углом рабочей стороны 0 и нерабочей – 45 . Усиленная упорная резьба предусмотрена для диаметров от 80

до 2000 мм.

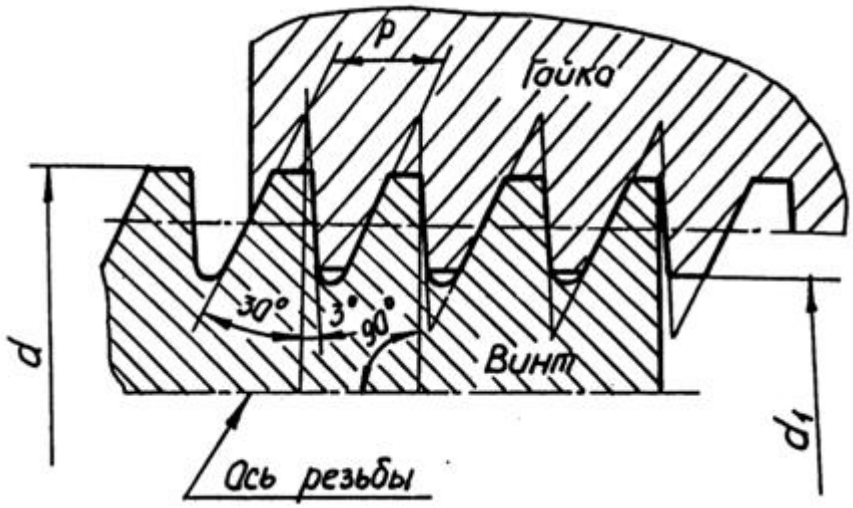



Рис. 7

2 . 5 . Прямоугольна я и квадратная резьбы

Прямоугольная и квадратная резьбы имеют высокий КПД и дают большой выигрыш в силе, поэтому они применяются для передачи осевых усилий в грузовых винтах и движения в ходовых винтах.

Прямоугольная и квадратная резьбы не стандартизованы, так как имеют следующие недостатки:

- в соединении (типа «болт – гайка») трудно устроить биение;

- они обладают прочностью меньшей, чем трапецеидальная резьба, так как основание витка у трапецеидальной резьбы при одном и том же шаге шире,

чем у прямоугольной или квадратной резьб;

- их труднее изготовить, чем трапецеидальную.

В соответственных соединениях эти резьбы заменены трапецеидальными. При изображении этих резьб обязательно указывают ее профиль и размеры (рис. 8). Диаметр резьбы предпочтительно выбирать из ряда номинальных диаметров метрической резьбы.

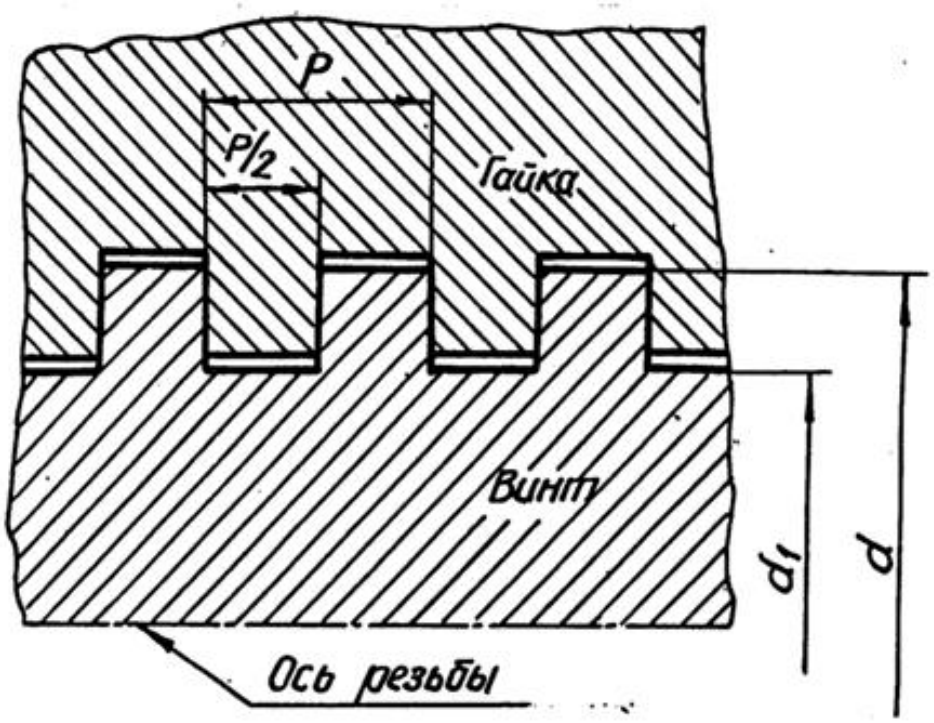



Рис.8

# 3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Все резьбы, независимо от их типа, изображаются на чертежах условно в соответствии с ГОСТ 2.311-68.

Основная условность заключается в проведении сплошной толстой линии вместо выступов резьбы и тонкой сплошной линии вместо впадин; витки резьбы не изображаются. Границу резьбы упрощенно изображают прямой, перпендикулярной к оси изображения; эта прямая, если она видимая, выполняется сплошной толстой линией.

## 3 . 1 . Изображение наружной резьбы

Изображение резьбы содержит линии, соответствующие: оси резьбы, наружному и внутреннему диаметрам резьбы и границе резьбы. Резьбу на стерж-не изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резь-бы и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру (рис. 9).

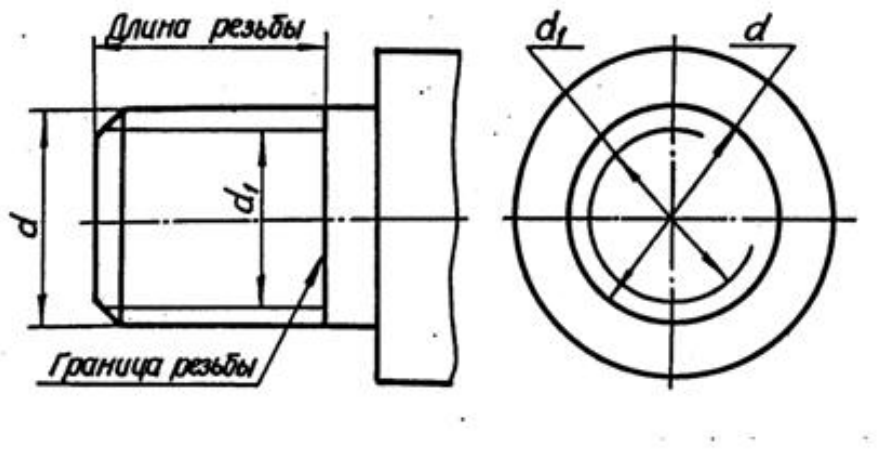



Рис.9

При изображении на плоскости, параллельной оси резьбы, тонкая линия должна пересекать границу фаски на конце стержня и доходить до сплошной линии, ограничивающей резьбу.

При изображении резьбы на плоскости, перпендикулярной к оси резьбы. тонкую линию окружности внутреннего диаметра резьбы проводят в виде дуги, примерно равной ¾ этой окружности. Разрыв окружности допускается делать в любом месте. Расстояние между сплошной и тонкой линиями обычно принимают равным не менее 0,8 мм и не более шага резьбы.

Не принято на этом виде показывать фаску, а также начинать и кончать тонкую линию на центровых (осевых линиях).

3. 2. Изображение внутренней резьбы

Резьбу в отверстии изображают в плоскости разреза сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

На виде, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси резьбы, наружный диаметр резьбы изображают сплошной тонкой линией, приблизительно равной ¾ окружности, разомкнутой в любом месте.

Штриховку на разрезах и сечениях наносят до сплошных основных линий, соответствующих внутреннему диаметру резьбы в отверстии или наружному диаметру резьбы на стержне.

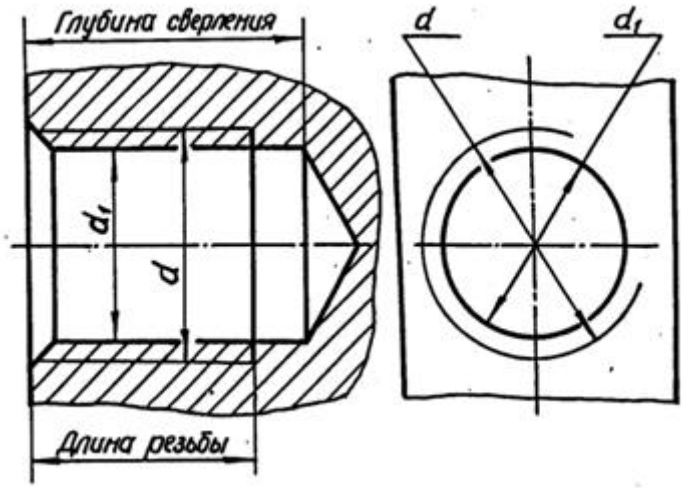



Рис. 10

3 . 3 . Изображение специальных резьб

При изображении резьб нестандартного профиля обязательно выявлять профиль резьбы либо с помощью местного разреза, либо – выносного элемента, указывая все необходимые размеры (наружный и внутренний диаметр резьбы, ширину впадины и шаг резьбы), а также и дополнительные данные: число захо-дов для многозаходной резьбы, направление для левой резьбы (рис. 11).

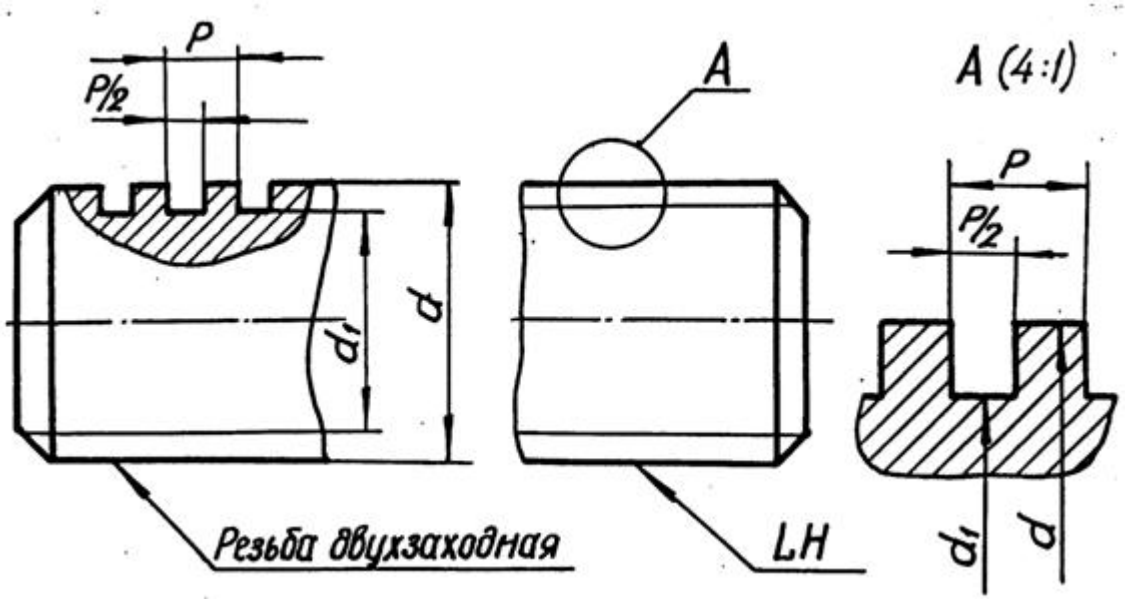



Рис. 11

3 . 4 . Изображение резьбового соединения

На разрезах резьбового соединения наружный диаметр стержня изображают сплошной основной линией, а внутренний диаметр резьбы – сплошной тонкой линией. В отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 12).

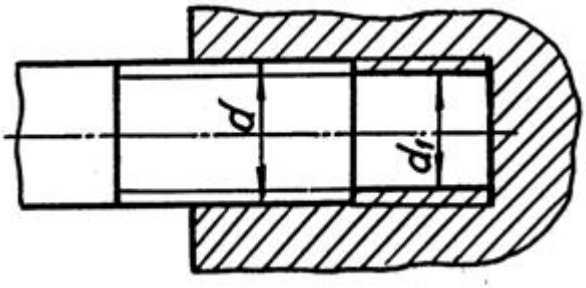
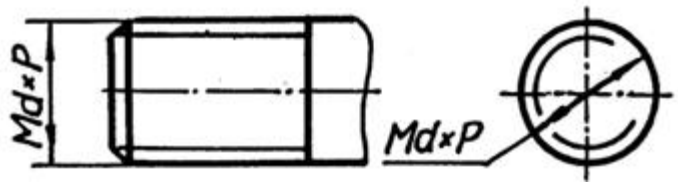
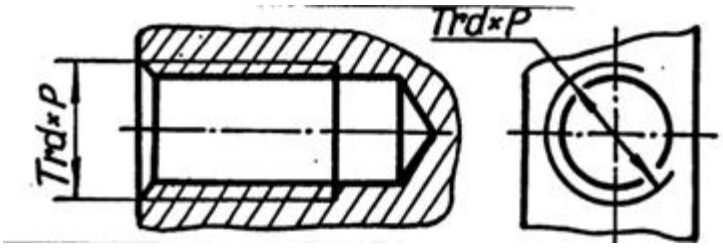
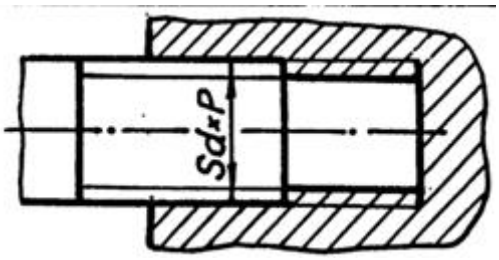
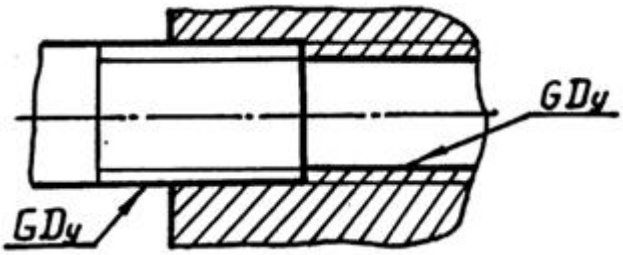



Рис. 12

## 4. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА ЧЕРТЕЖАХ

Обозначение стандартных резьб указывают по соответствующим нормативным документам. Условные обозначения резьб рассмотрены в гл. 2. Обозначение резьб на чертежах относят к ее наружному диаметру за исключением трубной и конической резьб, которые обозначают на линиях-выносках, оканчивающихся стрелкой. Стрелку проводят от контура резьбы (сплошной основной линии) (табл. 1).

Таблица 1

| Типы резьб | Обозначение |
|---|---|
| Метрическая |  |
| Трапецеидальная |  |
| Упорная |  |
| Трубная резьба цилиндрическая |  |

# 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЬБЫ

В зависимости от условий и характера производства выполнение резьбы может осуществляться различными способами и инструментами. Для нарезания наружной резьбы применяется плашка, диаметр которой определяется диаметром и шагом резьбы. Метчик применяется для нарезания внутренней резьбы. Часто резьба нарезается на токарных или револьверных станках при помощи резца, заточенного в соответствии с профилем нарезаемой резьбы.

Резьбы имеют технологические элементы, связанные с выходом режущего инструмента из тела детали, к которым относятся: сбег, недорез, проточка и фаска. Технологические параметры резьбы зависят от угла заборной части резьбонарезающего инструмента и шага резьбы (параметры трубной цилиндрической резьбы зависят от диаметра условного прохода резьбы) и соответствуют ГОСТ 27148-86.

## 5 . 1 . Сбег резьбы

Заборный участок плашки оставляет на стержне резьбу с постепенно уменьшающимся профилем. Длина участка неполноценной резьбы в конце резьбовой части детали, где глубина ее сходит на нет, называется сбегом резь-бы. Сбег резьбы изображают сплошными тонкими линиями (рис. 13). Размер длины резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбега, но его учитывают при конструировании деталей.

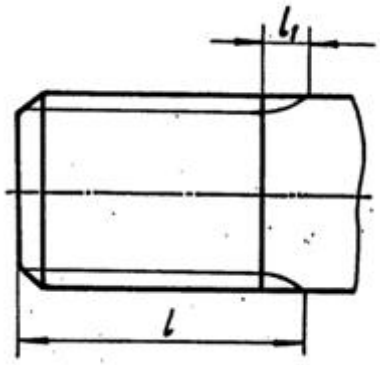



Рис. 13

5 . 2 . Недовод резьбы

В случае, когда вырезаемая часть стержня ограничивается опорной по-верхностью (буртиком, головкой, заплечником), при нарезании резьбы плашка во избежание поломки, обычно не доводится до упора в эту поверхность. Вели-чина ненарезанной части детали между концом сбега резьбы и упорной поверх-ностью называется недоводом резьбы. Недовод зависит от шага резьбы; он не больше двух шагов, а для внутренней – не более трех шагов.

5 . 3 . Недорез резьбы

Длина участка детали, состоящая из недовода и сбега при нарезании резьбы в упор называется недорезом (рис. 14).

Численные значения сбега и недовода резьбы стандартизованы ГОСТ 27148-86. Рекомендуется принимать длину участка недореза равной примерно трем шагам, но не более 0,5 *d*, где *d* – размер номинального диаметра резьбы.

5 . 2 . Фаска

До нарезания резьбы на конце стержня и в начале отверстия выполняются фаски. Эти фаски представляют собой коническую поверхность, образующая которой составляет с осью резьбы угол 45 . Фаски упрощают процесс нареза-ния резьбы и облегчают соединение между собой резьбовых деталей.

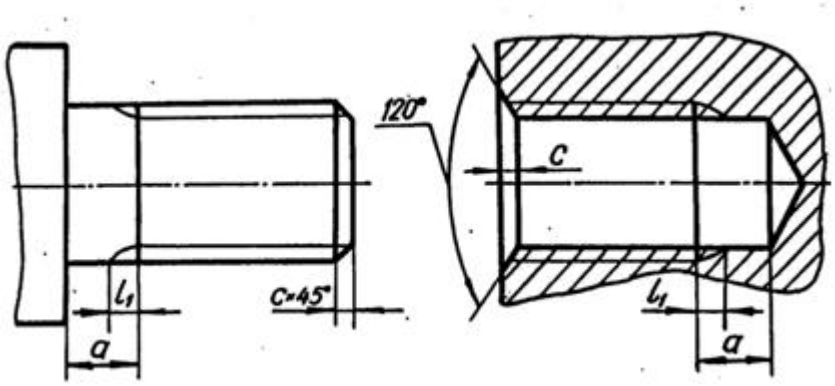



Рис. 14

5 . 5 . Проточка

С целью облегчения процесса нарезания резьбы обычно выполняются наружные или внутренние проточки для выхода резьбонарезающего инструмента. Если на участке сбега резьбы заранее вытачивается канавка, то при нарезании резьбы режущая часть инструмента выйдет в нее, и резьба на всем протяжении имеет полный профиль. Проточки могут иметь прямоугольный или полукруг-лый профиль.

Диаметр наружной проточки выполняется несколько меньшим внутреннего диаметра резьбы, диаметр же внутренней проточки выполняется несколь-ко большим наружного диаметра резьбы (рис. 15).

Форма и размеры наружных и внутренних проточек зависят от типа резь-бы и ее шага и устанавливаются ГОСТ 27148-86.

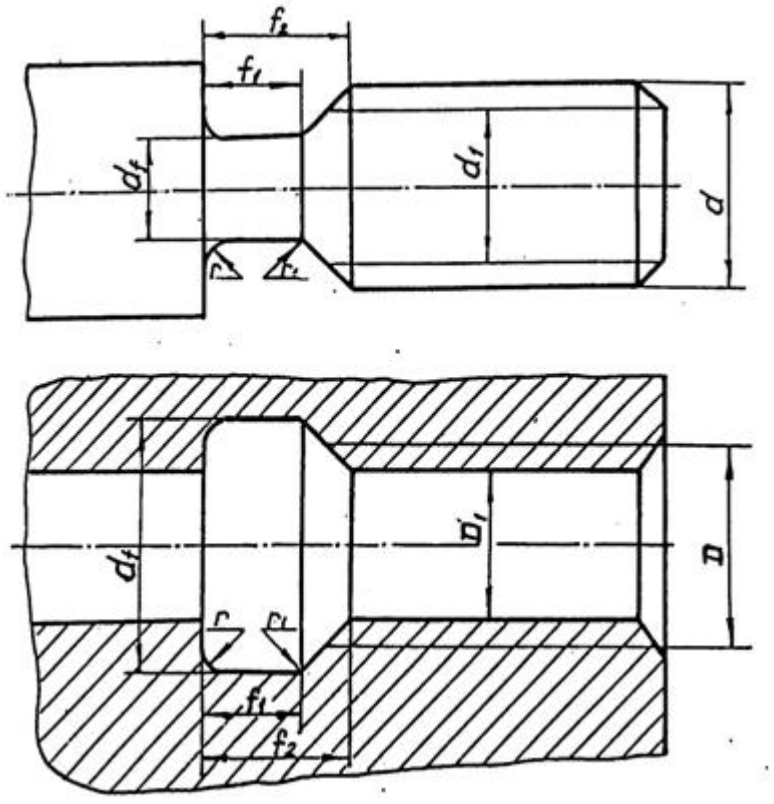



Рис. 15

## 6. ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «РЕЗЬБЫ»

### 6 . 1 . Цель задания

Целью задания является изучение резьб, применяемых в машинострое-нии, условное изображение и обозначение резьбы и ее технологических эле-ментов. При изучении резьбы и выполнении задания студент должен приобре-сти навыки общения с государственными стандартами по данной теме.

### 6 . 2 . Содержание задания

Задание выполняется карандашом на формате Ф3 в масштабе 1:1. Вычертить вал в соответствии со своим вариантом, обозначив размеры технологических элементов резьб.

Выполнить сечение по шпоночному пазу.

Варианты заданий

Таблица 2

| Номер варианта | Тип вала | Диаметр вала $D_B$ | Левый конец вала | | | Правый конец вала | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Тип резьбы | d | P | Тип резьбы | d | P |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | I | 80 | *M* | 64 | 4,0 | *S* | 28 | 5,0 |
| 2 | II | 60 | *Tr* | 42 | 3,0 | *M* | 27 | 2,0 |
| 3 | III | 70 | *M* | 64 | 6,0 | *Tr* | 42 | 3,0 |
| 4 | IV | 26 | *M* | 24 | 3,0 | *Tr* | 40 | 3,0 |
| 5 | I | 60 | *M* | 42 | 4,0 | *Tr* | 48 | 3,0 |
| 6 | II | 63 | *M* | 30 | 3,5 | *Tr* | 44 | 3,0 |
| 7 | III | 71 | *Tr* | 50 | 3,0 | *M* | 27 | 3,0 |
| 8 | IV | 27 | *M* | 27 | 3,0 | *Tr* | 42 | 3,0 |
| 9 | I | 63 | *M* | 42 | 3,0 | *S* | 20 | 2,0 |
| 10 | II | 70 | *Tr* | 48 | 3,0 | *M* | 36 | 4,0 |
| 11 | III | 73 | *M* | 64 | 4,0 | *Tr* | 48 | 3,0 |

Продолжение табл. 2

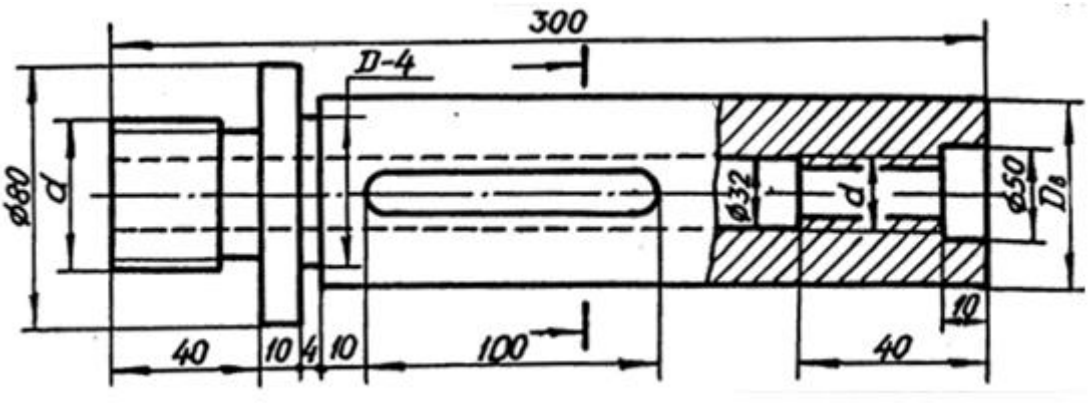
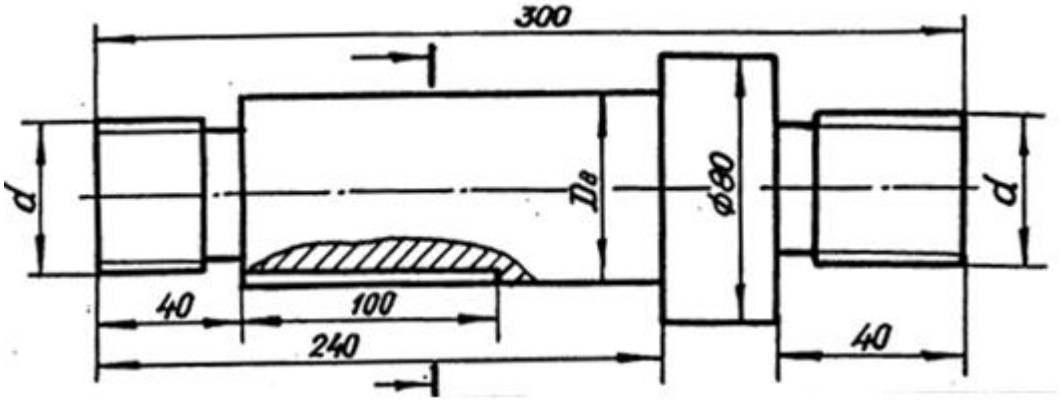
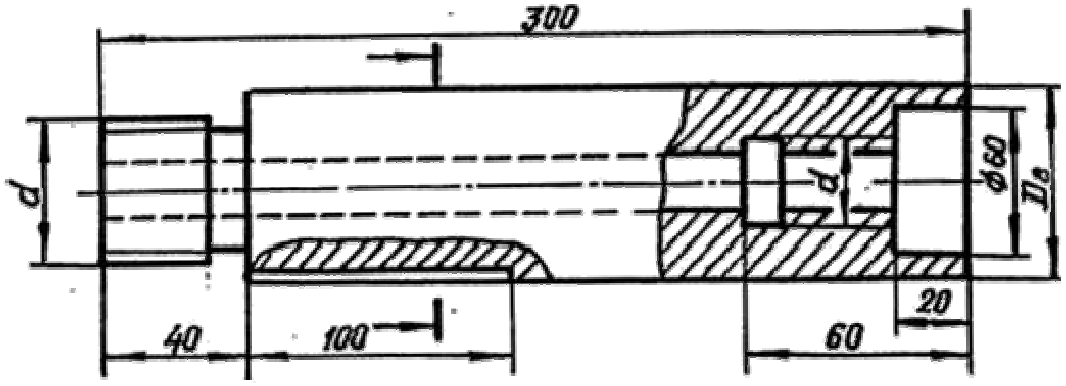
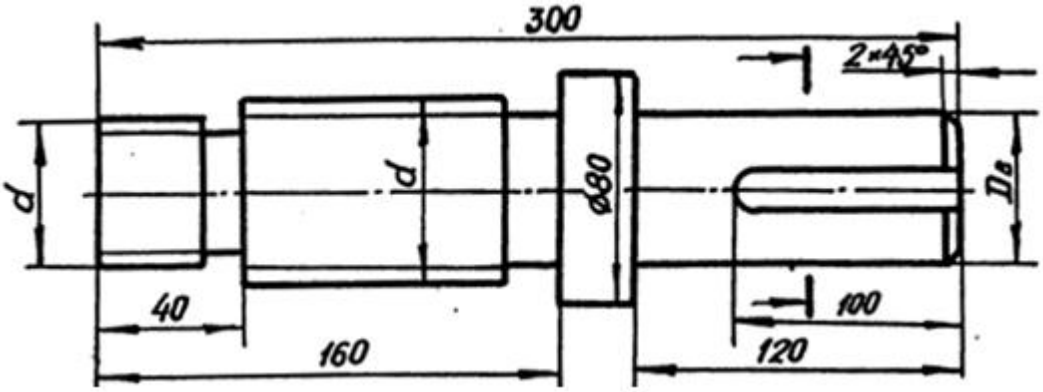
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | IV | 30 | *M* | 30 | 3,5 | *Tr* | 42 | 3,0 |
| 13 | I | 70 | *M* | 64 | 3,0 | *Tr* | 24 | 2,0 |
| 14 | II | 60 | *M* | 48 | 2,0 | *Tr* | 40 | 3,0 |
| 15 | III | 75 | *M* | 60 | 4,0 | *Tr* | 42 | 3,0 |
| 16 | IV | 40 | *M* | 42 | 3,0 | *Tr* | 65 | 4,0 |
| 17 | I | 71 | *M* | 64 | 3,0 | *Tr* | 46 | 3,0 |
| 18 | II | 65 | *Tr* | 28 | 2,0 | M | 30 | 3,5 |
| 19 | III | 78 | *M* | 45 | 4,5 | *Tr* | 30 | 3,0 |
| 20 | IV | 28 | *M* | 24 | 2,0 | *Tr* | 44 | 3,0 |
| 21 | I | 73 | *M* | 52 | 5,0 | *Tr* | 28 | 2,0 |
| 22 | II | 67 | *M* | 42 | 3,0 | *Tr* | 30 | 3,0 |
| 23 | III | 80 | *Tr* | 50 | 3,0 | *M* | 24 | 3,0 |
| 24 | IV | 32 | *M* | 27 | 2,0 | *Tr* | 46 | 3,0 |
| 25 | I | 75 | *M* | 48 | 3,0 | *S* | 22 | 2,0 |
| 26 | II | 71 | *Tr* | 65 | 4,0 | *M* | 48 | 3,0 |
| 27 | III | 82 | *M* | 56 | 5,5 | *Tr* | 40 | 3,0 |
| 28 | IV | 32 | *M* | 30 | 3,0 | *Tr* | 48 | 3,0 |
| 29 | I | 80 | *M* | 42 | 4,0 | *Tr* | 24 | 2,0 |
| 30 | II | 73 | *M* | 64 | 3,0 | *Tr* | 50 | 3,0 |
| 31 | III | 85 | *Tr* | 46 | 3,0 | *M* | 22 | 2,5 |
| 32 | IV | 28 | *M* | 24 | 1,5 | *Tr* | 40 | 3,0 |
| 33 | I | 85 | *M* | 48 | 4,0 | *S* | 32 | 6,0 |
| 34 | II | 80 | *Tr* | 42 | 3,0 | *M* | 33 | 2,0 |
| 35 | III | 70 | *M* | 39 | 1,5 | *Tr* | 24 | 2,0 |
| 36 | IV | 40 | *M* | 39 | 1,5 | *Tr* | 50 | 3,0 |
| 37 | I | 82 | *M* | 56 | 5,5 | *Tr* | 24 | 2,0 |

Окончание табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | II | 72 | *M* | 48 | 4,0 | *Tr* | 50 | 3,0 |
| 39 | III | 71 | *Tr* | 50 | 3,0 | *M* | 30 | 3,5 |
| 40 | IV | 36 | *M* | 42 | 2,0 | *Tr* | 52 | 3,0 |
| 41 | I | 63 | *M* | 48 | 2,0 | *S* | 26 | 5,0 |
| 42 | II | 71 | *Tr* | 65 | 4,0 | *M* | 36 | 3,0 |
| 43 | III | 73 | *M* | 48 | 3,0 | *Tr* | 28 | 2,0 |
| 44 | IV | 40 | *M* | 42 | 4,5 | *Tr* | 60 | 3,0 |
| 45 | I | 80 | *M* | 64 | 6,0 | *Tr* | 28 | 2,0 |
| 46 | II | 75 | *M* | 30 | 3,0 | *Tr* | 24 | 2,0 |
| 47 | III | 75 | *Tr* | 65 | 4,0 | *M* | 36 | 3,0 |
| 48 | IV | 28 | *M* | 24 | 3,0 | *Tr* | 40 | 3,0 |
| 49 | I | 65 | *M* | 42 | 3,0 | *S* | 26 | 2,0 |
| 50 | II | 80 | *Tr* | 55 | 3,0 | *M* | 39 | 4,0 |
| 51 | III | 78 | *M* | 64 | 4,0 | *Tr* | 44 | 3,0 |
| 52 | IV | 32 | *M* | 27 | 2,0 | *Tr* | 42 | 3,0 |
| 53 | I | 67 | *M* | 48 | 5,0 | *S* | 26 | 2,0 |
| 54 | II | 82 | *M* | 48 | 2,0 | *Tr* | 65 | 4,0 |
| 55 | III | 80 | *Tr* | 52 | 3,0 | *M* | 36 | 4,0 |
| 56 | IV | 40 | *M* | 42 | 4,0 | *Tr* | 65 | 4,0 |
| 57 | I | 78 | *M* | 48 | 4,0 | *S* | 32 | 6,0 |
| 58 | II | 85 | *Tr* | 42 | 3,0 | *M* | 42 | 4,0 |
| 59 | III | 82 | *M* | 48 | 3,0 | *S* | 32 | 3,0 |
| 60 | IV | 36 | *M* | 30 | 1,5 | *Tr* | 44 | 3,0 |

Типы валов

Таблица 3

| Тип вала | Исходный чертеж | |
|---|---|---|
| | Левый конец вала | Правый конец вала |
| I |  | |
| II |  | |
| III |  | |
| IV |  | |

## 7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

### 7 . 1 . Конец вала с метрической резьбой на стержне

По заданию на конце вала необходимо изобразить метрическую резьбу с ее технологическими элементами и нанести размерную сетку (рис. 16). Приступая к вычерчиванию, рекомендуется необходимые размеры сводить в табл. 4, например, требуется изобразить метрическую резьбу с номинальным диаметром 36 мм и шагом 3 мм.

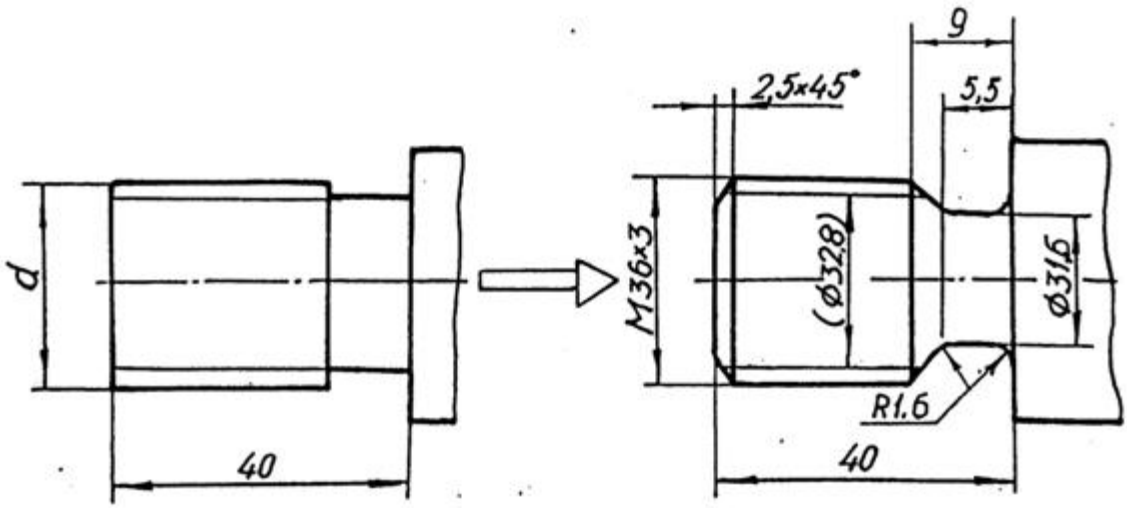



Рис. 16

Таблица 4

| Размеры | Обозначение | Величина | Номер табл. | Стр. |
|---|---|---|---|---|
| Тип резьбы | *M* | | 2 | 20…22 |
| Номинальный диаметр резьбы | *d* | 36 | | |
| Шаг резьбы | *P* | 3 | 2 | |
| Вид шага | | мелкий | 5 | |
| Внутренний диаметр резьбы | $D_1$ | 32,8 | 5 | |
| Диаметр проточки | *d* | *d*-4.4 | 6 | |
| Ширина проточки (нормальной) | $f_1$ min | 5,2 | 6 | |
| | $f_2$ max | 9,0 | 6 | |
| Радиусы скругления проточки | r | *P*: 2~1,6 | 6 | |
| Высота фаски | c | 2,5 | 6 | |

Таблица 5

| Шаг метрической резьбы $P$ | Диаметр резьбы | | Шаг метрической резьбы $P$ | Диаметр резьбы | |
|---|---|---|---|---|---|
| | наружный $d(D)$ | внутренний $d_1(D_1)$ | | наружный $d(D)$ | внутренний $d_1(D_1)$ |
| с крупным шагом | | | с мелким шагом | | |
| 1 | 6 | 4,9 | 1,5 | 24 | 22,4 |
| 1,25 | 8 | 6,6 | | 30 | 28,4 |
| 1,5 | 10 | 8,4 | | 39 | 37,4 |
| 1,75 | 12 | 10,1 | 2 | 20 | 17,8 |
| 2 | 14 | 11,8 | | 24 | 21,8 |
| 2 | 16 | 13,8 | | 27 | 24,8 |
| 2,5 | 18 | 15,3 | | 30 | 27,8 |
| 2,5 | 20 | 17,3 | | 33 | 30,8 |
| 2,5 | 22 | 19,3 | | 36 | 33,8 |
| 3 | 24 | 20,8 | | 42 | 39,8 |
| 3 | 27 | 23,8 | | 48 | 45,8 |
| 3,5 | 30 | 26,2 | | 72 | 69,8 |
| 2,5 | 33 | 29,2 | 3 | 30 | 26,8 |
| 4 | 36 | 31,7 | | 36 | 33,8 |
| 4 | 39 | 34,7 | | 42 | 38,8 |
| 4,5 | 42 | 37,1 | | 48 | 44,8 |
| 4,5 | 45 | 40,1 | | 64 | 60,8 |
| 5 | 48 | 42,3 | 4 | | |
| 5 | 52 | 46,6 | | 42 | 37,7 |
| 5,5 | 56 | 50,0 | | 48 | 43,7 |
| 5,5 | 60 | 54,0 | | 64 | 59,7 |
| 6 | 64 | 57,5 | | | |
| 6 | 68 | 61,5 | | | |

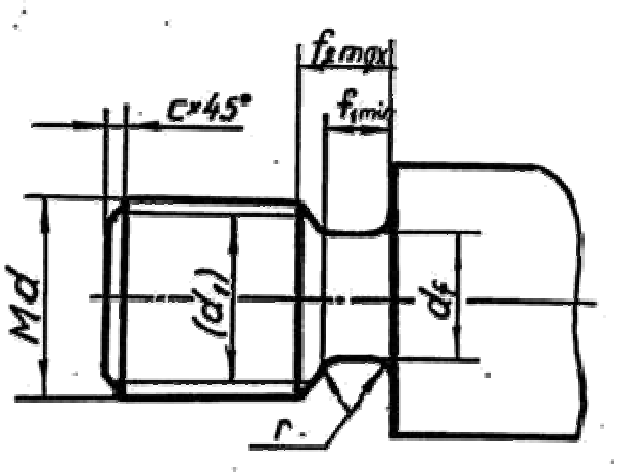



Таблица 6

| Шаг резьбы | Номинальный диаметр резьбы с крупным шагом | $d_f$ | Проточка нормальная | | Проточка узкая | | $r$ $0,5P$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $f_1min$ | $f_2max$ | $f_1min$ | $f_2max$ | | |
| 1 | 6; 7 | $d$-1,6 | 1,6 | 3,0 | 1,1 | 2,5 | 0,6 | 1,0 |
| 1,5 | 10 | $d$-2,3 | 2,5 | 4,5 | 1,8 | 3,8 | 0,8 | 1,6 |
| 2 | 14; 16 | $d$-3,0 | 3,4 | 6,0 | 2,5 | 5,0 | 1,0 | 2,0 |
| 2,5 | 18; 20; 22 | $d$-3,6 | 4,4 | 7,5 | 3,2 | 6,3 | 0,2 | 2,5 |
| 3 | 24; 27 | $d$-4,4 | 5,2 | 9,0 | 3,7 | 7,5 | 1,6 | 2,5 |
| 3,5 | 30; 33 | $d$-5,0 | 6,2 | 10,5 | 4,7 | 9,0 | 1,6 | 2,5 |
| 4 | 36; 39 | $d$-5,7 | 7,0 | 12,0 | 5,0 | 10,0 | 2,0 | 3,0 |
| 4,5 | 42; 45 | $d$-6,4 | 8,0 | 13,5 | 5,5 | 11,0 | 2,0 | 3,0 |
| 5 | 48; 52 | $d$-7,0 | 9,0 | 15,0 | 6,5 | 12,5 | 2,5 | 4,0 |
| 5,5 | 56; 60 | $d$-7,7 | 11,0 | 17,5 | 7,5 | 14,0 | 3,2 | 4,0 |
| 6 | 64; 68 | $d$-8,3 | 11,0 | 18,0 | 8,0 | 15,0 | 3,2 | 4,0 |

7 . 2 . Конец вала с метрической резьбой в отверстии

При вычерчивании в отверстии метрической резьбы внутренний диаметр определяется по табл. 5, а размеры проточки – по табл. 7.

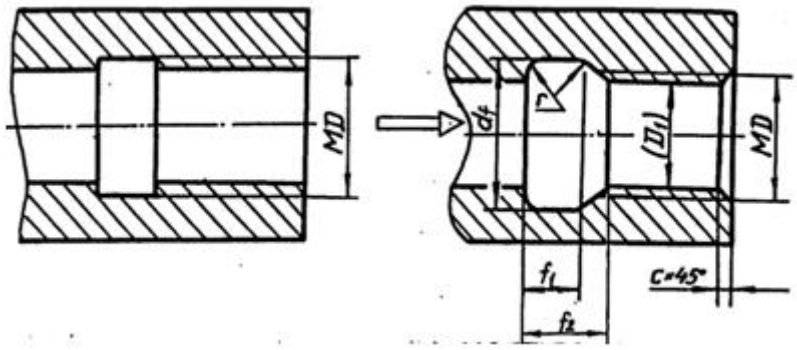
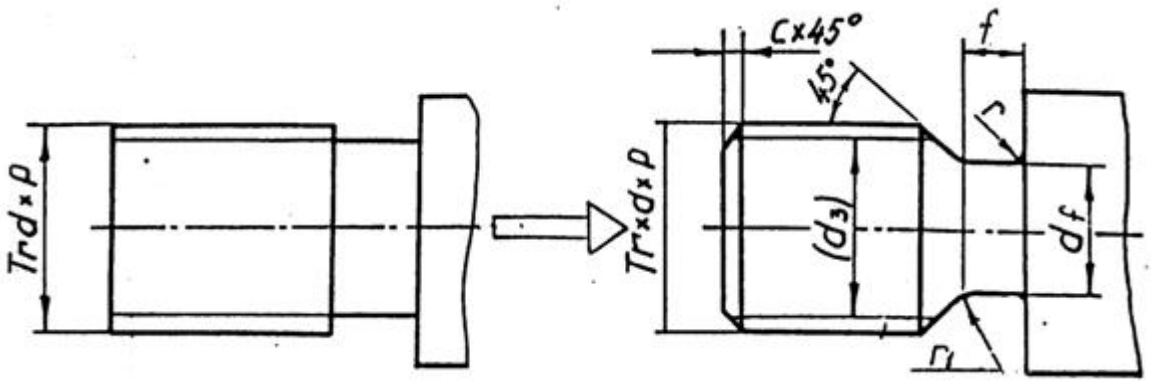



Таблица 7

| Шаг резьбы | $d_f$ | Проточка нормальная | | Проточка узкая | | $r$ 0,5$P$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $f_1$min | $f_2$max | $f_1$min | $f_2$max | | |
| 1 | $d$+0,5 | 4 | 5,2 | 2,5 | 3,7 | 0,6 | 1,0 |
| 1,5 | $d$+0,5 | 6 | 7,8 | 3,8 | 5,6 | 0,8 | 1,6 |
| 2 | $d$+0,5 | 8 | 10,3 | 5,0 | 7,3 | 1,0 | 2,0 |
| 2,5 | $d$+0,5 | 10 | 13,0 | 6,3 | 9,3 | 0,2 | 2,5 |
| 3 | $d$+0,5 | 12 | 15,2 | 7,5 | 10,7 | 1,6 | 2,5 |
| 3,5 | $d$+0,5 | 14 | 17,0 | 9,0 | 12,7 | 1,6 | 2,5 |
| 4 | $d$+0,5 | 16 | 20,0 | 10,0 | 14,0 | 2,0 | 3,0 |
| 4,5 | $d$+0,5 | 18 | 23,0 | 11,0 | 16,0 | 2,0 | 3,0 |
| 5 | $d$+0,5 | 20 | 26,0 | 12,5 | 18,5 | 2,5 | 4,0 |
| 5,5 | $d$+0,5 | 22 | 28,0 | 14,0 | 20,0 | 3,2 | 4,0 |
| 6 | $d$+0,5 | 24 | 30,0 | 15,0 | 21,0 | 3,2 | 4,0 |

7 . 3 . Конец вала с трапецеидальной резьбой на стержне

При вычерчивании резьбы на стержне внутренний диаметр определяют по табл. 8, а размеры проточки – по табл. 9.




| Шаг резьбы | Диаметр | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Наружная резьба | | Внутренняя резьба | |
| $P$ | $d, D$ | $d_3$ | $D_1, d_1$ | $D_4$ |
| 2 | 24 | 21,5 | 22,0 | 24,5 |
| | 28 | 25,6 | 26,0 | 28,5 |
| 3 | 30 | 26,5 | 27,0 | 30,5 |
| | 40 | 36,5 | 37,0 | 40,5 |
| | 42 | 38,5 | 39,0 | 42,5 |
| | 44 | 40,5 | 41,0 | 44,5 |
| | 46 | 42,5 | 43,0 | 46,5 |
| | 48 | 44,5 | 45,0 | 48,5 |
| | 50 | 46,5 | 47,0 | 50,5 |
| | 52 | 48,5 | 49,0 | 52,5 |
| | 55 | 51,5 | 52,0 | 55,5 |
| | 60 | 56,5 | 57,0 | 60,5 |
| 4 | 65 | 60,5 | 61,0 | 65,5 |

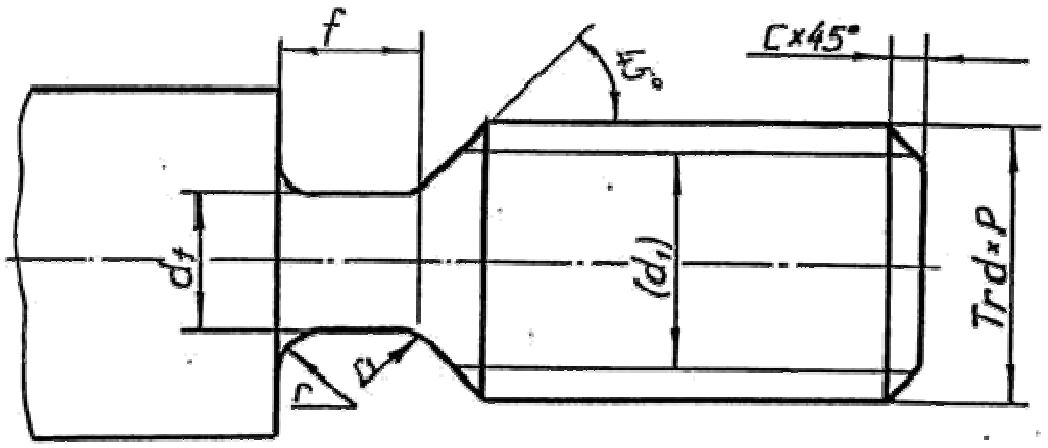



Таблица 9

| Шаг резьбы | $d_f$ | $f_1$ | $r$ | $r_1$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | *d*-3,0 | 3 | 1,0 | 0,5 | 1,6 |
| 3 | *d*-4,2 | 5 | 1,6 | 0,5 | 2,0 |
| 4 | *d*-5,2 | 6 | 1,6 | 1,0 | 2,5 |
| 5 | *d*-7,0 | 8 | 2,0 | 1,0 | 3,0 |
| 6 | *d*-8,0 | 10 | 3,0 | 1,0 | 3,5 |
| 8 | *d*-10,2 | 12 | 3,0 | 1,0 | 4,5 |
| 10 | *d*-12,5 | 16 | 3,0 | 1,0 | 5,5 |

7 . 4 . Конец вала с трапецеидальной резьбой в отверстии

При вычерчивании трапецеидальной резьбы в отверстии следует учитывать зазор между стержнем и «гайкой», изображение выполняют по размерам диаметров, указанных в табл. 8, но на чертеже обозначают резьбу по номинальному размеру. Проточку вычерчивают по размерам, приведенным в табл. 10.

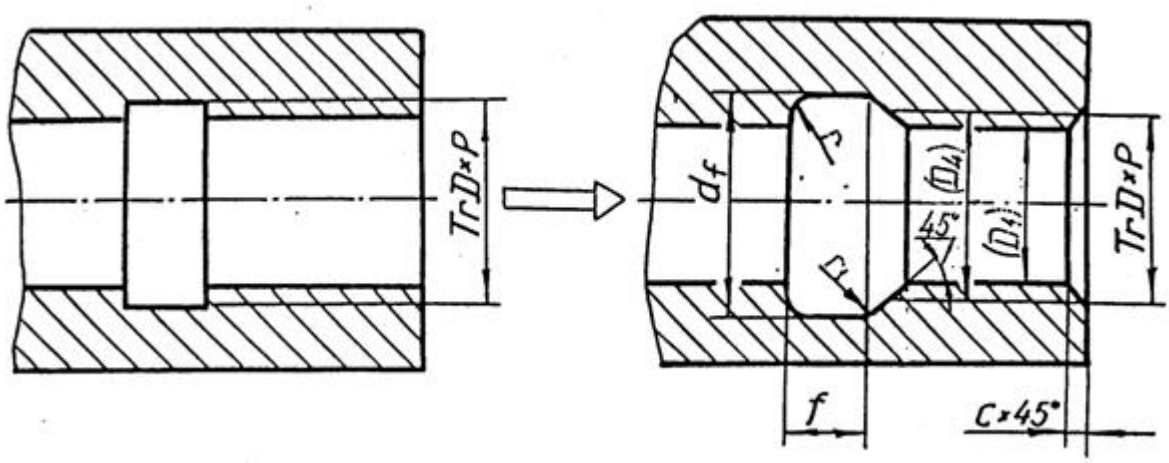



Таблица 10

| Шаг резьбы | $d_f$ | $f_1$ | $r$ | $r_1$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | $d$+1,0 | 3 | 1,0 | 0,5 | 1,6 |
| 3 | $d$+1,0 | 5 | 1,6 | 0,5 | 2,0 |
| 4 | $d$+1,1 | 6 | 1,6 | 1,0 | 2,5 |
| 5 | $d$+1,6 | 8 | 2,0 | 1,0 | 3,0 |
| 6 | $d$+1,6 | 10 | 3,0 | 1,0 | 3,5 |
| 8 | $d$+1,8 | 12 | 3,0 | 1,0 | 4,5 |
| 10 | $d$+1,8 | 16 | 3,0 | 1,0 | 5,5 |

7 . 5 . Конец вала с упорной резьбой в отверстии

Размеры, необходимые для вычерчивания упорной резьбы, представлены в табл. 11.

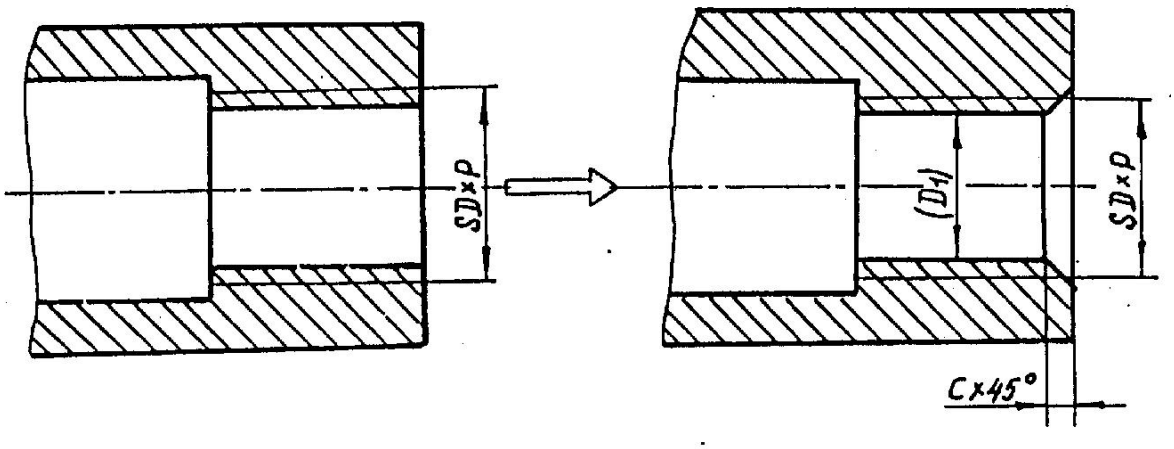



Таблица 11

| Шаг резьбы *P* | Диаметр | | Фаска *c* |
|---|---|---|---|
| | Наружный *d*, *D* | Внутренний $D_1$ | |
| 2 | 20 | 17,0 | 1,6 |
| 2 | 22 | 19,0 | 1,6 |
| 2 | 26 | 23,0 | 1,6 |
| 3 | 32 | 27,5 | 2,0 |
| 5 | 26 | 18,5 | 3,0 |
| 5 | 28 | 20,5 | 3,0 |
| 6 | 32 | 23,0 | 3,5 |

7 . 6 . Изображение шпоночного паза Г ОС Т 233 60 – 78

Шпонкой называется деталь, устанавливаемая в пазах двух соприкасающихся деталей для предотвращения их относительного перемещения и для передачи крутящего момента.

Форму шпоночного паза на валу обычно показывают сечением. Размеры шпоночного паза, зависящие от диаметра цапфы вала, представлены в табл. 12.

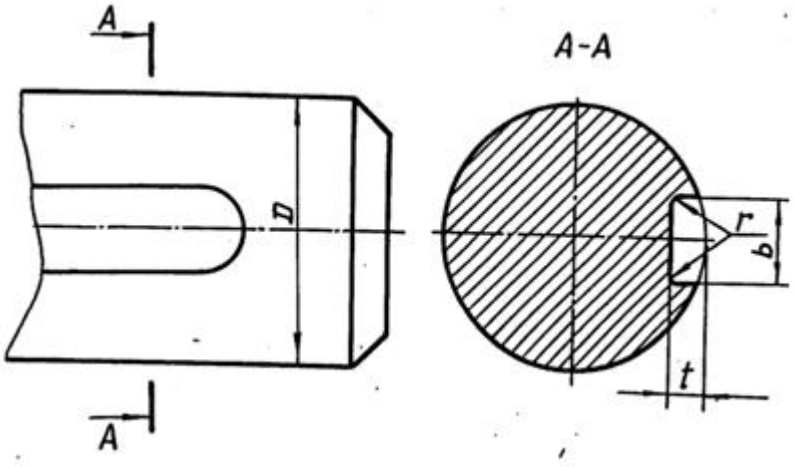
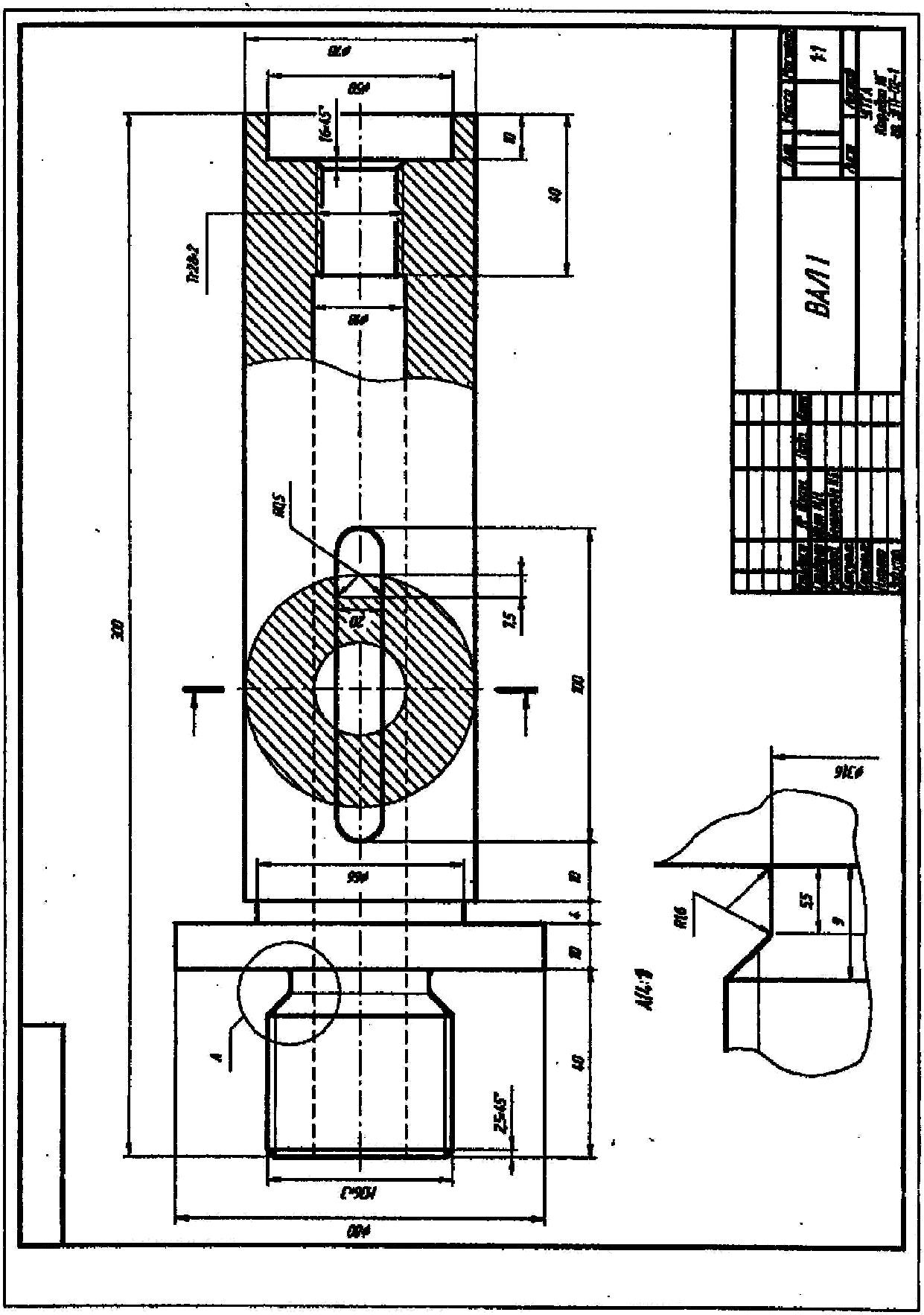
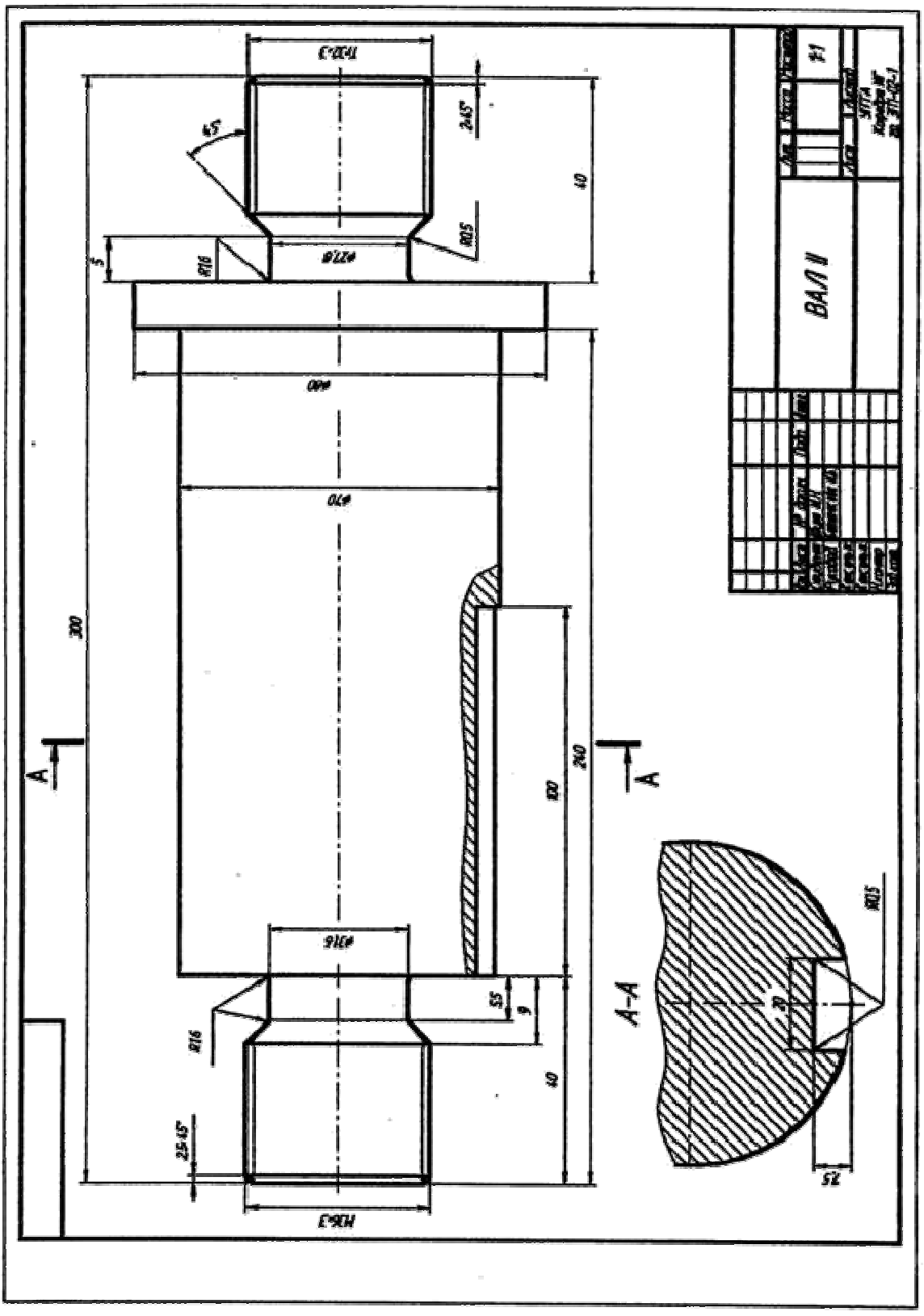
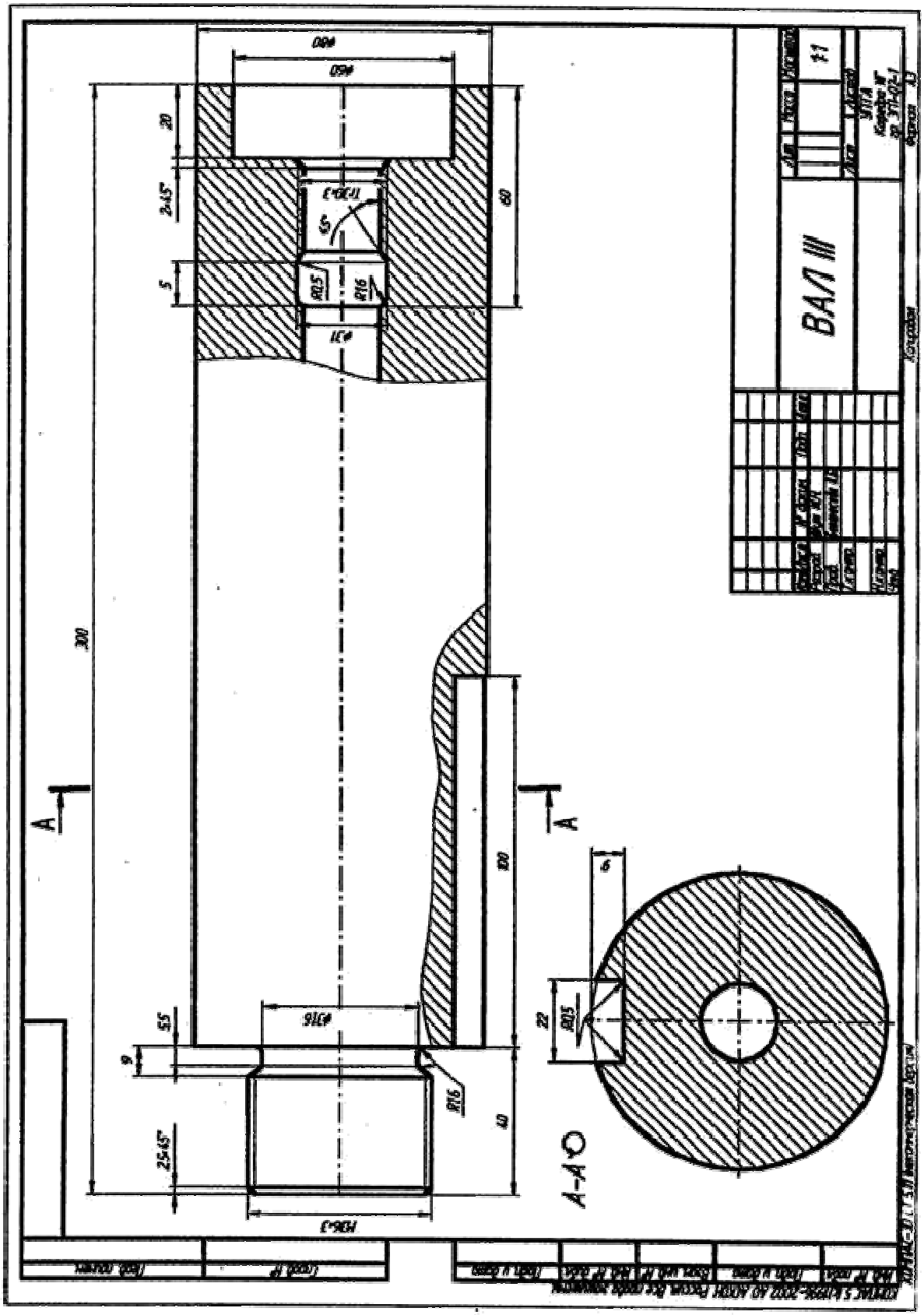


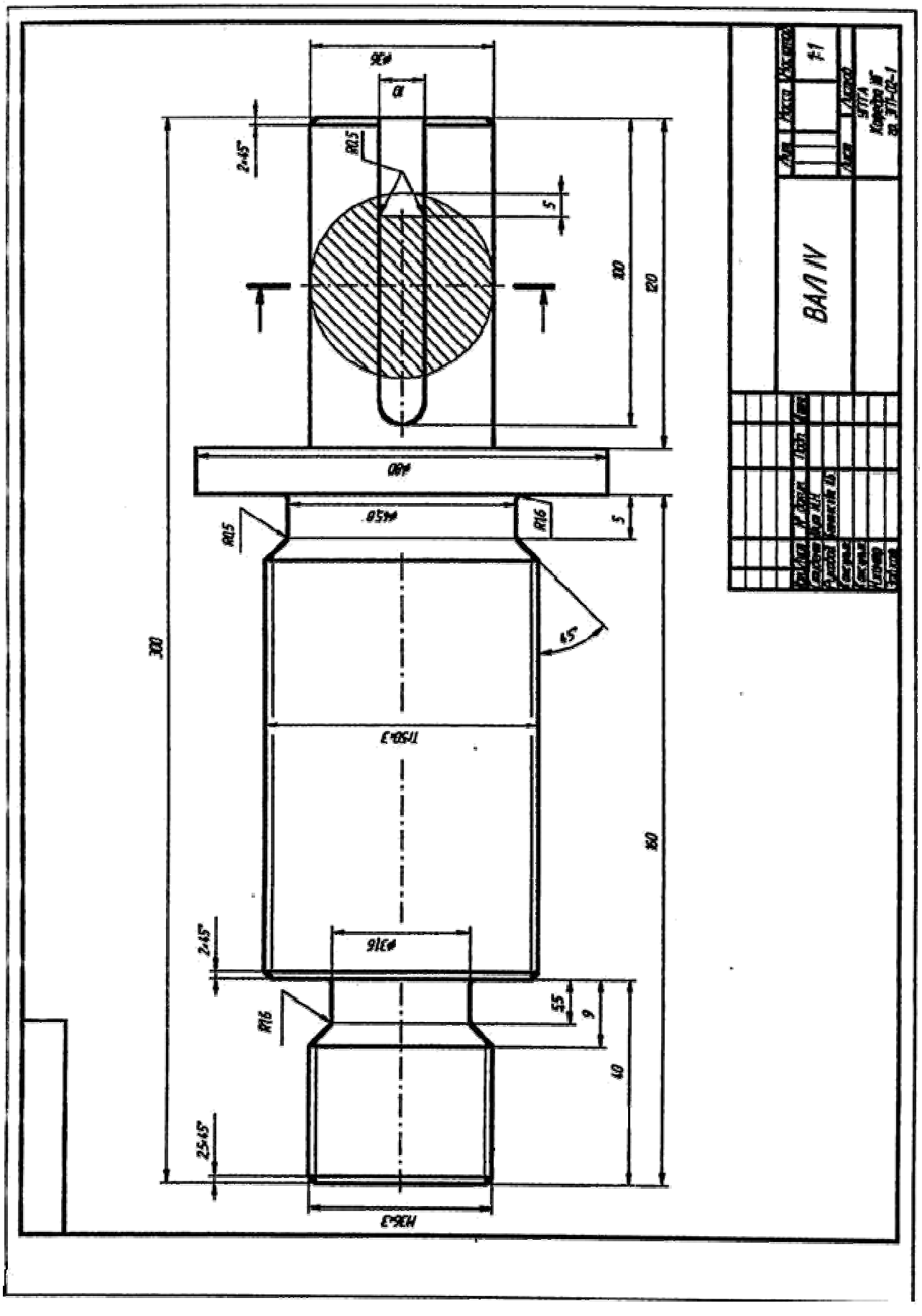

Таблица 12

| Диаметр вала О | Шпоночный паз | | |
|---|---|---|---|
| | Ширина *b* | Глубина *t* | Радиус закругления *r* |
| Свыше 22 до 30 | 8 | 4,0 | От 0,16 до 0,25 |
| 30 38 | 10 | 5,0 | 0,25 0,40 |
| 38 44 | 12 | 5,0 | 0,16 0,40 |
| 44 50 | 14 | 5,5 | 0,25 0,40 |
| 50 58 | 16 | 6,0 | 0,25 0,40 |
| 58 65 | 18 | 7,0 | 0,25 0,40 |
| 65 75 | 20 | 7,5 | 0,40 0,60 |
| 75 85 | 22 | 9,0 | 0,40 0,60 |


ВАЛ 1


ВАЛ II
А-А
300
240
40
R16
R05
2×45°
25×45°
5
9
20
7,5


ВАЛ III
А-А


ВАЛ IV
1:1
Лит.
Масса
Масштаб
Лист
Листов
Копировал
Формат А4
ГОСТ 2.109-73
ГОСТ 2.104-68
Изм.
Кол.уч.
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Лист №док.
Подп.
Дата
Инв.№ подл.
Взам.инв.№
Подп. и дата
Инв.№ дубл.
Справ.№
Перв.примен.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Анурьев В. И*. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1990.
2. *Баева Г. Г*. Условности машиностроительного черчения. Методическая разработка. Свердловский горный институт. – Свердловск, 1976.
3. ГОСТ 27148-86 (СТ СЭВ 214-86). Выход резьбы, сбеги, недорезы, проточки. Размеры.
4. *Попова Г. Н*., *Алексеев С. Ю*. Машиностроительное черчение. Справочник. – М.: Машиностроение, 1986.
5. *Потишко А. В., Крушевская Д. П*. Справочник по инженерной графике. – Киев: Будівельник, 1983.
6. Резьбы. – М.: Изд. стандартов, 1985.
7. *Розов С. В*. Курс машиностроительного черчения с элементами автоматизированного контроля. - М.: Машиностроение, 1980.
8. *Чекмарев А. А*., *Осипов В. К*. Справочник по машиностроительному чер-чению. М.: Высшая школа, 1994.

Ирина Борисовна Белоносова

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

## «Резьба»

Методическое пособие

по теме «Условности машиностроительного черчения»

для самостоятельной работы студентов

всех специальностей и направлений»

Подписано в печать . .201 г.
Бумага офсетная. Формат бумаги 60 84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе. Печ. л. 2,4 Уч.-изд. 2,05. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30 Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
Горно-технологического факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

# РЕЗЬБА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

*4-е издание, исправленное*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

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

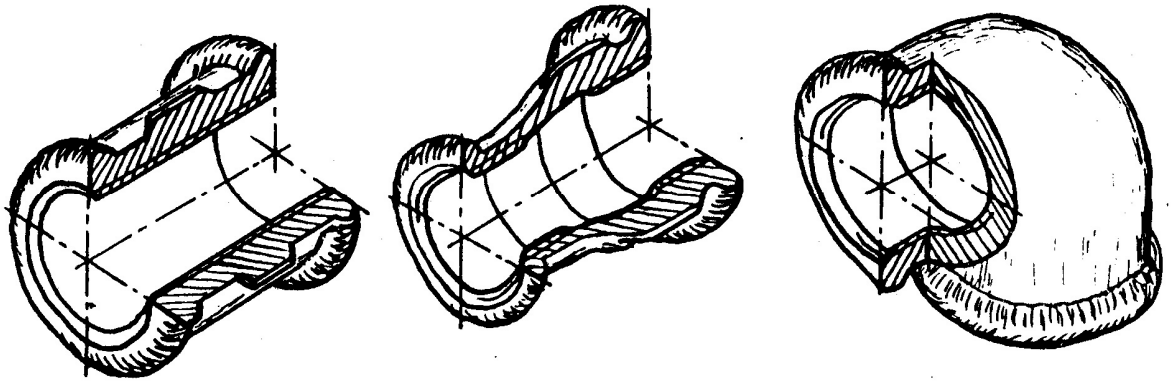
4.2. Соединение труб угольниками, прямыми тройниками и прямыми крестами 19

4.3. Перекрытие труб колпаком 23

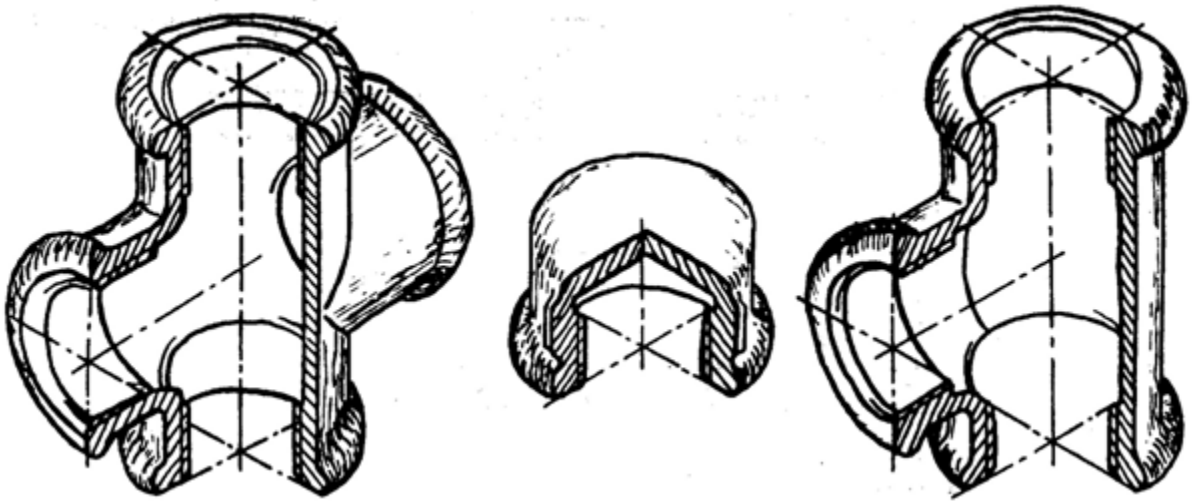
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 26

# 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 $\alpha$=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.

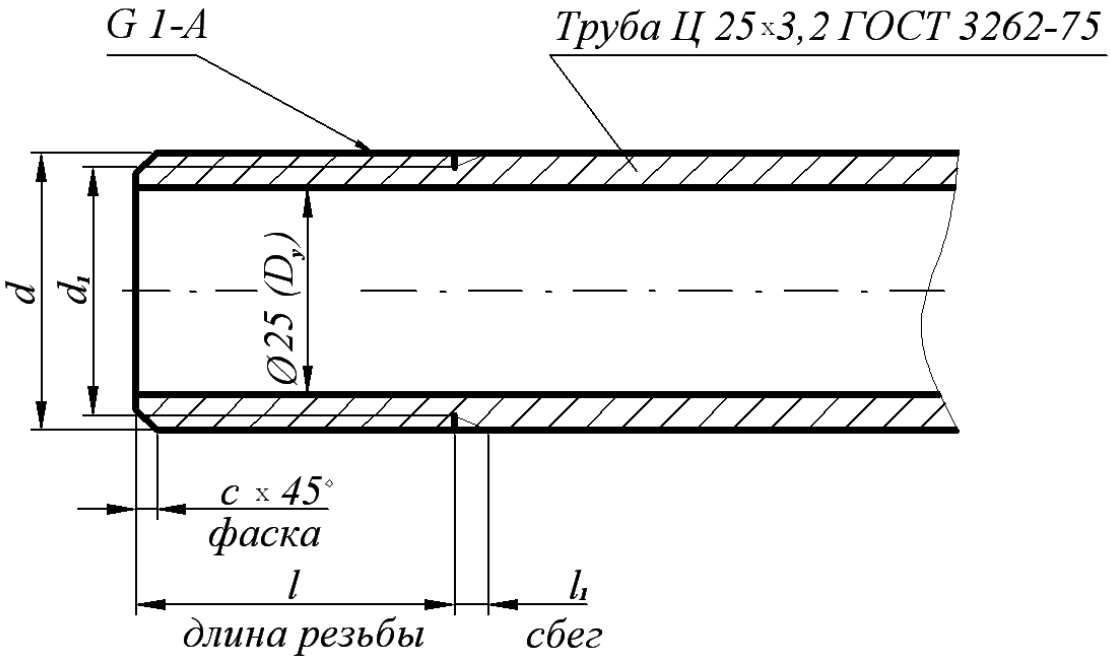



Рис. 2. Изображение трубы

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.

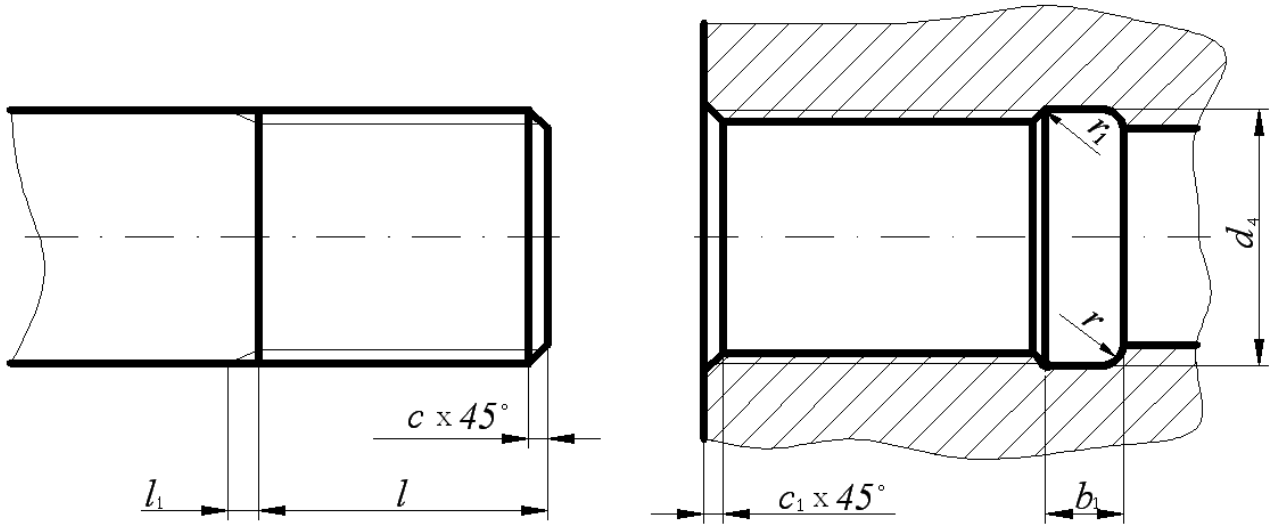
Таблица 1

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 | |
| 3/8 | | - | - | | | | | 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 | |

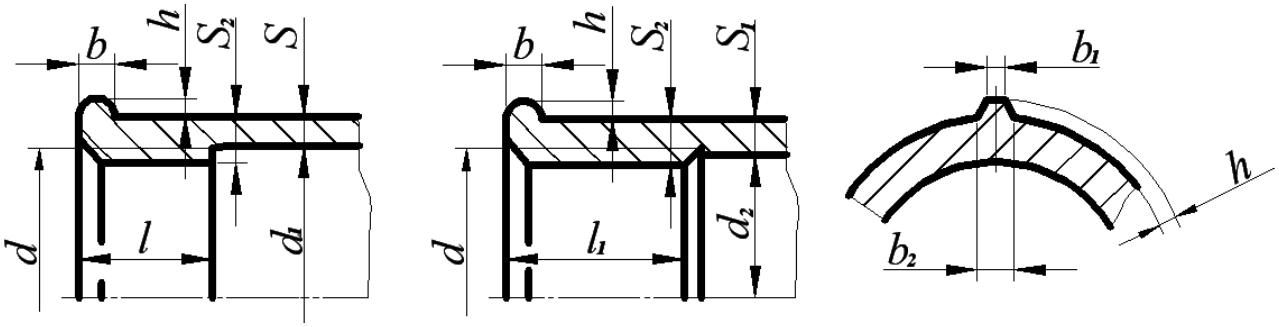
## 2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

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 | | | | | | | | | | | |
| $G1/4$ | 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 |
| $G3/8$ | 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 |
| $G1/2$ | 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 |
| $G3/4$ | 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 |
| $G1\frac{1}{4}$ | 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 |
| $G1\frac{1}{2}$ | 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 |
| $G2\frac{1}{2}$ | 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.

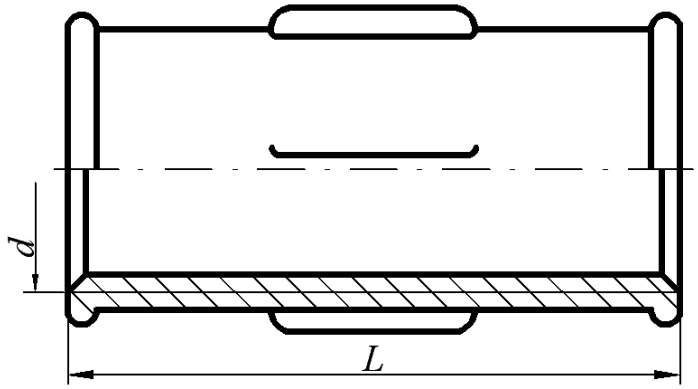
Штангенциркулем измеряется внутренний диаметр резьбы и по табл. 1 определяется диаметр условного прохода соединяемых труб и обозначение резьбы: $D_1 \approx 45$ мм. $D_{1\text{табл.}} = 4{,}845$ мм $\rightarrow D_y = 40$ мм – $G$ 1½.

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:

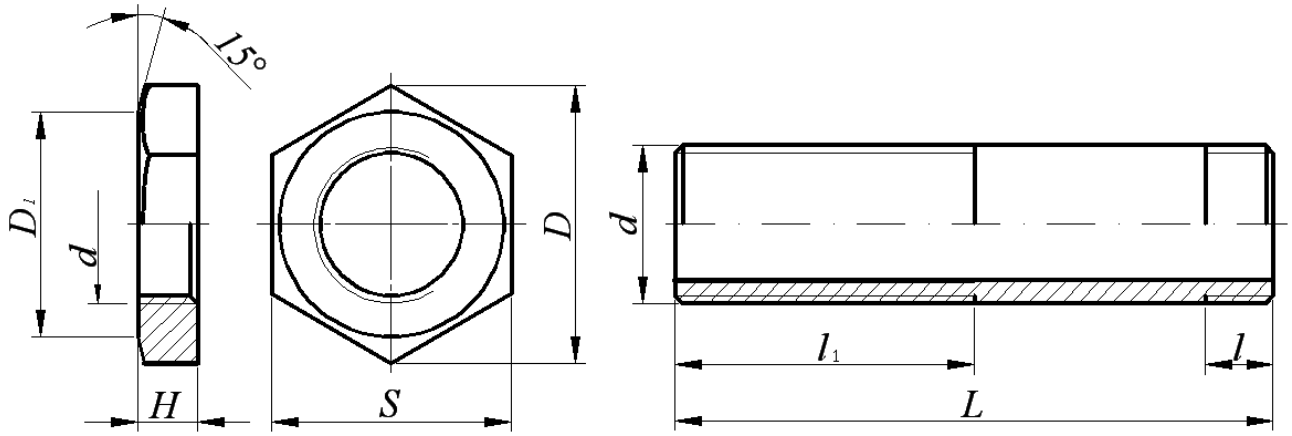
1. Прямая короткая муфта с $D_y$ =40 мм:
   Муфта короткая 40 ГОСТ 8954 - 75.
2. Прямая длинная муфта с $D_y$ =40 мм и цинковым покрытием исполнения 1: Муфта длинная 1-Ц-40 ГОСТ 8955 – 75.

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:

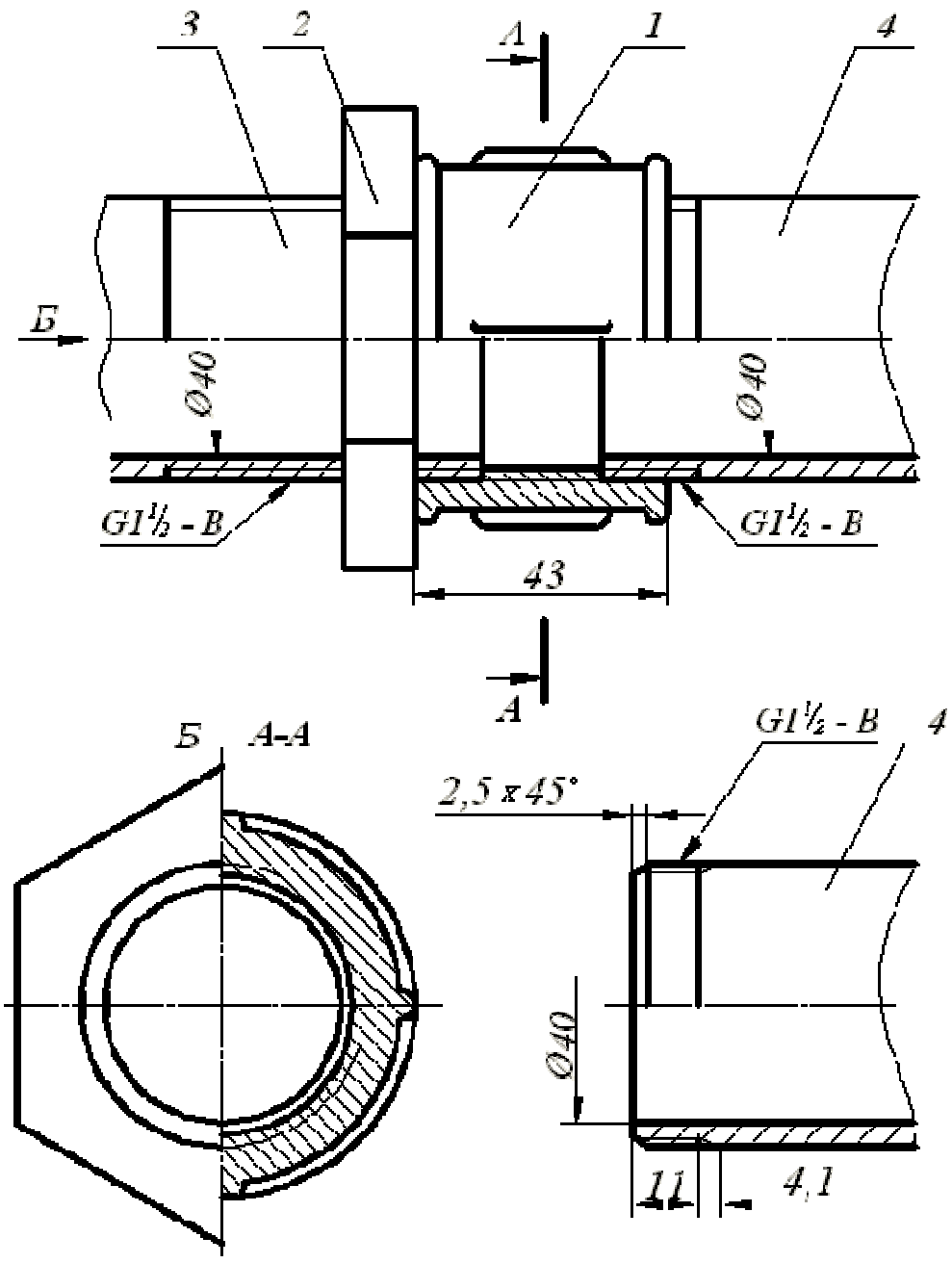
1. Контргайка без покрытия с $D_y$=40 мм:

   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

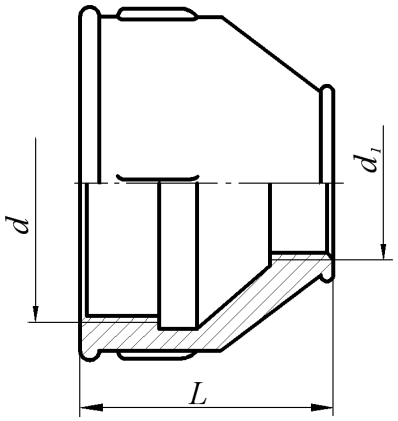
Рис. 3. Соединение труб муфтой

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 |

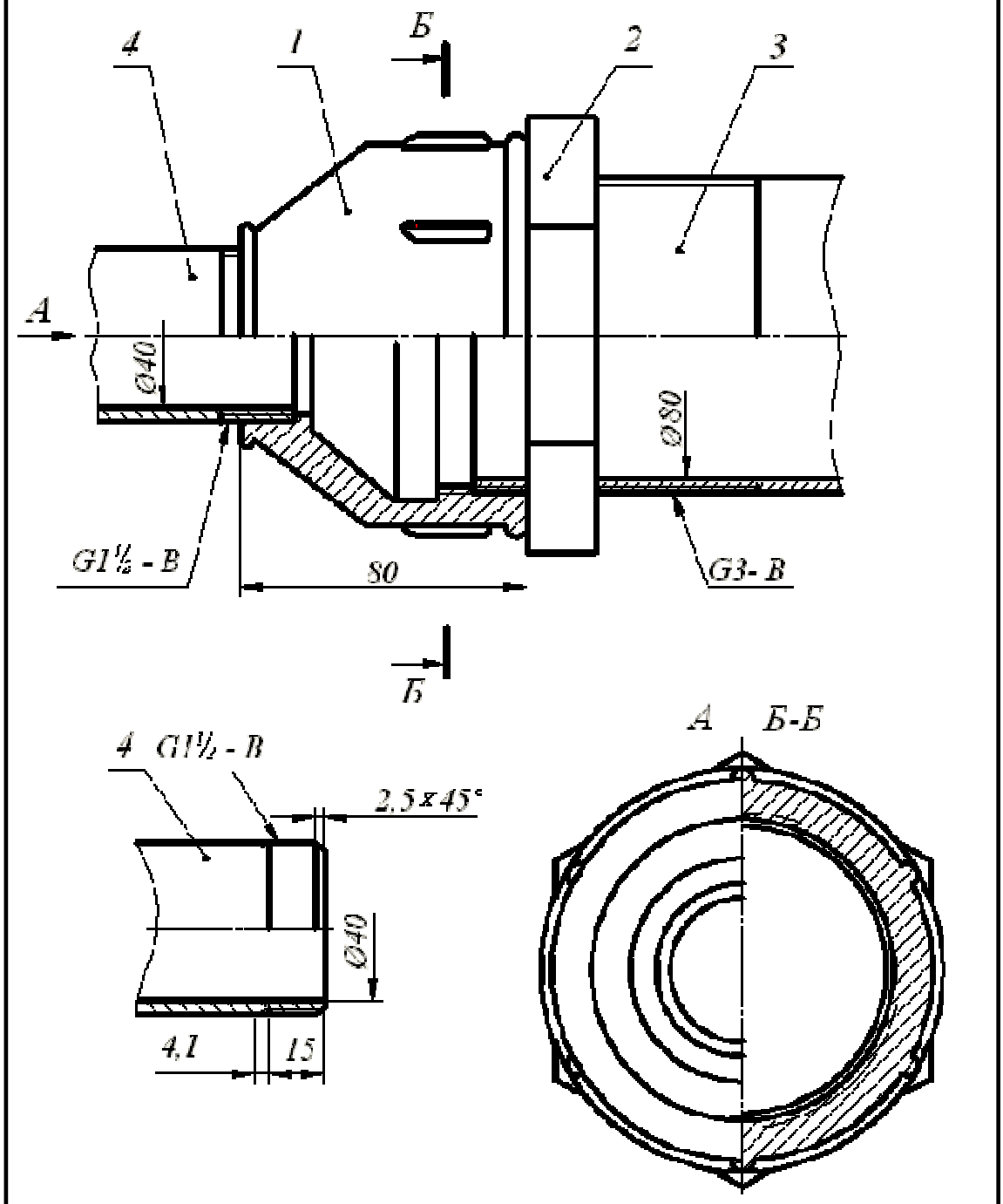
Примеры условных обозначений:

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

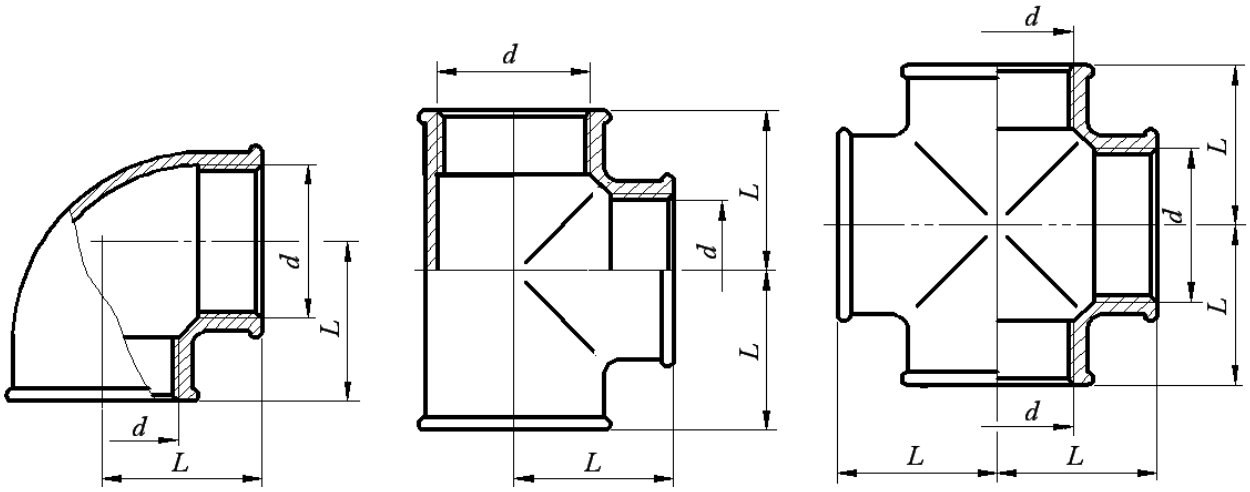
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

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)

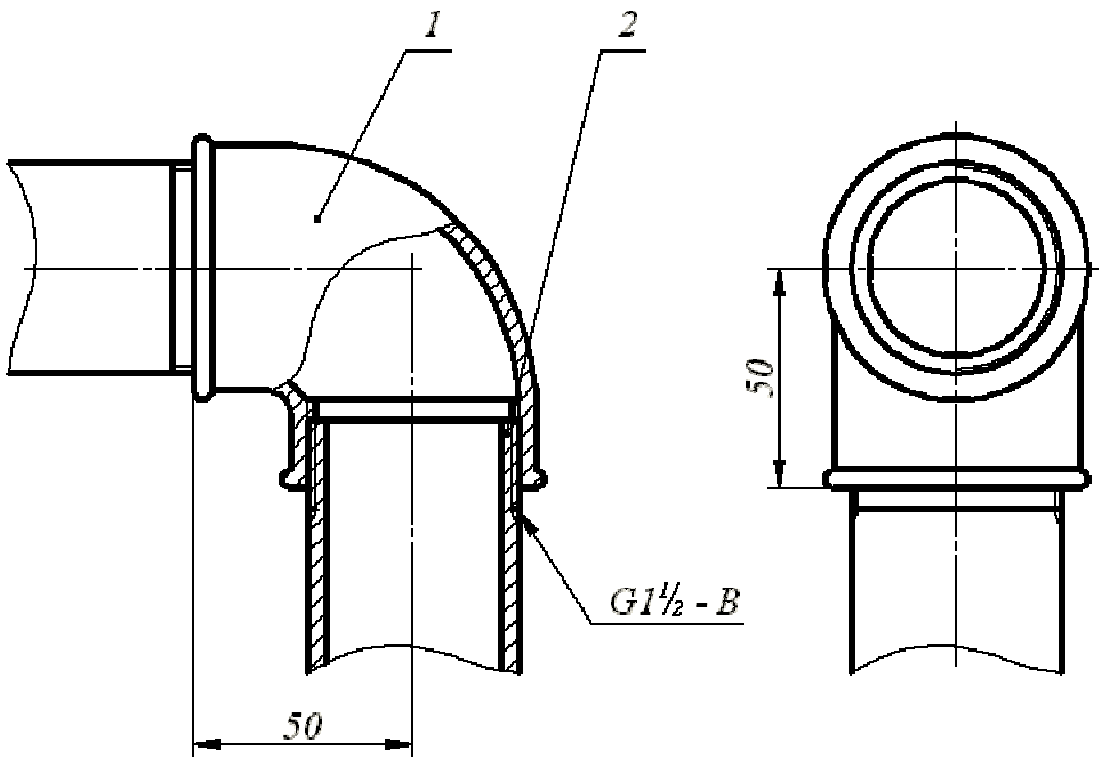


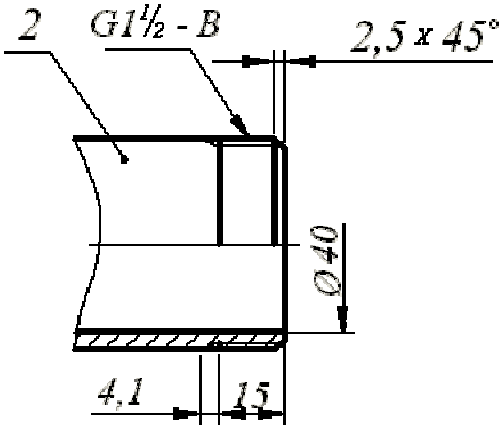

| Условный проход $D_y \times D_{1y}$ | Резьба | $L$, мм |
|---|---|---|
| 8 | $G^1/_4$-$B$ | 21 |
| 10 | $G^3/_8$-$B$ | 25 |
| 15 | $G^1/_2$-$B$ | 28 |
| 20 | $G^3/_4$-$B$ | 33 |
| 25 | $G1$-$B$ | 38 |
| 32 | $G1^1/_4$-$B$ | 45 |
| 40 | $G1^1/_2$-$B$ | 50 |
| 50 | $G2$-$B$ | 58 |
| 65 | $G2^1/_2$-$B$ | 69 |
| 80 | $G3$-$B$ | 78 |
| 100 | $G4$-$B$ | 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.

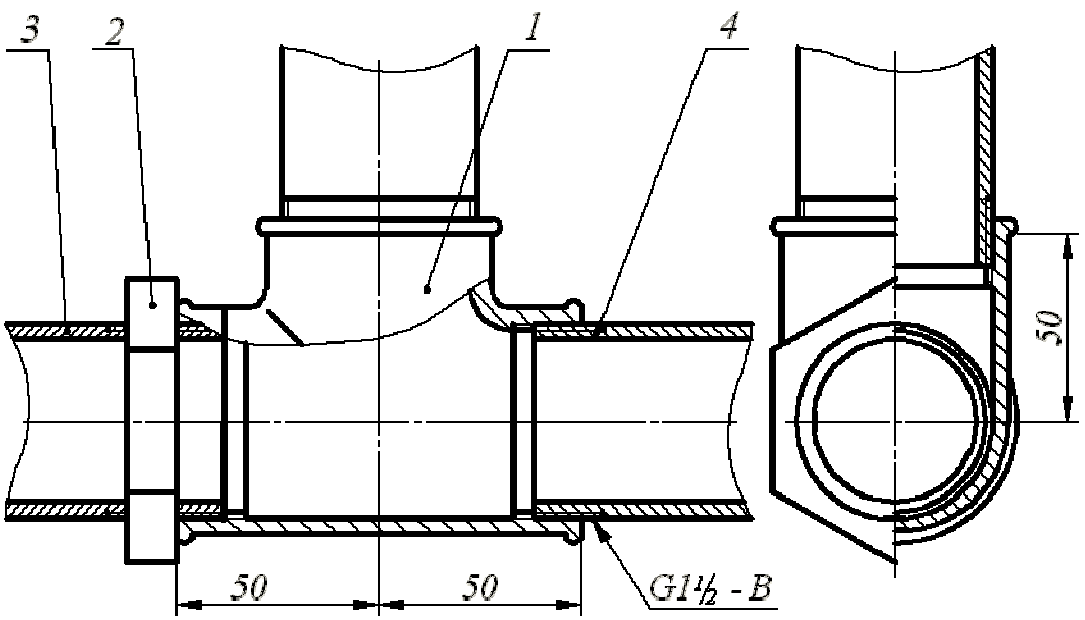


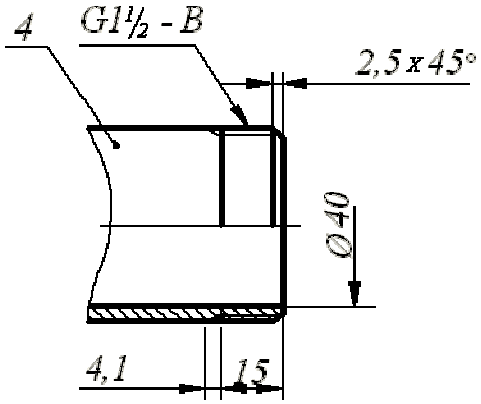




Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 5. Соединение труб проходным угольником

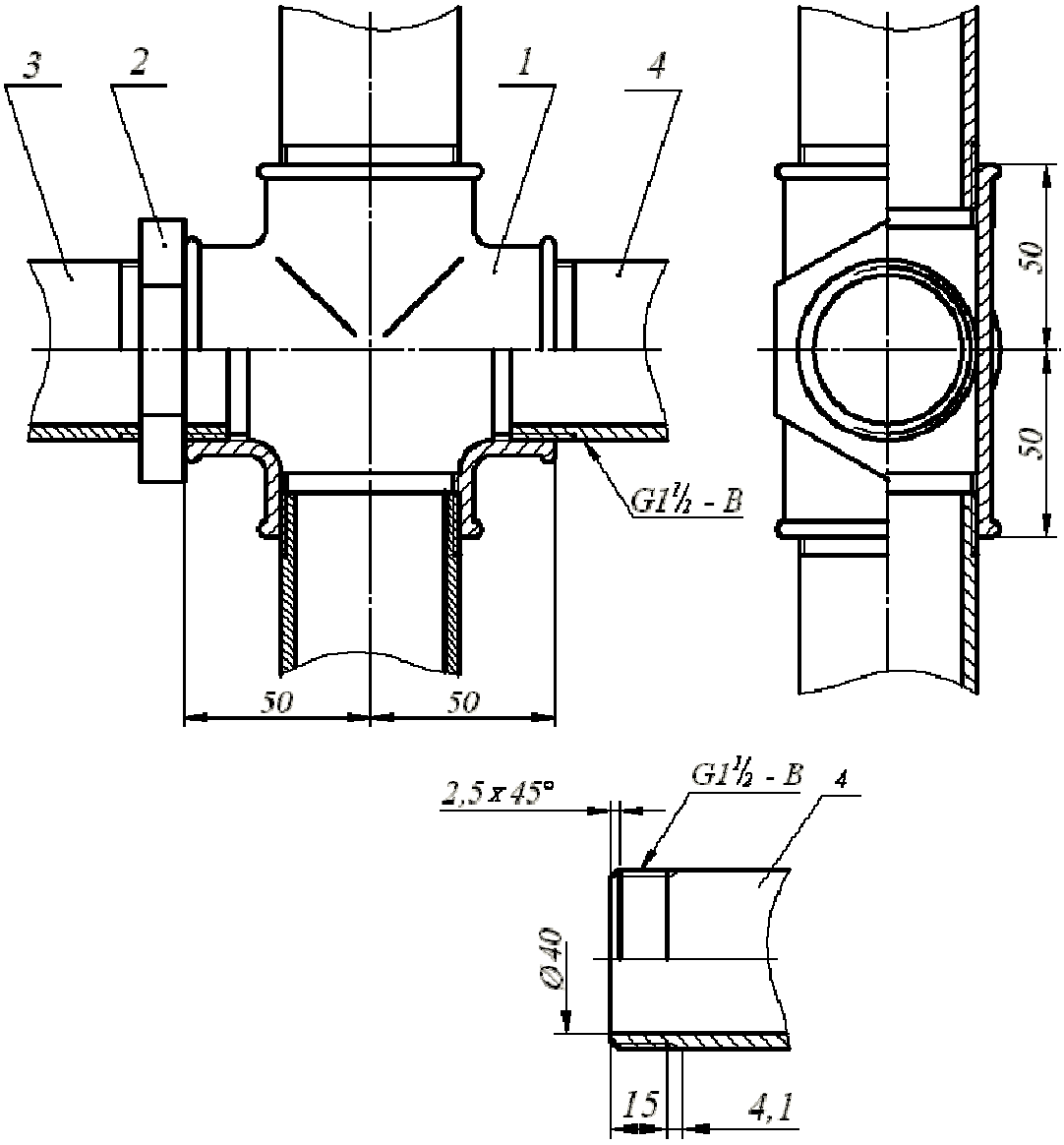



Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

Рис. 6. Соединение труб прямым тройником




Спецификация выполняется по ГОСТ 2.108-68

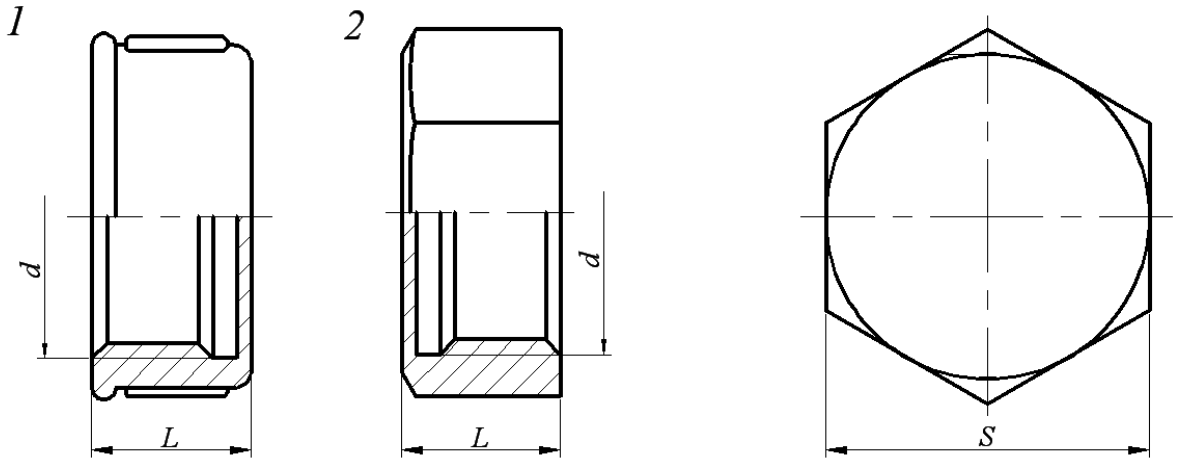
Основная надпись форма 1 ГОСТ 2.104-68

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 |

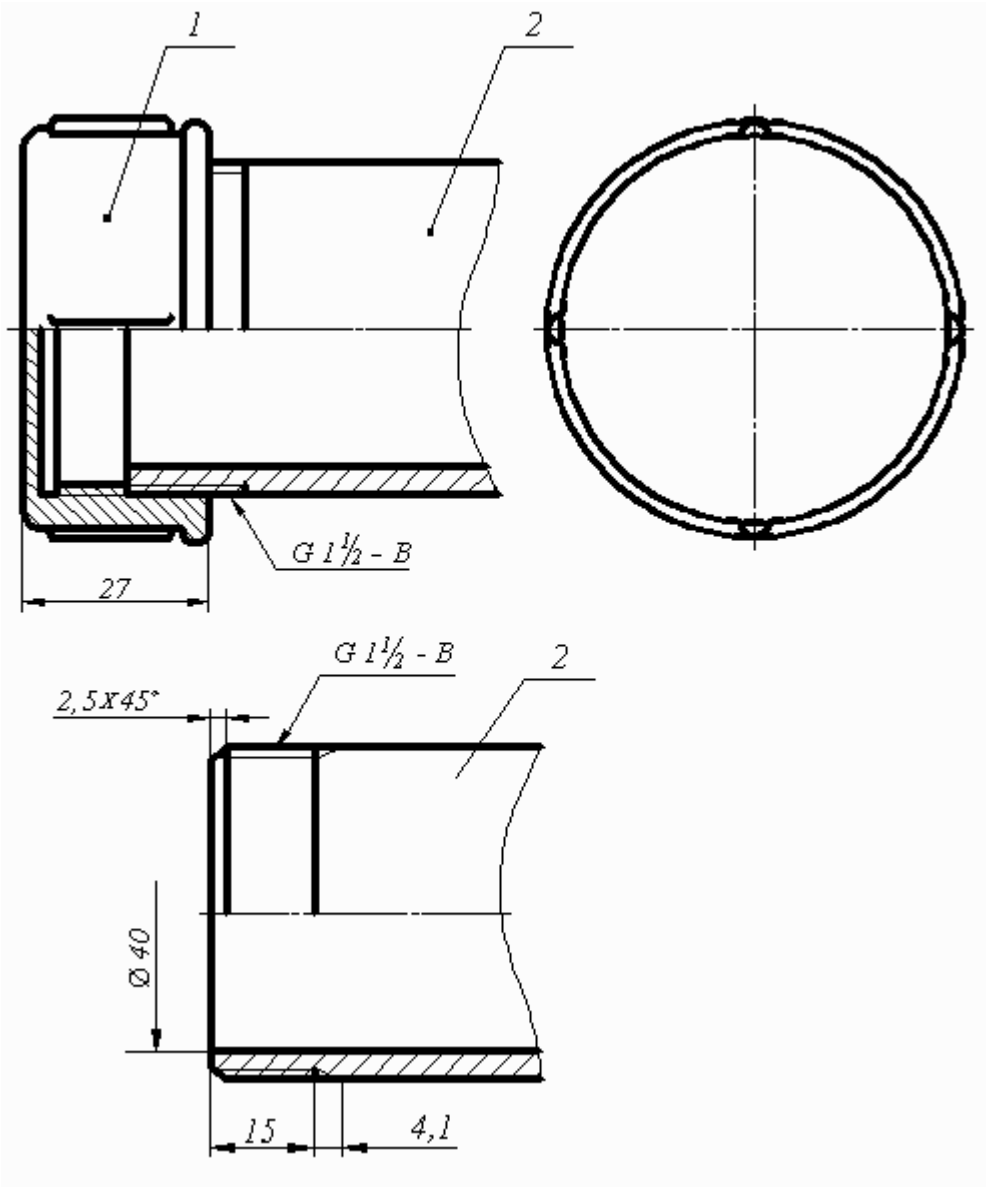
Примеры условных обозначений:

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

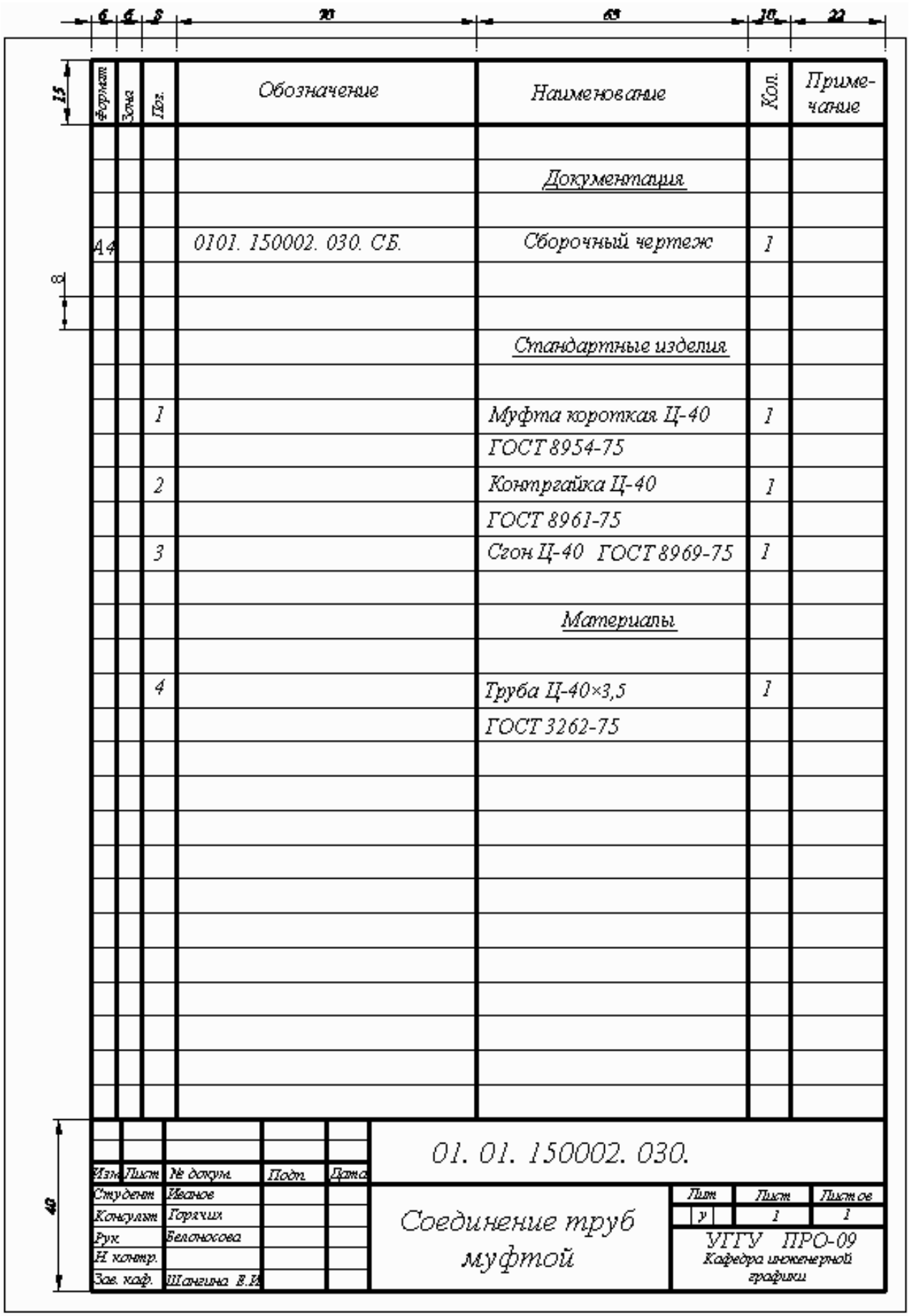



Рис. 9. Спецификация

# 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

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
Горно-технологического факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

# БЛОК-ДИАГРАММА

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Эпюр выполняется на формате Al(594× 841) в масштабе 1:1000 и включает в себя решение следующих задач:

- построение линии выхода пласта на поверхность;
- построение прямого разреза (вкрест простирания);
- построение вертикальных профилей АВ, ВС, СД, ДА, определяемых сторонами заданного плана;
- построение линии среза пласта по горизонту 92,5;
- построение блок-диаграммы (ячеечной), ограниченного вертикальными профилями АВ, ВС, CD, DA и плоскостью нулевого уровня ваксонометрии с линией выхода пласта на поверхность.

Исходные параметры всех вариантов сведены в таблицу №1и задаютсяследующим образом:

1. Месторождение ограничено двумя параллельными плоскостями - плоскостью кровли пласта (верхняя плоскость) и плоскостью подошвы (нижняя плоскость). Плоскость кровли пластазадаётся точкой **F**(x,y,z), азимутом падения α, интервалом **l** (масштабом паденияплоскости), параметры которых представлены в табл.l.

2. Горизонтальнаямощность$\mathbf{H_г}$ пласта нужна для построения плоскости, называемой подошвой, которая также задана в табл. 1.

3. Построение блок-диаграммы осуществляется в стандартной аксонометрической проекции, указанной ее номером. В конце таблицы для каждой стандартной аксонометрической проекции этот номер присвоен. Пример выполнения графической работы представлен на рис.7.

# Построение линии выхода пласта на поверхность

Для нахождения линии пересечения плоскости с топографической поверхностью необходимо найти ряд общих точек, которые одновременно принадлежат плоскости и заданной поверхности. На плане топографическая поверхность задается изогипсами - плоскими линиями, параллельными горизонтальной плоскости проекций, каждая из которых имеет свою высотную отметку. Надо построить горизонтали плоскости кровли, имеющие такие жевысотные отметки, что и изогипсы на плане.

Плоскость кровли задана точкой **F**, азимутом падения α и интервалом**l** (см. табл.1). Построив плоскость кровли на плане (задав ее масштабом заложения), находим линию пересечения плоскости кровли с топографическойповерхностью. Точки, принадлежащие линии пересечения, получаются в ре –

зультате пересечения соответствующих изогипс и горизонталей плоскости кровли, т. е. имеющих одинаковые высотные отметки, если таковые имеются в пределах плана (рис. 1).

Найденные общие точки соединяют плавной кривой, которая будет являться линией пересечения плоскости и топографической поверхности.

Полученная линия кровли пласта обводится красным цветом.

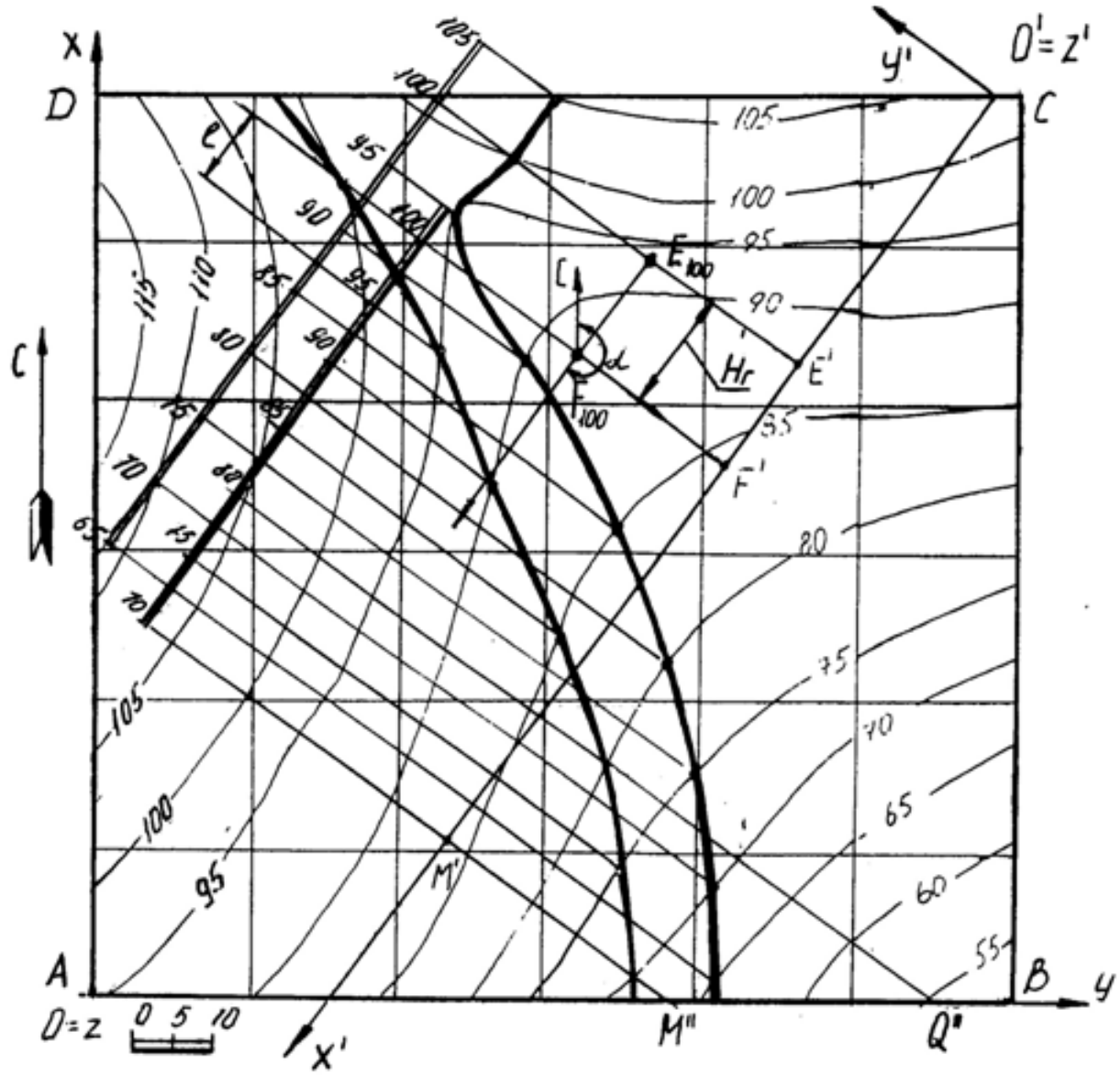



Рис 1

# Пересечение плоскости подошвы пласта и топографической поверхности

Плоскость кровли пласта и плоскость подошвы пласта - две параллельные плоскости. Следовательно, на чертеже горизонтали этих плоскостей будут соответственно параллельны, масштабы заложения равны, направления падения их совпадают.

Горизонтальная мощность пласта определяется расстоянием между плоскостями кровлии подошвы пласта, измеряемое в горизонтальном направлении и в нашем случае равна $\mathbf{H}_г$ (см. табл.1). Следовательно, отложив отточки **F** расстояние, равное $\mathbf{H}_г$по направлению восстания плоскости пласта(т. к. плоскость подошвы ниже плоскости кровли), получим точку**E** с такойже высотной отметкой, как и у точки **F** (рис.1). Направление и масштаб заложения подошвы пласта будут такими же, как и у кровли пласта. Плоскостьподошвы пласта определяется точкой**E**, азимутом падения $\alpha$и интервалом **l**.

Строят те горизонтали подошвы пласта, высотные отметки которых совпадают с высотными отметками изогипс. Находят общие точки, которые соединяют плавной кривой линией. Полученная линия подошвы пласта обводится синим цветом.

Полное построение линии выхода пласта на поверхность показано на рис.1.

# Построение прямого разреза (вкрест простирания)

На планевыбирают вертикальную плоскость, перпендикулярную к горизонталям пласта (в удобном месте, как показано на рис. 1). Полученныйразрез называется прямым или вкрест простирания.

Разрез ограничивается нулевой плоскостью, топографической поверхностью и прямыми пересечения плоскости прямого разреза с ближайшимивертикальными плоскостями, ограниченными прямоугольником ABCD.

Для построения прямого разреза вводят декартову систему координат x'O'y' на плане, где ось O'x' совпадает с плоскостью разреза, ось O'y' перпендикулярна к оси O'x' (по часовой стрелке), ось z' проецируется в точку(рис. 1 ).

Вертикальный прямой разрез будет определяться осьюO'x' и осью O'z', где координата z' будет равна числовой отметке соответствующей изогипсы (рис. 2). Таким образом, получают построение вертикального прямого (вкрест простирания) разреза, на котором строят следы пласта.

Для построения следов пласта на разрезе вкрест простирания поступают так. По горизонтали переносят точку **F** на след плоскости вертикального разреза – осьO'x' и любую из горизонталей (например, 70) – точки F'и M'(рис. 1). На профиле (рис. 2) через полученные точки F'и M' проводят перпендикуляры, на которых откладывают высотные отметки кровли пласта. Затем проводят прямую линию – след кровли пласта.

Подошва пласта отстоит от кровли пласта на расстоянии, равном горизонтальной мощности пласта и строится параллельно плоскости кровли (рис. 2 – профиль ограничен нижней плоскостью с отметкой 40).

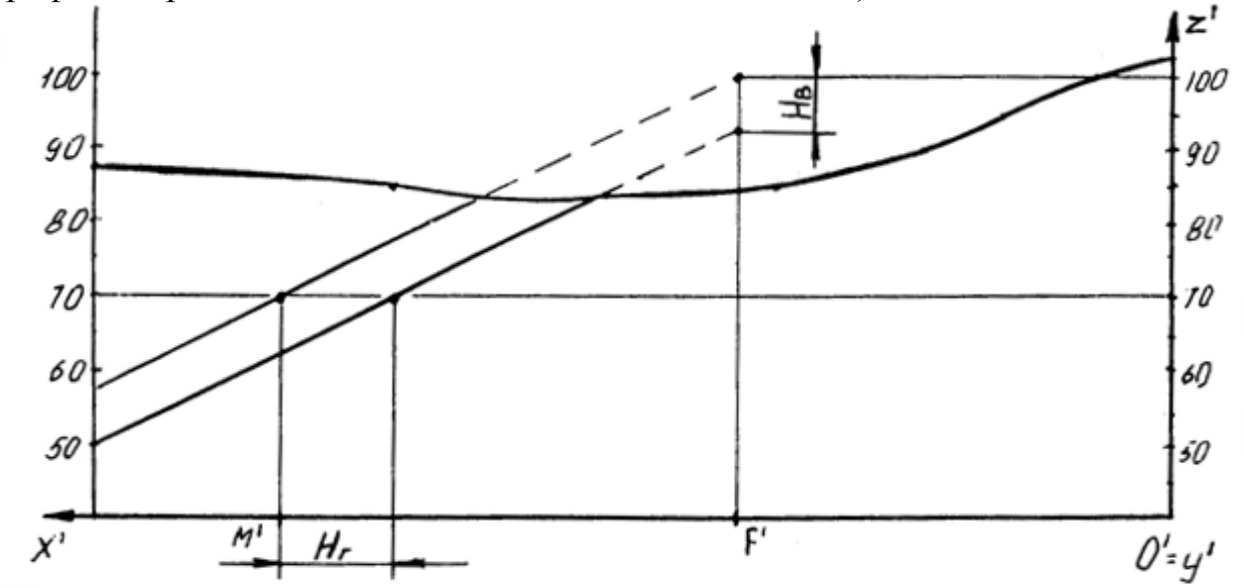



Рис. 2

Построение вертикальных профилей AB, BC, CD, DA выполняется аналогично. Пример построения вертикального профиля AB показан на рис. 3. Для построения подошвы от прямой следа плоскости кровли пласта откладывают вертикальную мощность $\mathbf{H_в}$, взятую с разреза вкрест простирания и проводят прямую, параллельную следу плоскости кровли.

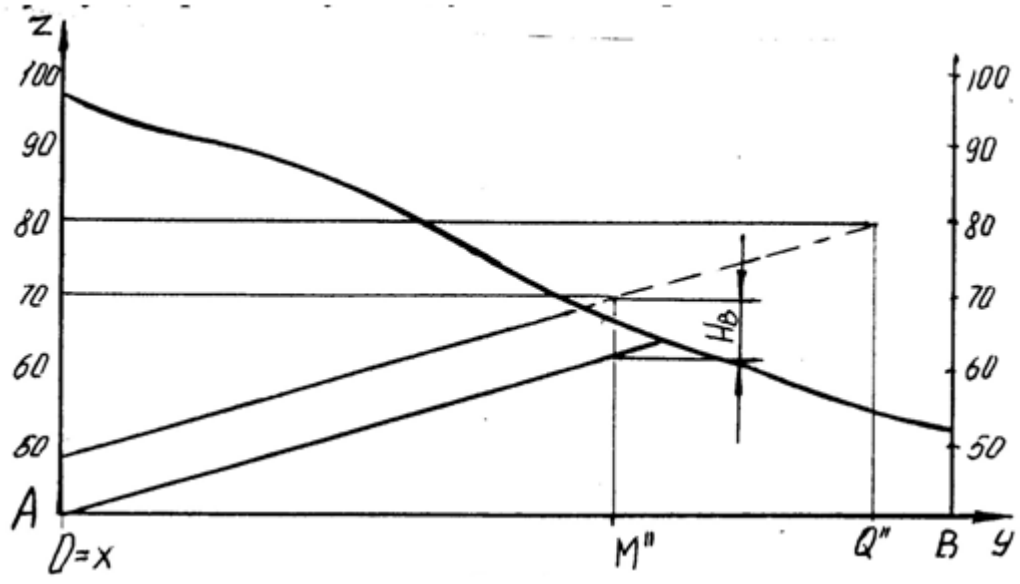


Рис. 3

## Нахождение высотной отметки точки, не лежащей на изогипсе

Для построения высотной отметки точки а (рис. 4), не лежащей на изогипсе, поступают следующим образом:

- через точку А проводят кратчайшую прямую III между изогипсами 50 и 60;
- из точки пересечения с изогипсой 60 проводят прямую под произвольным углом, на которой откладывают отрезок, равный разности высотных отметок (т. е. 10) в заданном масштабе – точка II';
- соединяют полученную точку II' с точкой II, имеющей отметку 50 и с помощью подобных треугольников переносят точку А на прямую III', которую называют «высотной шкалой».

Таким образом точка А имеет высотную отметку 57.

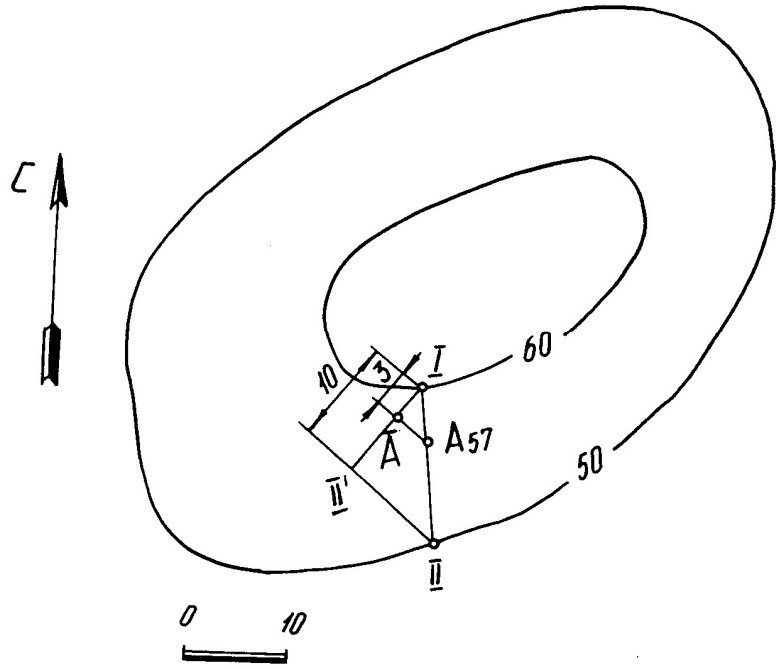
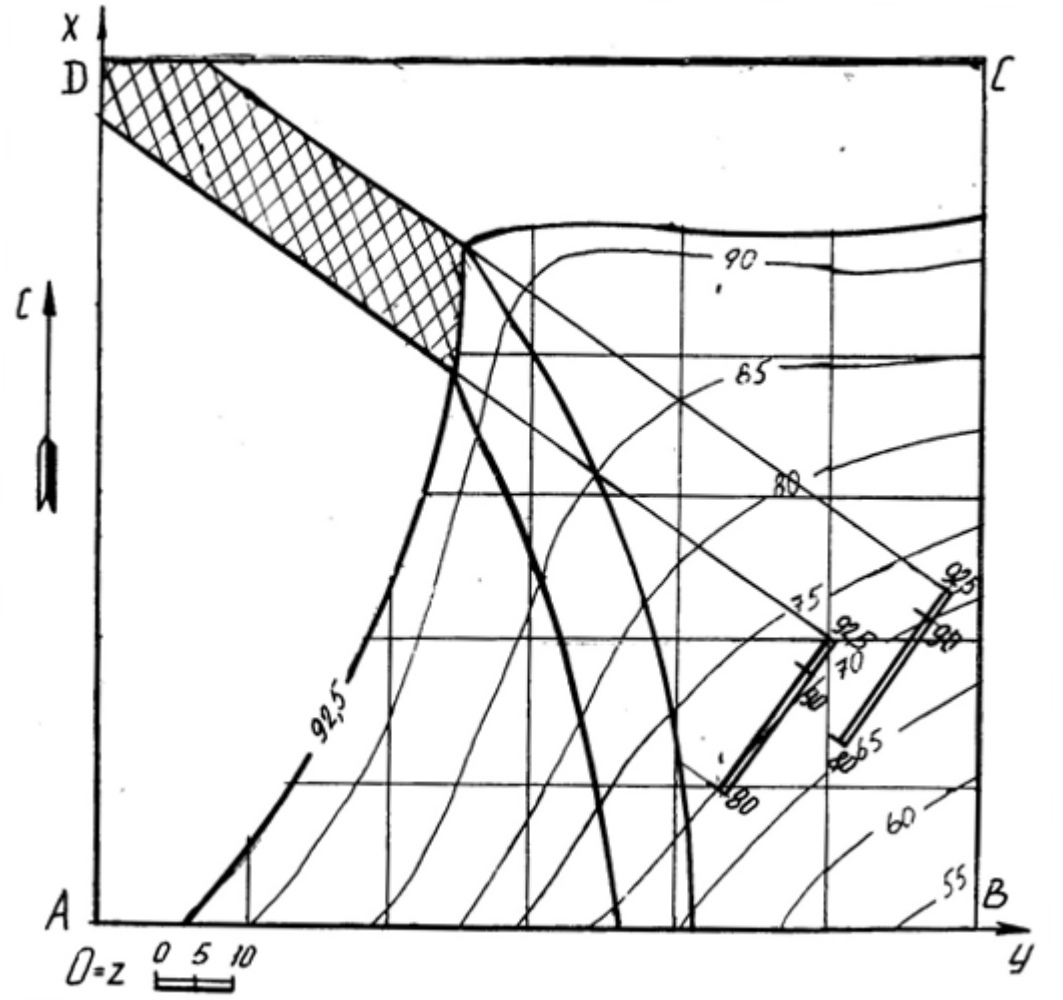



Рис. 4

## Построение плана среза по горизонту 92,5

Для построенияплана среза воспользуемся умением находить высотные отметки точек, не лежащих на изогипсах, который был рассмотрен ранее.

Количество точек, необходимых для построения изогипсы 92,5, определяется самостоятельно в зависимости от конфигурации рядом лежащих изогипс. План среза по горизонту 92,5 показан на рис. 5.




# Построение блок диаграммы части месторождения, ограниченного вертикальными профилями AB, BC, CD, DA и плоскостью нулевого уровня в аксонометрии с линией выхода пласта на поверхность

Блок диаграммой будем называть аксонометрическую проекцию части земной коры, ограниченную четырьмя вертикальными плоскостями, горизонтальной плоскостью (например, с отметкой ноль) и топографической поверхностью. Блок диаграмма строится ячеечная, т. е. заданный план разбивается на квадраты, размеры которых 250×250. Затем построения осуществляются по следующему алгоритму.

Алгоритм построения:

- на план наносим декартову систему координат, у которой ось X совпадает с AD, ось Yсовпадает с DC, ось Zсовпадает с точкой D;

- строим декартову систему координат в указанной аксонометрической проекции (прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия, косоугольная горизонтальная изометрия - военная пер-

спектива, косоугольнаяфронтальнаяизометрия – кавальерная проекция) согласно ГОСТ 2.317 – 69;

- построение осуществляется по координатам тех точек, которые имеют точные высотные отметки, с учетом коэффициентов искажения по координатным осям. Пример построения показан на рис. 6.

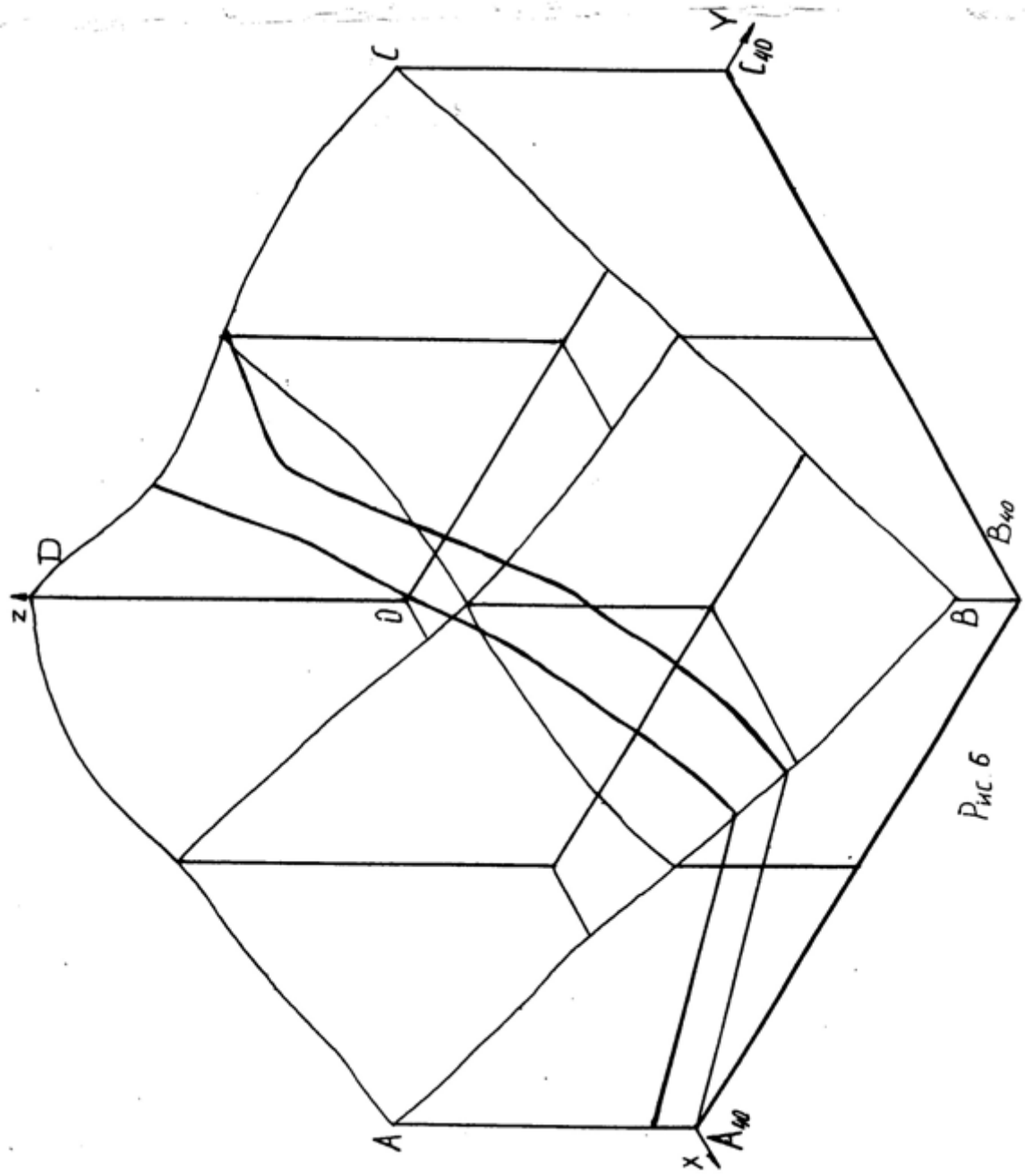



Рис. 6

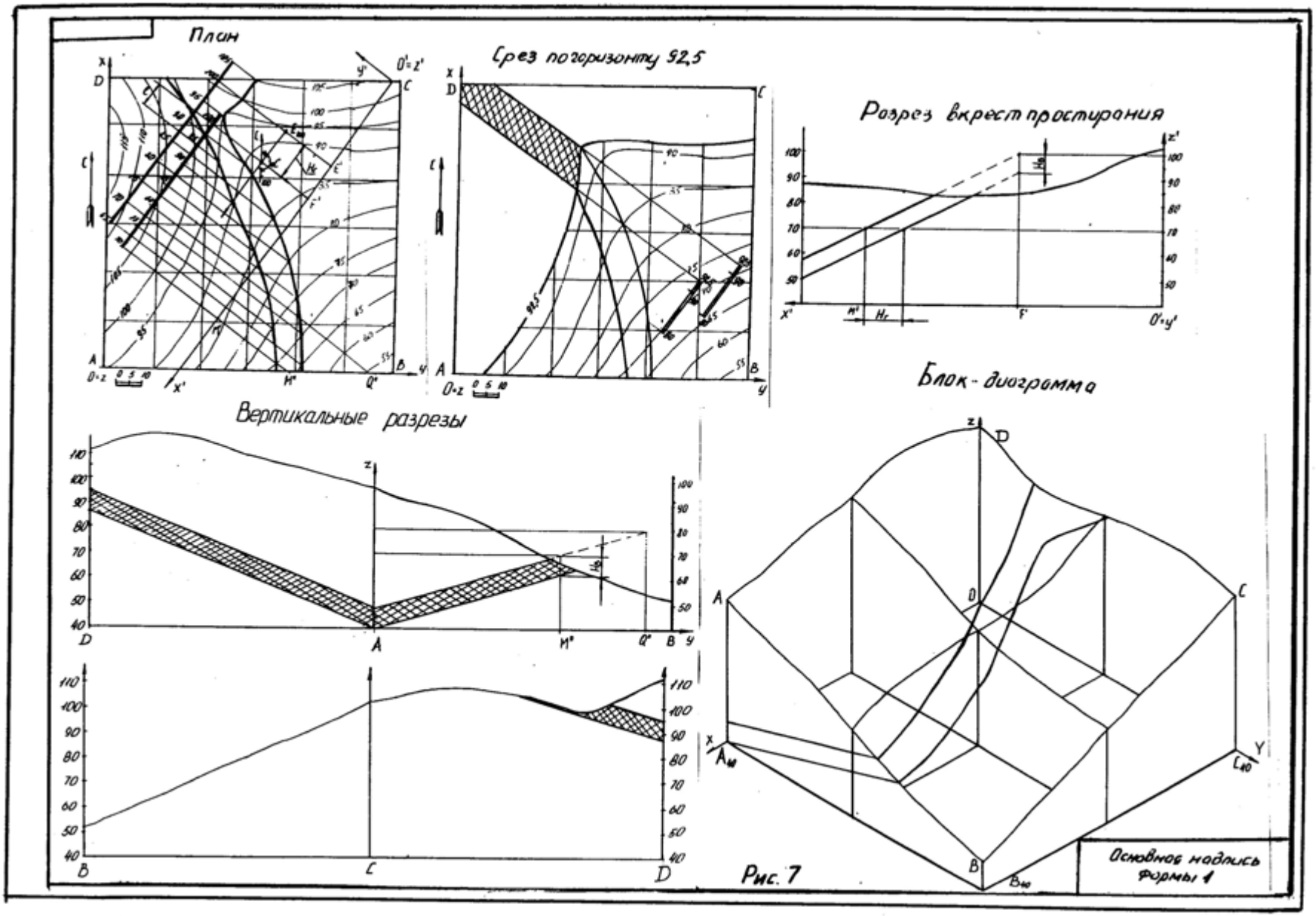

План
Срез погоризонту 92,5
Разрез вкрест простирания
Блок-диограмма
Вертикальные разрезы
Основной надпись формы 1

Рис. 7

Таблица 1

| Номер варианта | Точка **F** | | | Азимут падения α° | Интервал плоскости кровли **l**, мм | Горизонтальная мощность $\mathbf{H}_{г}$, мм | Вид аксонометрии |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **x** | **y** | **z** | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 180 | 1 |
| 2 | 20 | 85 | 110 | 170 | 20 | 75 | 2 |
| 3 | 67 | 40 | 100 | 210 | 20 | 30 | 3 |
| 4 | 78 | 25 | 120 | 190 | 20 | 50 | 4 |
| 5 | 98 | 110 | 105 | 80 | 20 | 30 | 5 |
| 6 | 40 | 135 | 105 | 30 | 20 | 15 | 1 |
| 7 | 60 | 60 | 85 | 225 | 20 | 45 | 2 |
| 8 | 38 | 105 | 100 | 135 | 14 | 17 | 3 |
| 9 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 155 | 4 |
| 10 | 20 | 85 | 110 | 170 | 20 | 95 | 5 |
| 11 | 67 | 40 | 100 | 210 | 20 | 100 | 1 |
| 12 | 78 | 25 | 120 | 190 | 20 | 85 | 2 |
| 13 | 98 | 100 | 105 | 80 | 20 | 15 | 3 |
| 14 | 40 | 135 | 105 | 30 | 20 | 45 | 4 |
| 15 | 60 | 60 | 85 | 225 | 20 | 65 | 5 |
| 16 | 38 | 105 | 100 | 135 | 14 | 31 | 1 |
| 17 | 55 | 40 | 95 | 190 | 20 | 70 | 2 |
| 18 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 135 | 3 |
| 19 | 20 | 85 | 110 | 170 | 20 | 110 | 4 |
| 20 | 67 | 40 | 100 | 210 | 20 | 125 | 5 |
| 21 | 78 | 25 | 120 | 190 | 20 | 105 | 1 |
| 22 | 135 | 20 | 120 | 260 | 20 | 135 | 2 |
| 23 | 20 | 110 | 115 | 30 | 20 | 30 | 3 |
| 24 | 98 | 35 | 80 | 225 | 20 | 45 | 4 |
| 25 | 38 | 105 | 100 | 135 | 14 | 60 | 5 |
| 26 | 46 | 10 | 120 | 210 | 20 | 115 | 1 |
| 27 | 115 | 135 | 130 | 170 | 20 | 20 | 2 |
| 28 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 75 | 3 |
| 29 | 115 | 135 | 130 | 170 | 20 | 50 | 4 |
| 30 | 97 | 95 | 115 | 210 | 20 | 70 | 5 |
| 31 | 135 | 20 | 120 | 260 | 20 | 145 | 1 |
| 32 | 58 | 177 | 80 | 135 | 14 | 31 | 2 |
| 33 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 95 | 3 |
| 34 | 115 | 135 | 130 | 170 | 20 | 65 | 4 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 97 | 95 | 115 | 210 | 20 | 95 | 5 |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | 58 | 177 | 80 | 135 | 14 | 42 | 1 |
| 37 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 115 | 2 |
| 38 | 98 | 35 | 80 | 225 | 20 | 25 | 3 |
| 39 | 58 | 177 | 80 | 135 | 14 | 68 | 4 |
| 40 | 27 | 42 | 100 | 210 | 20 | 140 | 5 |

1 -прямоугольная изометрия (изометрия)

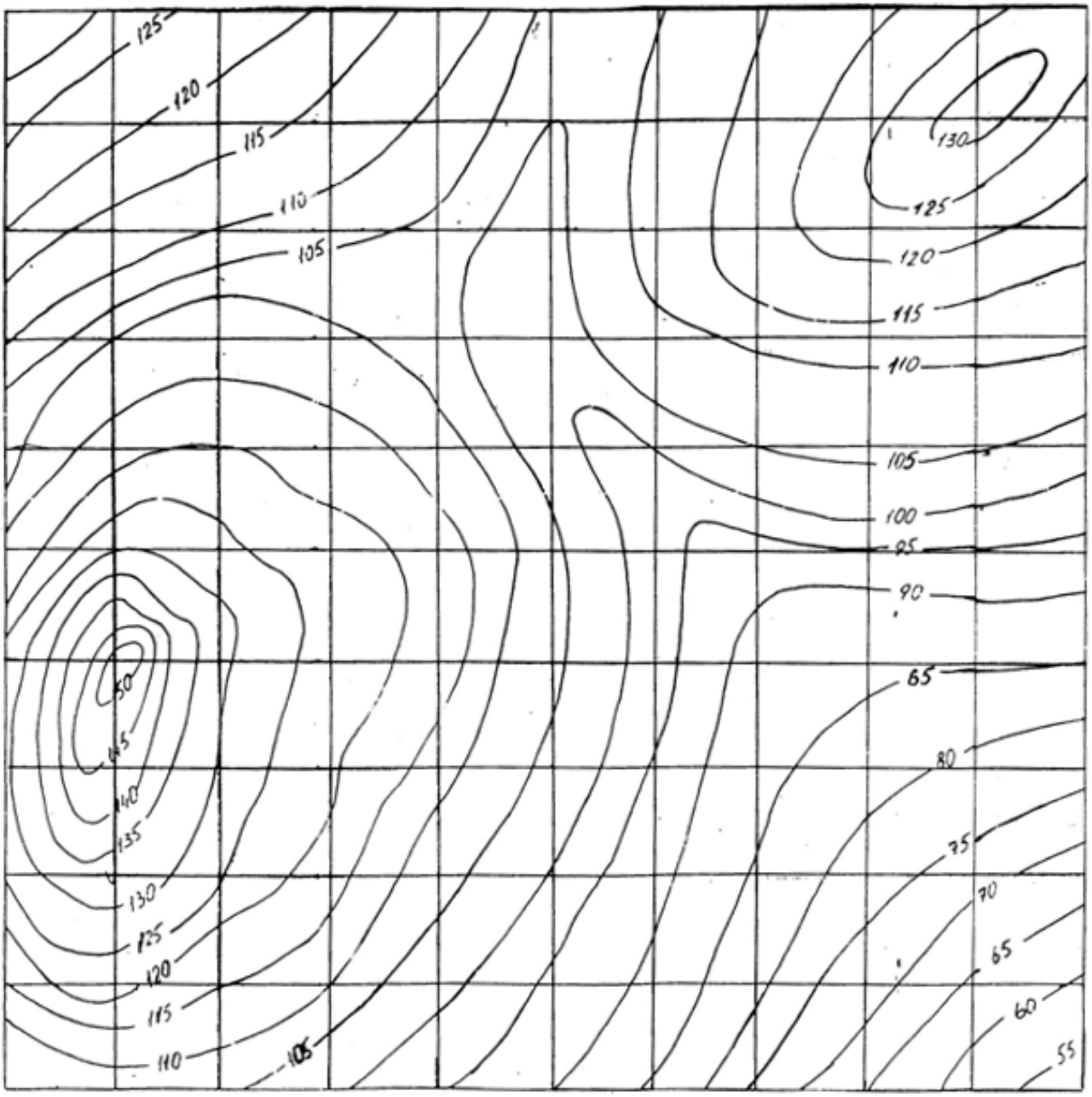
2 - прямоугольная диметрия (диметрия)

3 – косоугольная фронтальная диметрия (кабинетная проекция)

4 -косоугольнаяфронтальнаяизометрия (кавальерная проекция)

5 -косоугольная горизонтальная изометрия (военная перспектива)

# ПЛАН ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ



# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ


1. Бабич В. Н., Шангина Е. И. Начертательная геометрия в проекциях с числовыми отметками: Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1999. – 152 с.
2. Горная графическая документация. – Издание стандартов, 1983. – 200 с.
3. Ломоносов Г. Г. Инженерная графика. – М.: Недра, 1984. – 287 с.
4. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. – Киев: «Вища школа», 1978. – 312 с.
5. Тарасов Б. Ф. Методы изображения в транспортном строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1987. – 248 с.

Бабич Владимир Николаевич
Шангина Елена Игоревна

Методическое пособие
по выполнениюиндивидуальной графической
работы «Блок-диаграмма» по дисциплине
«Начертательная геометрия. Инженерная графика»
для студентов направления 553200 –
«Геология и разведка полезных ископаемых»

2-е издание, стереотипное

Корректура кафедры инженерной графики

Подписано в печать 17.10.2003 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8
Печ. л. 0,9  Уч. - изд. 0,83. Тираж 100 экз. Заказ №128

Лаборатория педагогики
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
Горно-технологического факультета
_____Н. В. Колчина

Е. И. Шангина

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

## ЭПЮР №1

Методическое пособие
по теме «Условности машиностроительного черчения»
для самостоятельной работы студентов
всех специальностей и направлений»

Издание УГГУ

Екатеринбург, 2018

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 5
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ..... 5
2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА ..... 5
3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА ..... 7
4. ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ..... 15
5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 16

## ВВЕДЕНИЕ

Методическое пособие «Эпюр № 1выполнено на основе учебного пособия А. И. Образцова, изданного в 1953 году.

Данное пособие предназначено для оказания помощи студентам при выполнении графической работы «Эпюр №1» по курсу «Начертательная геометрия».

Цель работы - научиться строить линию пересечения заданных плоских фигур, определять видимость этих фигур на проекциях.

Графическая работа «Эпюр №1» является первым самостоятельным заданием студента по дисциплине «Начертательная геометрия». Для выполнения этой работы студент должен изучить следующие разделы начертательной геометрии: «Точка и прямая», «Плоскость», «Взаимное положение прямой и плоскости», «Взаимное положение двух плоскостей».

## 1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Графическая работа «Эпюр №1» выполняется в масштабе 1:1 на формате А3 (297×420 мм). В правом нижнем углу формата А3 студент выполняет основную надпись – форма 1 по ГОСТ 2.104-68. Пример заполнения основной надписи приведен в Приложении I. В левом верхнем углу формата выполняется дополнительная графа 26 (14×70 мм). Пример выполнения графической работы дан в Приложении I.

В соответствии с ГОСТ 2.303-68 задание выполняется следующими типами линий:

- линии видимого контура толщиной S, равной 0,6÷0,8 мм;
- линии построения – сплошные тонкие, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- линии невидимого контура – штриховые, толщиной от $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$;
- следы вспомогательных плоскостей-посредников изображаются разомкнутыми линиями, длиной 8-10 мм, толщиной от 1,5 *S* до 2*S*.

## 2. МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЭПЮРА

Вариант задания включает в себя три различные геометрические плоские фигуры:

- фигура № 1 задана координатами трех точек, фигура № 2 (многоугольник) полностью задана координатами трех точек и оставшимися точками, у которых одна из координат заменяется условием их принадлежности к плоской фигуре № 2;

- фигура № 3 занимает проецирующее положение (фронтально-проецирующее или горизонтально-проецирующее) и задается очерком в виде кольца, серпа, круга или его части.

Выполнение эпюра состоит из графического решения нескольких задач:

1) достроить недостающую проекцию многоугольника;
2) построить проекции линии пересечения треугольника *ABC* и многоугольника;
3) построить проекции линии пересечения: треугольника с плоскостью частного положения; многоугольника с плоскостью частного положения;
4) определить видимость элементов фигур на чертеже, считая фигуры непрозрачными.

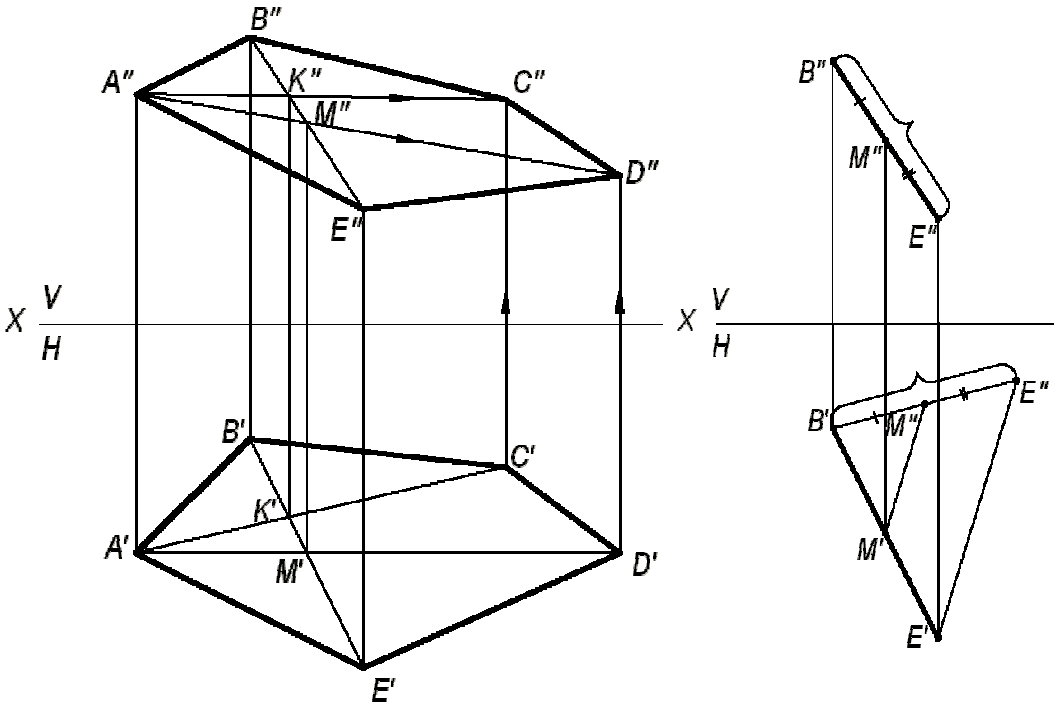
Исходные данные заданы численными значениями координат и сведены в таблицу.

## 3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭПЮРА

Для выполнения графической работы студенту необходимо решить ряд задач.

*Задача 1.* Построение исходного чертежа многоугольника (рис. 1).

Горизонтальная проекция многоугольника *ABCDE* задана полностью, а фронтальная проекция только тремя проекциями точек *A″B″E″*. Необходимо достроить фронтальную проекцию точек *C* , *D*. При построении недостающей проекции заданного многоугольника необходимо соблюдать условие принадлежности точек данной фигуры к плоскости. Чтобы точки *C, D* лежали в плоскости, определенной тремя точками *A*, *B* и *E*, необходимо, чтобы они находились на прямых, лежащих в этой плоскости. Этими прямыми являются диагонали *AC*, *AD* и *BE*, горизонтальные проекции которых можно построить (рис. 1*а*).




*а*) *б*)

Рис. 1. Построение исходного чертежа многоугольника:

*а*- построение недостающих проекций вершин многоугольника; *б*- пропорциональное деление отрезка *BE*

На фронтальной проекции пятиугольника проводят проекцию диагонали *B″E″*. В плоскости пятиугольника лежат точки пересечения диагоналей *K* и *M*, горизонтальные проекции которых *K′* и *M′* имеются, а фронтальные проекции получаются в результате пересечения линий проекционной связи, проведенных из *K′* и *M′*, с диагональю *B″E″*. По двум точкам строятся фронтальные проекции других двух диагоналей *A″K″* и *A″M″*, на них должны лежать проекции точек *C″* и *D″*, которые определяются по их горизонтальным проекциям.

В случае, если линия совпадает по направлению с линией проекционной связи или круто наклонена к оси проекций, то недостающая проекция точки строится из условия пропорционального деления отрезка: если точка делит отрезок на пропорциональные части, то проекция этой точки делит проекции этого отрезка в том же отношении. На рис. 1*б* нужно построить горизонтальную проекцию точки *M′*. Из проекции точки *B′* проводят линию под углом меньше 90° к *B′E′* и на ней от проекции точки *B′* откладывают отрезки равные *B″M″* и *B″E″*. Соединяют *E′* и *E″* и параллельно этому направлению проводят от M″ линию до пересечения с *B′E′*. Получают искомую горизонтальную проекцию *M′*.

*Задача 2.* Построить точку пересечения прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*.

Если прямая линия не параллельна плоскости, то она пересекает эту плоскость в действительной точке (см. рис. 2).

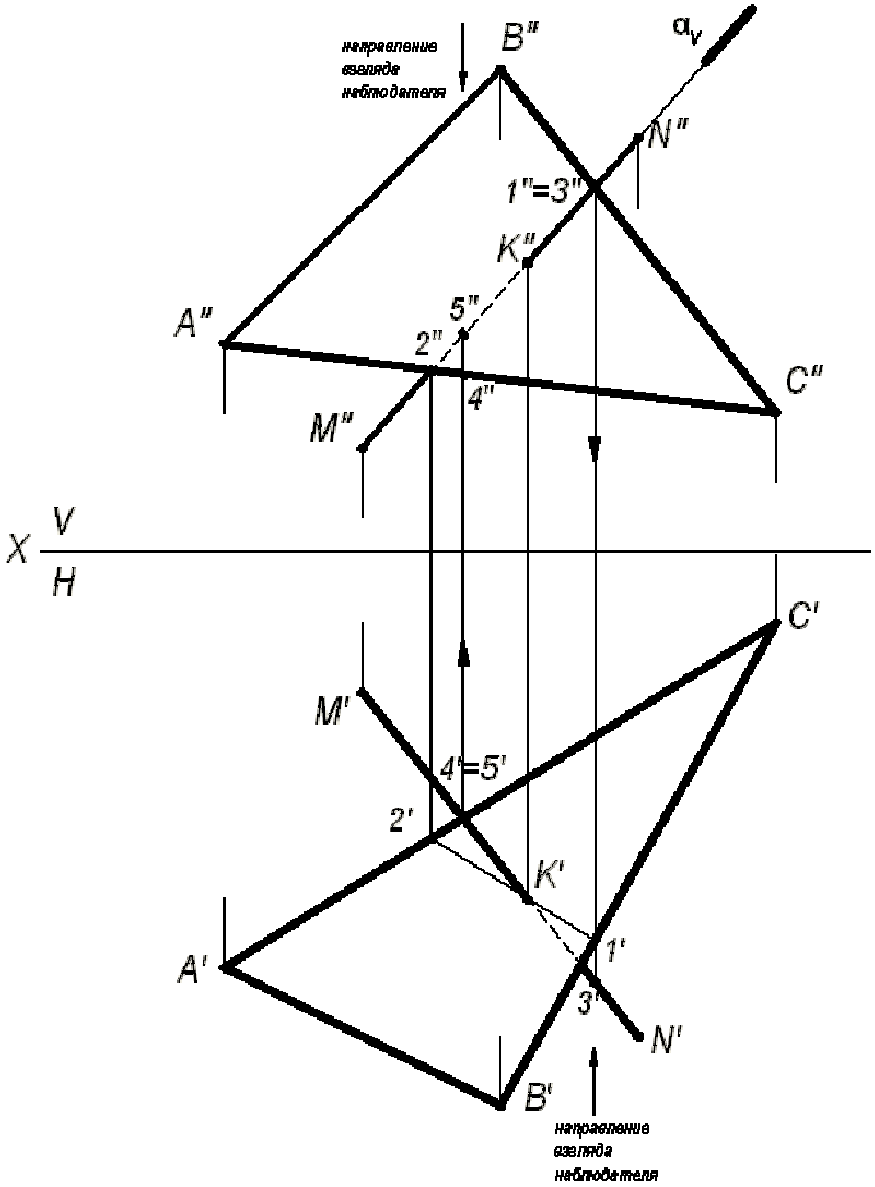



Рис. 2. Построение точки пересечения прямой с плоскостью

Алгоритм решения задачи:

1) Через заданную прямую *MN* проводим вспомогательную плоскость-посредник $\alpha$, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций *V* все точки плоскости-посредника $\alpha$ будут проецироваться в прямую линию, совпадающую с фронтальной проекцией прямой *M″N″*.

2) Находим линию пересечения вспомогательной плоскости-посредника $\alpha$ с заданной плоскостью треугольника *ABC*. На чертеже линия (1,2).

3) Находим искомую точку пересечения *K* прямой *MN* с плоскостью треугольника *ABC*. Она определяется как пересечение искомой прямой с найденной линией пересечения вспомогательной плоскости-посредника с плоскостью треугольника *ABC*.

**Определение видимости на чертеже.**

В начертательной геометрии плоскости считаются непрозрачными, поэтому необходимо на проекциях определить видимость.

Для определения видимости на чертеже используем метод конкурирующих точек, сущность которого заключается в выборе двух скрещивающихся прямых.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций *V* поступают так. Выбираем две скрещивающиеся прямые *B″C″* и *M″N″*, фронтальные проекции которых пересекаются в точках 1 и 3. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки 3′, лежащая на проекции прямой *M′N′*, будет закрывать проекцию точки 1′, лежащую на проекции прямой *B′C′*, т. к она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на фронтальной плоскости проекций проекция *M″N″* будет закрывать проекцию *B″C″*. Границей видимости является проекция точки пересечения К″.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций *H* выбираем две скрещивающиеся прямые *A′C′* и *M′N′*, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 4′ и 5′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 5″, лежащая на проекции прямой *M″N″*, будет закрывать проекцию точки 4″, лежащую на проекции прямой *A″C″*, т. к. она будет ближе к наблюдателю. На чертеже направление взгляда наблюдателя показано стрелкой. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекций проекция *M′N′* будет закрывать проекцию *A′C′*. Границей видимости является проекция точки пересечения *K′*.

*Задача 3.* Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение.

Даны две плоскости: плоскость $\Delta ABC$ – плоскость общего положения, плоскость $\Delta DEK$ – плоскость частного положения, которая расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций (рис. 3).

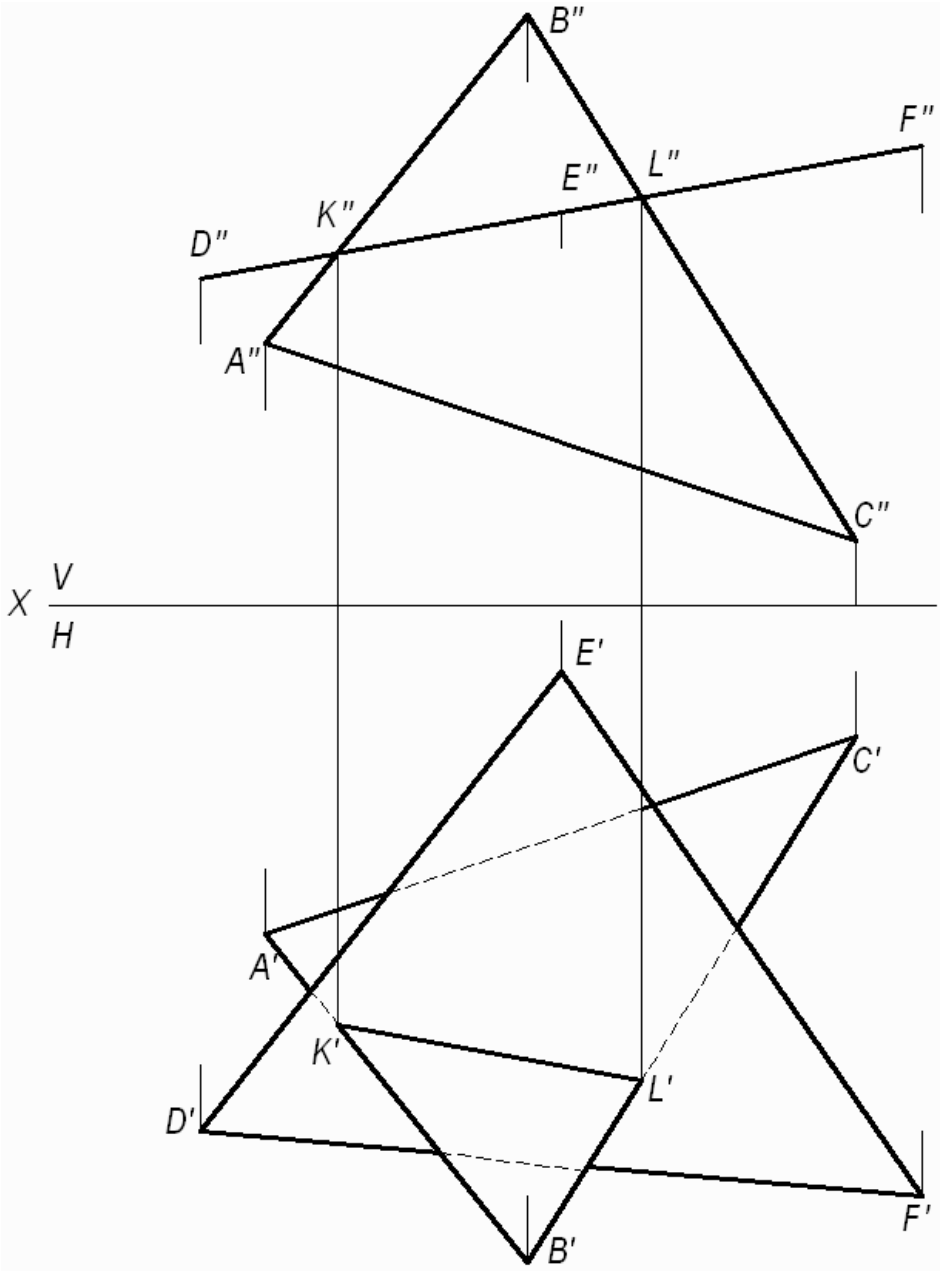



Рис. 3. Построение линии пересечения двух плоскостей, одна из которых занимает частное положение

Фронтальная проекция $\Delta DEK$ совпадает с фронтальным следом плоскости и фронтальной проекцией линии пересечения треугольников.

(*KL*) - линия пересечения двух треугольников. Проекции этой линии пересечения – фронтальную и горизонтальную строят исходя из свойства принадлежности точек *K* и *L* сторонам (*AB*) и (*BC)*, соответственно. Видимость треугольников на горизонтальной плоскости проекций определяем методом конкурирующих точек, рассмотренном в задаче 2.

*Задача 4.* Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.

Даны две плоскости общего положения, заданные треугольниками *ABC* и *DEK*. Построить линию пересечения двух треугольников, определить видимость треугольников на проекциях.

Прямая линия, получаемая при взаимном пересечении двух плоскостей, определяется двумя точками, каждая из которых одновременно принадлежит обеим плоскостям. Общие точки определяются решением основной позиционной задачи начертательной геометрии – построение точки пересечения прямой с плоскостью (см. рис. 2).

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (проецирующие плоскости). Решение задачи приведено на рис. 4.

Алгоритм решения задачи:

1. Определяют первую точку линии пересечения двух треугольников – точку *M*.

1.1. Фронтально-проецирующая плоскость $\alpha$ проведена через сторону *DK* и задана на чертеже фронтальным следом $\alpha_V$.

1.2. Плоскость $\alpha$ пересекает плоскость треугольника *ABC* по прямой (1,2), на чертеже строят две проекции этой прямой.

1.3. Прямая (1,2) пересекает сторону *DK* в точке *M*, строят две проекции точки *M*″ и *M*′.

2. Определяют вторую точку искомой линии пересечения двух треугольников – точку *N*.

2.1. Горизонтально-проецирующая плоскость $\beta$ проведена через сторону *AB* и задана на чертеже горизонтальным следом $\beta_H$.

2.2. Плоскость $\beta$ пересекает плоскость треугольника *DEK* по прямой (3,4), на чертеже строят две проекции этой прямой.

2.3. Прямая (3,4) пересекает *AB* в точке *N*, строят две проекции точки *N*″ и *N*′.

Плоскости треугольников *ABC* и *DEK* пересекаются по прямой *MN*.

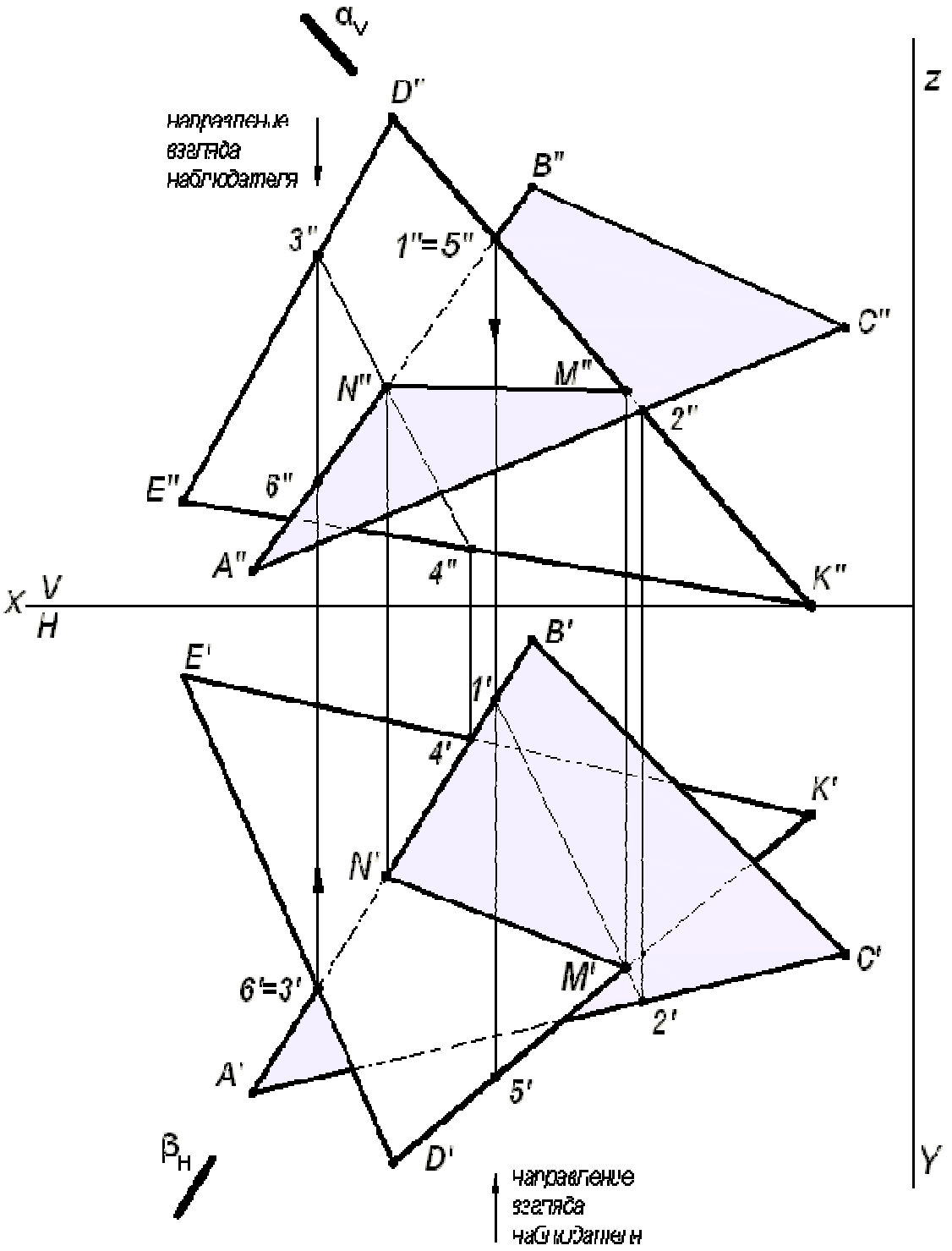



Рис. 4. Построение линии пересечения двух треугольников

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяют методом конкурирующих точек.

Для определения видимости на фронтальной плоскости проекций $V$ выбираем две скрещивающиеся прямые $D''K''$ и $A''B''$, фронтальные проекции которых пересекаются в точках $1''$ и $5''$. По горизонтальной проекции определяем, что проекция точки $5'$, лежащая на проекции прямой $D'K'$, будет закрывать про-

екцию точки 1′, лежащую на проекции прямой $A'B'$, т. к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на фронтальной плоскости проекция $D''K''$ будет закрывать проекцию $A''B''$. Границей видимости является проекция линии пересечения $M''N''$.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций $H$ выбираем две скрещивающиеся прямые $A'B'$ и $D'E'$, горизонтальные проекции которых пересекаются в точках 3′ и 6′. По фронтальной проекции определяем, что проекция точки 3″, лежащая на проекции прямой $D''E''$, будет закрывать проекцию точки 6″, лежащую на проекции прямой $A''B''$, т.к. она будет ближе к наблюдателю. Следовательно, на горизонтальной плоскости проекция $D'E'$ будет закрывать проекцию $A'B'$. Границей видимости является проекция линии пересечения $N'M'$.

*Задача 5.* Построить две проекции линии пересечения плоскости α - общего положения, заданной следами и плоскости β - общего положения, заданной параллельными прямыми $a$ и $b$.

Для решения данной задачи проводят вспомогательные плоскости-посредники частного положения (плоскости уровня), пересекающие заданные плоскости по прямым, недостающие проекции которых легко строятся и пересекаются в пределах чертежа.

Графическое решение задачи приведено на рис. 5.

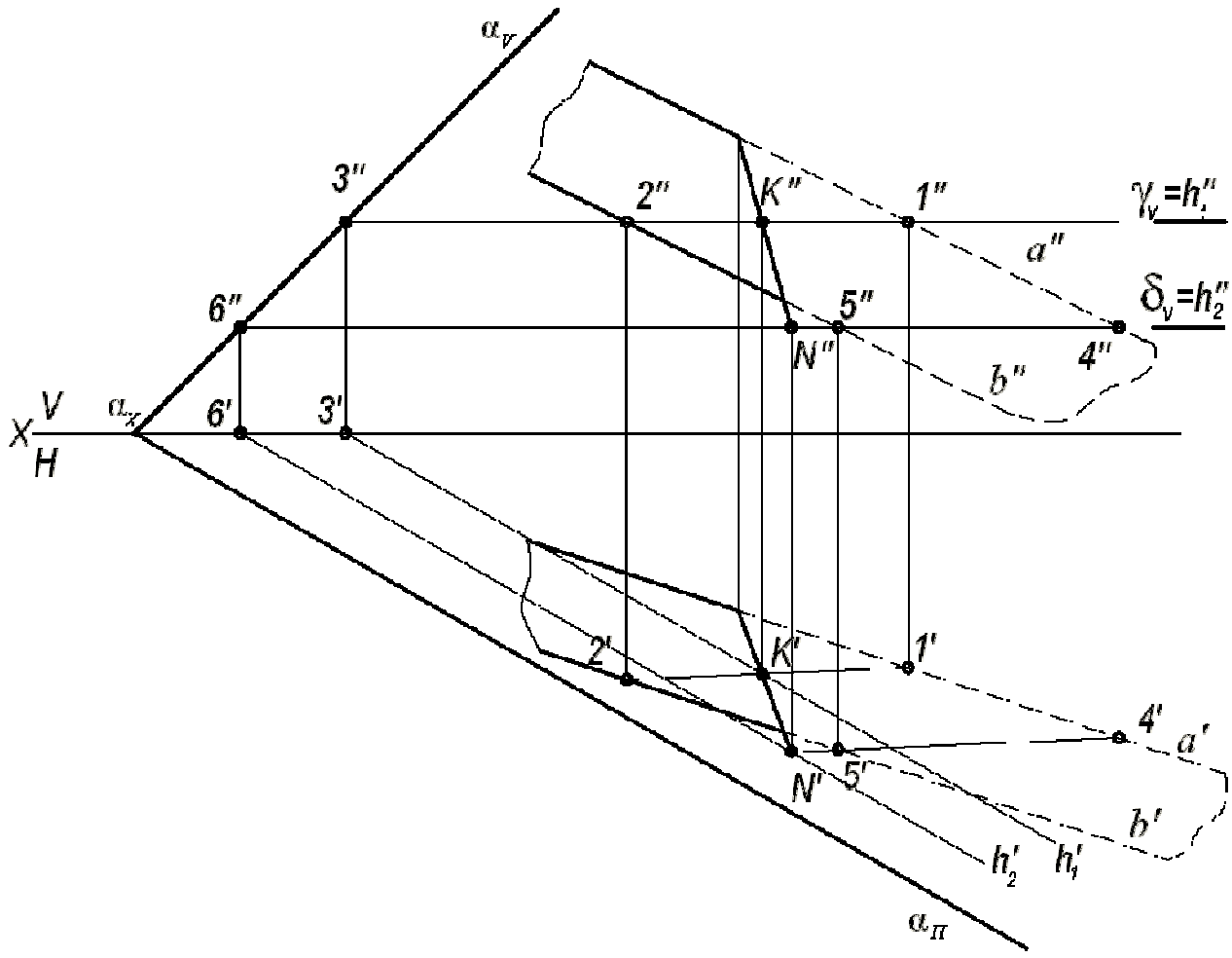
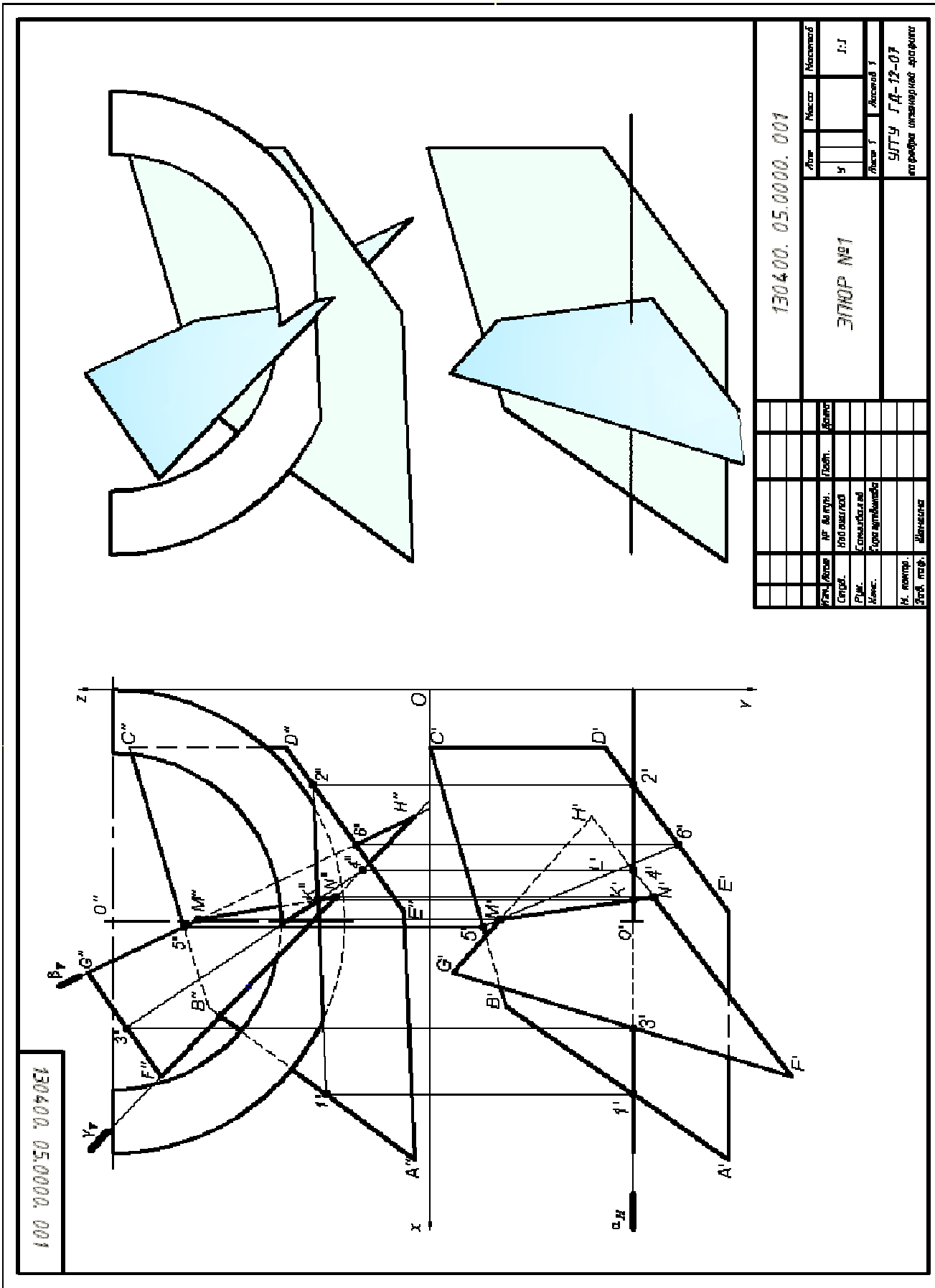



Рис. 5. Построение линии пересечения двух плоскостей

Вспомогательная горизонтальная плоскость-посредник $\gamma$ задана следом $\gamma_V$ и пересекает плоскость $\alpha$ по горизонтали, проходящей через точку 3, а плоскость $\beta$ по горизонтали (1, 2). Горизонтальные проекции этих горизонталей пересекаются в точке *K*. Строят фронтальную проекцию точки *K*, используя свойство принадлежности точки прямой линии. Точка *K* принадлежит обеим плоскостям $\alpha$ и $\beta$. Вторая точка *N*, общая для двух плоскостей $\alpha$ и $\beta$, определяется второй вспомогательной плоскостью-посредником частного положения $\delta$ (на чертеже задана следом $\delta_V$). Искомая прямая (*KN*) является линией пересечения двух плоскостей $\alpha$ и $\beta$.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательной геометрии. Учеб. пособие. М.: Высшая школа. 2007.272 с.

2. Самохвалов Ю. И. Начертательная геометрия. Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 121 с.

3. Самохвалов Ю. И., Шангина Е. И. Начертательная геометрия. Инженерная графика. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 96 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Горно-технологического

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
Горно-технологического
факультета
_____Н. В. Колчина

И. Б. Белоносова

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.

## Для заочников

## Методическое пособие
## по теме «Условности машиностроительного черчения»
## для самостоятельной работы студентов
## всех специальностей и направлений»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

# Введение

Практическая часть курса начертательной геометриипри заочной форме обучения состоит из контрольных работ. В каждой контрольной работе нужно выполнить несколько задач. Последовательность задач и контрольных работ подобрана в соответствии с методической последовательностью изучения курса начертательной геометрии.

Варианты индивидуальных заданий каждой задачи представлены в таблицах приложения, в конце первой части пособия дается список рекомендуемой литературы для самостоятельного изучения курса начертательной геометрии и использованной для составления настоящего пособия.

Решение задач оформляется на листах чертежной бумаги формата А3(297х420) в соответствии со Стандартами ЕСКД (ГОСТ 2.301-ГОСТ 2.304-81) [1, 3]. контуры геометрических элементов на проекциях обводятся сплошной основной линией (ГОСТ 2.303-68), невидимые контурыпроводятся штриховой линией, оси вращения поверхностей вращения и центровые линии на окружностях проводятся штрихпунктирнымилиниями, вспомогательные линии - оси проекций, линии проекционной связи, выносные и размерные линии, линии штриховки проводятся тонкойсплошной линией.

Варианты задания определяются суммой трех последних чисел шифра, например, студент, имеющий шифр ШС-99223, выполняет заданиеседьмого варианта (2+2+3=7).

Студенты, обучающиеся по направлению150400"Технологические машины и оборудование", имеющие шифр специальности ГМК, ГРМ, ГЭМ, АСГ, выполняют в первом семестре все три контрольные работы.

Студенты, обучающиеся по направлению 130400 -"Горное дело" (ПРМ, ШС, МД, ОГР, ОПИ), выполняют в первом семестре контрольные работы №1 и №2.

В методических рекомендациях по решению задач даются сноски на литературу, например, [4], о. 42, рис. 2.38, рис. 2.39, -этот вопрос можно изучить по литературе[4] (см. список рекомендуемой литературы) настранице 42 рис. 2.38 и рис. 2.39. При решении задач настоятельнорекомендуется использовать учебник [2] параллельно с учебным пособием [4].

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Контрольнаяработа №1 содержит четыре задачи. Работа оформляется на трех листах формата А3.

### ЛИСТ 1

*Задача 1.* Определить линию пересечения плоских фигур, видимостьих на плоскостях проекций и натуральнуювеличину треугольника***ABC***.[1]

*Решение.* На левой стороне формата А3 проводятся тонкими линиями оси проекций (рис. 1), и по данным варианта из таблицы 1 приложения(с. 31)по координатам строятся вершины треугольников, тонкими линиями -проекции треугольников ***ABC*** и ***DEK***.

Две плоскости пересекаются по прямой линии. Чтобы ее построитьна чертеже, нужно иметь две общие точки заданныхтреугольников. Общие точки плоскостей определяются решением задачи пересечения прямой линии с плоскостью ([4], с. 54, рис. 66, рис. 67)[1]. В задаче Iрекомендуется выполнить очень четковсю последовательность операций построения линиипересечения плоскихфигур и определения видимости на проекциях.

Алгоритм решения задачи 1:

1. Определяется точка пересечения стороны ***AB*** с плоскостью ***DEK***(см. рис. 1).

1.1. Через прямую ***AB*** проводится горизонтально-проецирующаяплоскость $\alpha$ (на рис. 1 плоскость задается горизонтальным следом $\alpha_H$).

1.2. Плоскость $\alpha$пересекает плоскость треугольника ***DEK*** по прямой 1-2, на чертеже строят ее проекции.

1.3. Прямая 1-2 пересекает ***AB*** в точке ***N*** (***N′***, ***N″***) -это одна общая точка заданных плоскостей.

[1] Материал найти в учебнике [4]

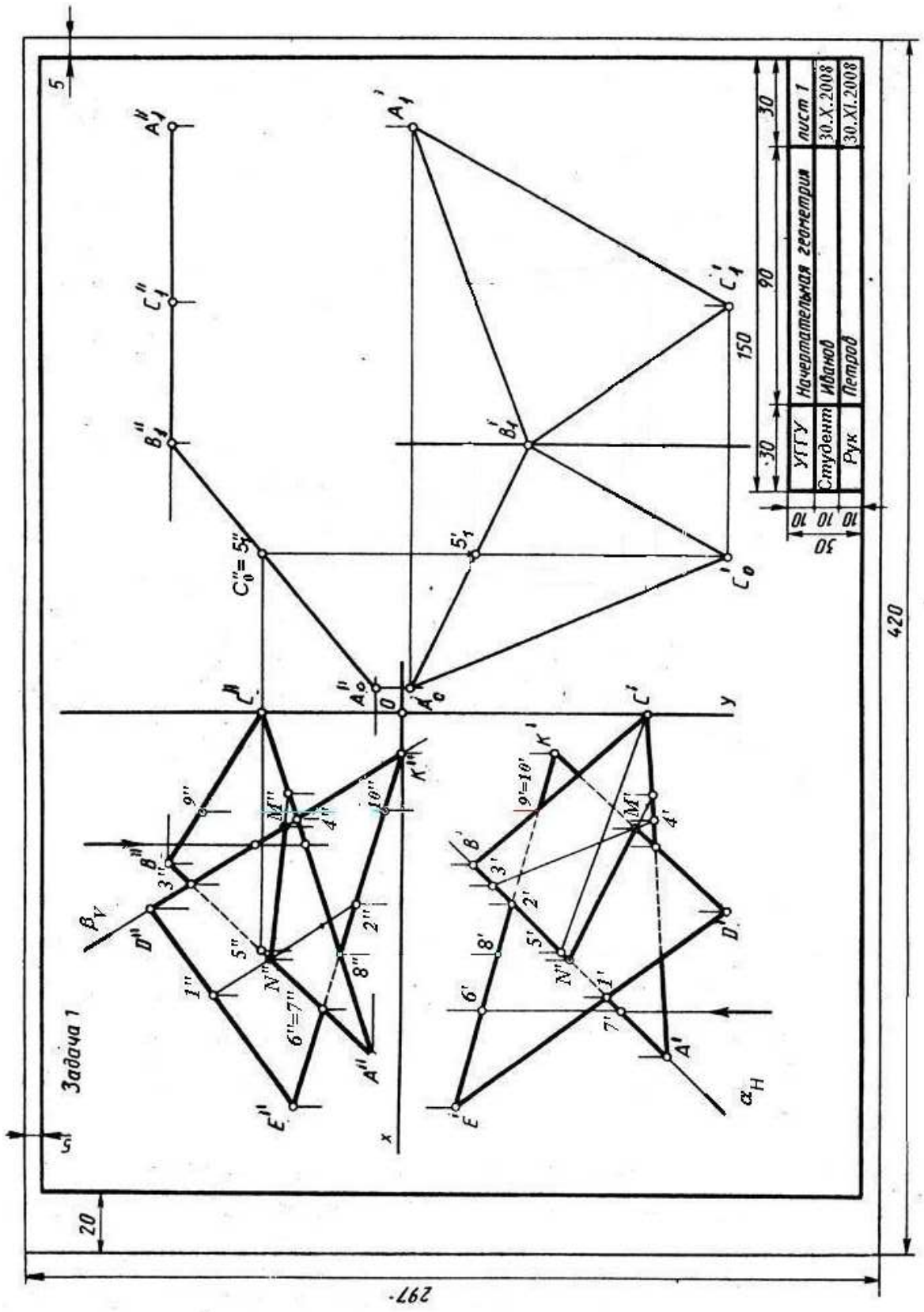
2. Определяется точка пересечения стороны ***DK*** с плоскостью ***ABC***(примечание: вторая общая точка плоскостей может быть определена пересечениемстороны***AC***с плоскостью ***DEK***, то есть эта задача имеет единственное решение, которое может быть достигнуто различными путями).Через ***DK***проводится вспомогательная плоскостъ **β**(на рис. 1$\beta_V$-фронтальный след фронтально-проецирующей вспомогательной плоскости**β**), и все операции пункта 1 повторяются, в результате получится точка***M***(***M***',***M***"). Плоские фигуры ***ABC*** и ***DEK*** пересекаются по прямой***MN***.

3. Видимость плоских фигур на проекциях определяется методом"конкурирующих" точек.

3.1. Видимость на фронтальной плоскости проекций определяет пара конкурирующих по видимости точек 6 и 7. Фронтальные проекции точек совпадают(6"=7"), то есть точки 6 и 7 лежат на проецирующем луче,перпендикулярном фронтальной плоскости проекций. Горизонтальные проекции 6' и 7' расположены на одной линии проекционной связи, стрелкой показано направление взгляда на фронтальную проекцию;отсюда видно, что точка 7 расположена к наблюдателю ближе, следовательно, она на фронтальной плоскости проекций будет видна, также будетвидна в этой области и прямая ***AB***, на которой лежит точка 7. Проекция***A"C"***на фронтальной плоскости проекций будет видна на чертеже полностью, поскольку она не пересекается с треугольником ***DEK.***Следовательно, проекция ***K"D"***на участке **4"- *M*"**невидима, и от точки ***M*** до ***D"*** прямая видима. Проекция ***D"E"***видима, а участок **6"- 8"**проекции ***E"K"***будетневидимым. Аналогично определяется видимость остальных элементов на фронтальной проекции.

3.2. Видимость на горизонтальной плоскости проекций можно определить с помощью одной из шести пар конкурирующих точек; используемпару 9,10. Точка 9 лежит на ***BC*** (9" ∈***B"C"***). а точка 10 ~ на ***EK***( (10"∈***E"K"***),фронтальная проекция 9" на чертеже расположена выше, чем 10", а этозначит, что на горизонтальнойпроекции***B'C'*** будет полностью видимая. ***K'D'*** от контура ***B'C'*** до***M'*** (точки пересечения ***KD*** с треугольником ***ABC***) будет

невидимой, от ***M′*** до***D′*** сторона ***KD*** на горизонтальной проекции видимая. Рассуждая таким образом можно определить видимость остальных элементов на горизонтальной плоскости проекций.



4. Натуральная величина треугольника ***ABC*** определяется методом вращения (см. [4], 7.1.2 с. 75, рис. 93) по схеме: треугольник ***ABC*** общего положения методом плоскопараллельного перемещения преобразуется во фронтально-проецирующую плоскость $A_1B_1C_1$, затем треугольник $A_1B_1C_1$методом вращения вокруг проецирующей прямой, проходящей через точку $B_1$, и перпендикулярно ***V***,преобразуется в горизонтальную плоскость $B_1C_2A_2$. горизонтальная проекция которого определяет натуральную величину $A_2'B_1'C_2'$треугольника***ABC***.

4.1. Чтобы преобразовать треугольник ***ABC*** общего положения во фронтально-проецирующую плоскость, нужно воспользоваться свойством горизонтали: во фронтально-проецирующей плоскости она является фронтально-проецирующей прямой. В плоскости ***ABC*** проводится горизонталь ***C***-5, треугольник перемещается в пространстве параллельно плоскости***H***, так, чтобы ***C***-5 стала перпендикулярной фронтальной плоскости проекций. $C_1'$-$5_1'$ на чертеже нужно расположить вертикально.$|C_1'\text{-}5_1'|= |C'\text{-}5'|$ и$|A_1'B_1'C_1'|=|A'B'C'|$-из условия параллельностиперемещения треугольника ***ABC*** относительно горизонтальной плоскости проекций. Проекция $A_1'B_1'C_1'$строится методом засечек относительно вертикально расположенной горизонтальной проекции горизонтали$C_1'$-$5_1'$. При этом преобразовании фронтальные проекции ***A***", ***B***", ***C***" на чертеже перемещаются по горизонтальным прямым, линии проекционной связи $A_1'$,$B_1'$,$C_1'$на этих прямых определяют фронтальные проекции$A_1''$,$B_1''$, $C_1''$, лежащие на одной прямой.

4.2. Фронтально-проецирующая плоскость$A_1B_1C_1$ преобразуется горизонтальную плоскость$B_1A_2C_2$, горизонтальная проекциякоторой$B_1'A_2'C_2'$ определяет натуральную величину треугольника ***ABC***. Это преобразование - вращение вокруг фронтально-проецирующей прямой, проходящей через точку $B_1$.

ЛИСТ 2

*Задача* 2.Построить проекции пирамиды с основанием ***ABC***, ребро пирамиды ***SA*** является высотой пирамиды, величина которой задана вусловии варианта.

*Решение.* На левой половине листа формата А3 тонкими линиямипроводятся оси проекций ***OXYZ****(рис. 2)*. По координатам из таблицы 2 приложения строятся на чертеже проекции ***A'B'C'*** и ***A"B"C"*** основания пирамиды. Из точки ***A*** проводится перпендикуляр к основанию ***ABC*** пирамиды ([4], 5.3. с. 58, рис. 70). Проекции перпендикуляра составляют прямой плоский угол соответственно с горизонтальной проекцией горизонтали и с фронтальной проекцией фронтали.

В треугольнике ***ABC*** (рис. 2) проводится горизонталь ***C***-1, горизонтальная проекция перпендикуляра к плоскости***ABC*** проводится под прямым углом к***C***'-I' через ***A'***. Фронтальная проекция 1"-2" фронтали 1-2 определяет направление фронтальной проекции перпендикуляра, она проводится через точку ***A***" под прямым углом к 1"-2".

На проекциях построенного перпендикуляра берется произвольная точка ***T*** (***T'***, ***T***") и определяется натуральная величина отрезка ***AT***, на рис.2 отрезок А ***A"T$_1$"***. На прямой ***A"T$_1$"***откладывается натуральная величина высоты пирамиды ***A"S"=h***, заданной в таблице 2 приложения, и обратным преобразованием строятся проекции вершины пирамиды ***S***', ***S***". Вершина ***S*** соединяется с вершинами основаниябоковымиребрами ***SA***, ***SB***, ***SC***, определяется видимость ребер пирамиды на проекциях.

*Задача* 3. Построить две проекции геометрических тел – прямойпризмы и пирамиды, линию пересечения их поверхностей и определить видимость на проекциях.

*Решение.* На правой стороне листа 2 (см. рис. 2) по координатам строятся проекции призмы ***EKGU*** (ребра обозначены вершинами нижнего основания) и пирамидыг***ABCD***.

*Общая схема решения:*

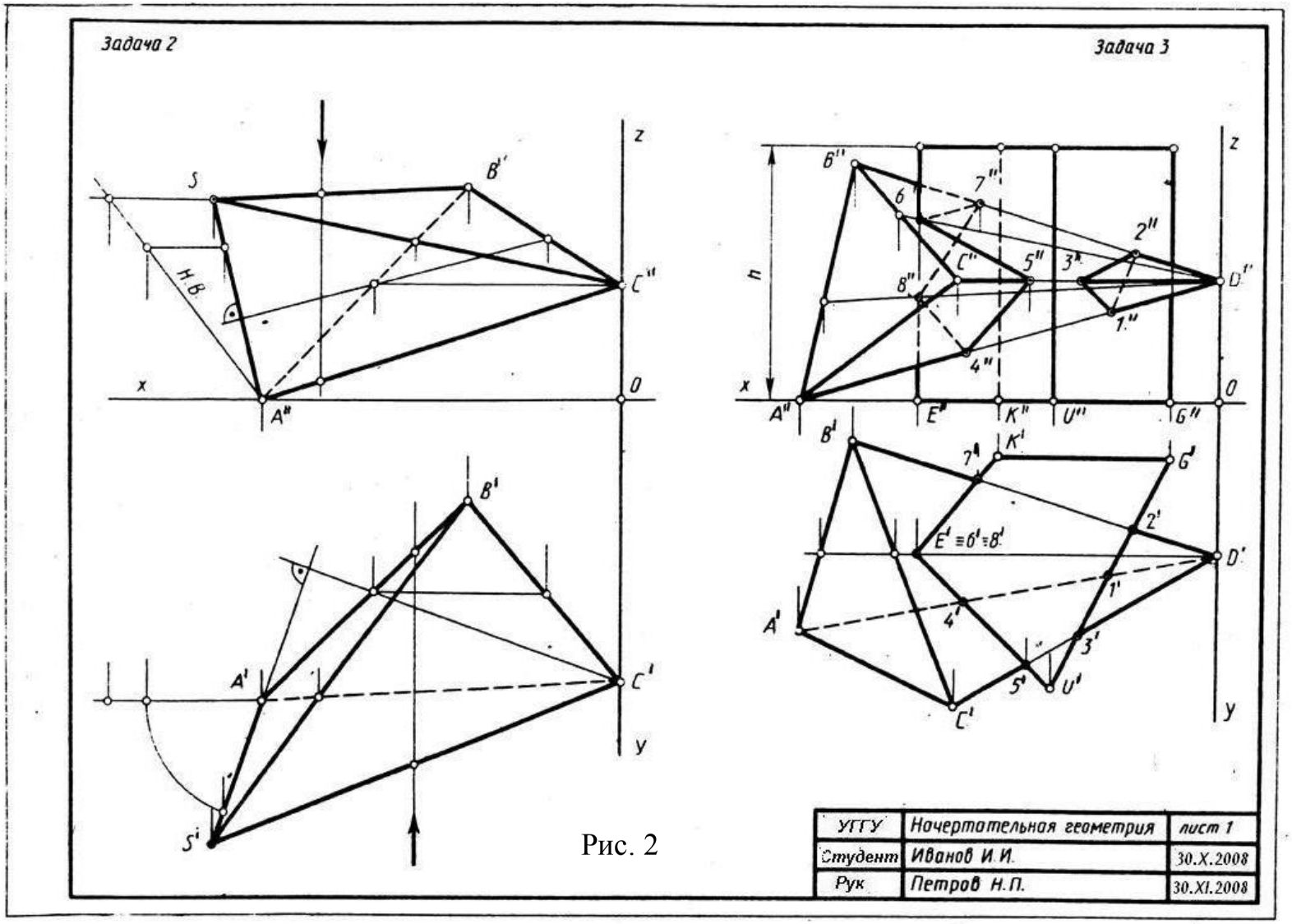

Задача 2
Задача 3
z
x
0
y
S
B''
C''
A''
H.B
B'
A'
C'
S'
h
6''
7''
2''
C''
5''
3''
D''
8''
1.''
4''
E''
K''
U''
G''
B'
K'
7'
G'
2'
E' ≡ 6' ≡ 8'
D'
1'
A'
4'
3'
5'
U'
C'
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 1
Студент
Иванов И.И.
30.X.2008
Рук
Петров Н.П.
30.XI.2008

Рис. 2

1) определяются точки пересечения ребер пирамиды ***ABCD*** с гранями призмы ***EKGU***;.

2) определяются точки пересечения ребер призмы ***EKGU*** с гранямипирамиды ***ABCD***;

3) полученные точки соединяются отрезками прямых с учетом видимости на проекциях. Полученная ломаная линия должна быть замкнутой([2], с. 161, рис. 280, 281).

Ребро ***DA*** пересекается с гранями ***UG*** и ***UE*** (см. рис. 2) в точках I и 4, на чертеже строятся их проекции. Аналогично строятся проекции точек пересечения ребра ***DC*** с гранями ***GU*** и ***UE*** и ребра ***DE*** с гранями***UG*** и***EK*** призмы.

Ребро ***E*** призмы пересекается с гранями ***ABD*** и ***BCD*** пирамиды в точках 6 и 8, фронтальные проекции которых строятся по условию принадлежности точек 6 и 8 соответствующим граням пирамиды. Точка 6 лежит в плоскости грани***BCD***, так как она лежит на прямой***SD*** в грани***BCD***,точка 8 - на прямой ***TD*** в грани ***ABD***.

Полученные точки соединяются ломаной линией, в данном примере получаются две замкнутые ломаные линии пересечения поверхностей. Линия 1-2-3 на фронтальной плоскости проекций имеет видимые отрезки 1"-3" и 3"-2", поскольку они расположены на двух видимых на фронтальной плоскости проекций гранях, сторона 1"-2" лежит на невидимой грани***ABD***, поэтому она проводится штриховой линией. Путем аналогичныхрассуждений определяется, что отрезки 5"-4" и 5"-6" на фронтальной плоскости проекций видимы, остальные отрезки невидимы.

ЛИСТ 3

*Задача* 4. Построить развертки поверхностей прямой призмы и пирамиды (данные в задаче 3) и нанести на ней линию пересечения поверхностей.

*Решение.* Развертка поверхности пирамиды строится методом триангуляции ([4], 8.3, с. 90, рис. 108, рис. 109).Для построения развертки

нужно построить натуральные величины всех ребер пирамиды, для этого рекомендуетсяна отдельном листе бумаги (без оформления) построить по координатамфронтальную и горизонтальную проекции пирамиды ***ABCD*** и любым методом графически определить натуральные величины всех ребер. На плоскости чертежа по трем сторонам (натуральным величинам) строится грань***ABC***, к ней пристраивается ***ABD***, затем ***BDC*** и т. д. (рис. 3).

Ломаная линия пересечения многогранников на развертке строится методом координатной разметки (см. рис. 3).

Развертка поверхности призмы строится методом раскатки.. Нанесение линии пересечения многогранников на развертку призмы рекомендуется выполнять методом координатной развертки. Например, на ребре ***GU***отмечаются точки 2, 1, 3, и от них вертикально вверх откладываются координаты Zточек 2, 1, 3,которые берутся на фронтальной проекции в задаче 3. Аналогично строятся остальные вершины ломаной линии.

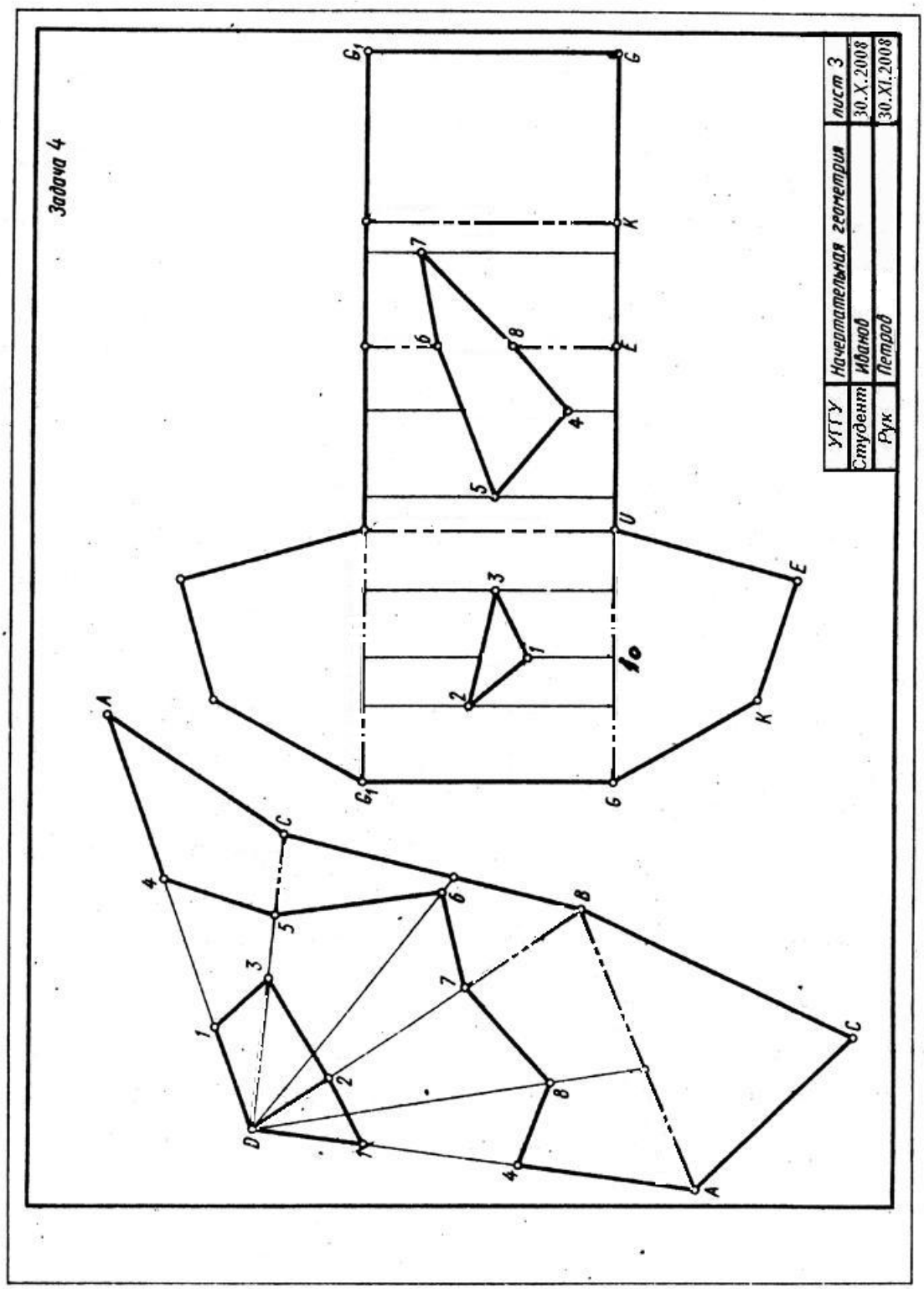

Задача 4
УГТУ
Начертательная геометрия
лист 3
Студент Иванов
30.X.2008
Рук Петров
30.XI.2008
A
B
C
D
E
K
G
G1
1
2
3
4
5
6
7
8
10

Рис. 3

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Контрольная работа №2 состоит из трех листов, на которых выполняются задачи 5, 6, 7,8, 9.

### ЛИСТ 4

*Задача* 5. Построить в плоскости общего положения ***ABC*** проекции окружностизаданного радиуса ***R*** с центром в точке ***A***. Данные для своего варианта взять из таблицы 4 приложения. Пример выполнения задачидан на рис. 4.

*Решение.* В левой части листа формата А3 строятся оси координат, и по данным варианта строятся проекции отрезков ***AB*** и ***AC***, определяющих плоскость окружности, которая в проекциях будет изображаться в виде эллипсов. Из точки ***A***' и ***A***" на горизонтальной и фронтальной проекциях . соответственно проводятся тонкой линией окружности заданногорадиуса ***R***. Эта окружность на горизонтальной проекции горизонтали заданной плоскости ***A'C'*** определяет большую ось эллипса (1'-2') горизонтальной проекции окружности, с помощью проекционной связи строитсяфронтальная проекция 1" -2" на проекции ***A***" -***C***". Таким же образом строится большая ось эллипса на фронтальной плоскости проекций 3"-4" нафронтальной проекции фронтали***A"-B***" и ее горизонтальная проекция 3'4' на ***A'-B'***.

Малая ось эллипса перпендикулярна большой оси, она проводится через ***A***' под прямым углом к 1'-2'. Чтобы построить малую полуось, нужно воспользоваться следующим приемом. Через 3' проводится перпендикулярно большой оси полухорда эллипса 3'-5' и полухорда окружности6' -5', которая циркулем откладывается на большой оси и дает на ней точку 7'. Точка 7' соединяется с 3'. Из точки 2' проводится прямая 2'-8' параллельно 7'-3' до пересечения с направлением малой оси, отрезок ***A***'-8' является малой полуосью эллипса, радиусом ***A***'-8' проводится тонкой линией окружностъ. Промежуточные точки кривой строятся по схеме:

1) проводится из точки ***A***' радиальная линия, пересекающая окружность на малой оси эллипса в точке ***D***' и окружность на большой оси эллипса в точке ***E***';

2) проводится ***D'K***' параллельно большой оси эллипса и ***E'K'***параллельно малой оси эллипса, эти отрезки пересекаются в точке ***K***', лежащей на эллипсе. Несложно построить три точки, симметричные ***K***относительно большой и малой оси эллипса и его центра. Дляболее точного построенияэллипса можно увеличить число точек ***K***.

Аналогичные построения на фронтальной проекции приведут к построению фронтальной проекции данной окружности, то есть эллипса.

*Задача* 6. Построить три проекции шара со сквозным призматическим отверстием. Радиус шара и точки ***A,B***, ***C***, ***D*** определяются в таблице5 приложения в соответствии с вариантом.

*Решение.* На правой части листа (см. рис. 4) строятся оси координат *OXYZ* и три проекции шара с центром в точке***O***, на фронтальной проекции шарастроится вырожденная проекция призматического выреза, определяемого точками ***A***, ***B***, ***C***, ***D***. Призматический вырез образуется гранями ***BC*** и ***AD***, через которые проведены горизонтальные плоскости **α**и **β**, грань ***CD*** выреза является профильной плоскостью **γ**, и грань ***AB***-фронтально-проецирующая плоскость. Любая плоскость пересекает поверхность сферы по окружности. плоскости **α**и **β**пересекают сферу поокружностям, которые на горизонтальной проекции отображаются в натуральную величину, на этих окружностях отмечаются точки ***B***', ***C***' и ***D***'. Горизонтальная проекция грани выреза ограничивается контуром ***B'-C'-C'-B'***, стороны ***B'-B'*** и ***C'-C'*** невидимы. Нижняя грань выреза (в плоскости **β**)ограничивается сегментом с хордой ***D***'-***D***'.Плоскость γпроходит через грань ***C-D,*** пересекает сферу по окружности радиуса $O_3$'***G'***, горизонтальная и фронтальная проекции этой грани-прямые линии, а профильная проекция - часть круга в контурах ***C'''-C'''-D'''-D'''***.

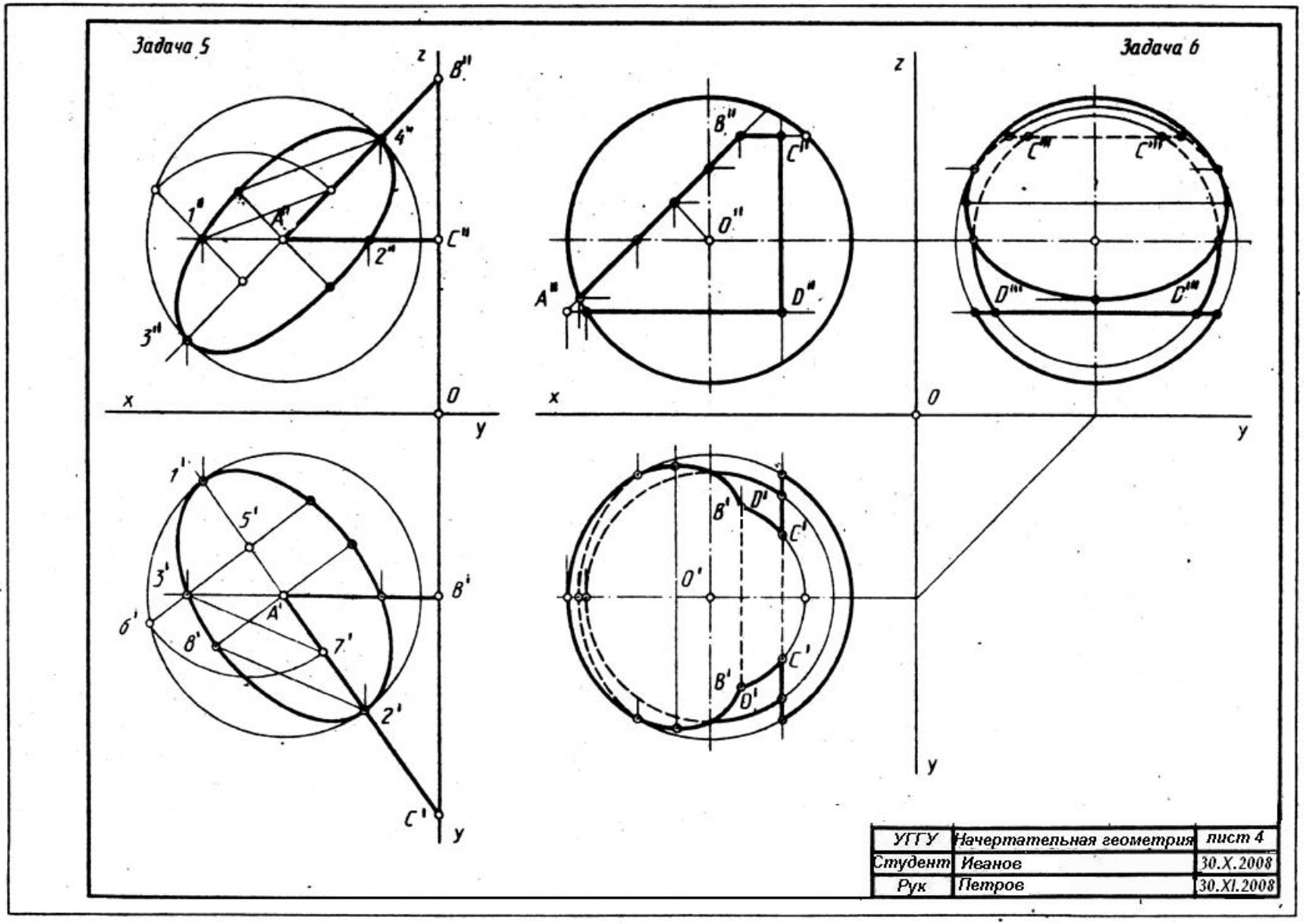

Задача 5
Задача 6
z
x
y
O
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 4
Студент
Иванов
30.X.2008
Рук
Петров
30.XI.2008

Рис. 4

Плоскость δпересекает сферу по окружности, а грань выреза образуется частью круга, ограниченногохордой ***B-B***. Фронтальная проекция этой грани вырождена в прямую линию, горизонтальная и профильная проекции этой грани имеют контур эллипса с хордой ***B′-B′*** и ***B‴-B‴***соответственно. Окружность, лежащая в плоскости δ проецируется на горизонтальную и профильную плоскостипроекций в виде эллипсов, которые строятся по точкам, например: точки ***B***эллипса лежат на поверхностисферы на окружности радиуса ***O*1″-*E*″.** Горизонтальные проекции ***B′B′*** отмечаются на горизонтальнойпроекции этой окружности. Точки ***K′*** и $K_1$″эллипса лежат на поверхностисферы и на окружности радиуса $O_4$-1, то есть точки эллипсов на горизонтальной и профильной проекциях строятся по признаку принадлежности их поверхности сферы.

ЛИСТ 5

На листе 5 выполняются две задачи, в левой половине листа - задача7, в правой - задача 8.

*Задача 7.* Построить фигуру сечения прямого кругового конуса плоскостью общего положения ***ABC***Данные по вариантам содержатся в таблице 6 Приложения.

*Решение*. По данным варианта строятся проекции прямого кругового конуса с центромоснования в точке ***K*** (рис. 5). По координатам строится секущаяплоскость***ABC***.

Для решения задачи используется метод перемены плоскостей проекций ([4], 7.2.1 с. 80). Этопреобразование приводитзадачук простейшему виду- сечение конуса проецирующей плоскостью. В секущейплоскости ***ABC***выделяется горизонталь ***AB*** и под прямым углом к горизонтальнойпроекции горизонтали ***A′B′***проводится ось проекций $x_1$, определяющаяновую систему плоскостей nроекций $H/V_1$,в которой секущая плоскостъ ***ABC*** становится проецирующей (см. рис. 5). Преобразование чертежа производится по схеме, изложенной в ([4], 7.2.1., с. 82 рис.99).

Положение секущей плоскости на $V_1$ определяет характер фигурысечения. На рис. 5 секущая плоскость пересекает все образующие и неперпендикулярна оси вращения конуса, в этом случае в сечении конусаполучится плоская фигура, ограниченная эллипсом.

Проекции фигуры сечениярекомендуется строить с использованиемсвойства принадлежности точкиповерхности конуса.

*Пример*. Точки 3 и 4 лежат на поверхностиконуса и в секущей плоскости $\alpha$, проекции $3_1$" и $4_1$" взяты произвольно, они лежат на параллели радиуса $R_1$". строится горизонтальная проекция этой параллели, и на нейотмечаются проекции 3' и 4'. Проводятся линиисвязи в системе $V/H$, и спомощью инварианта преобразования $z_{3\text{-}4}$строятся фронтальные проекции 3" и 4". Построив таким образом достаточное количество точек на линии сечения поверхности конуса, их можно соединитьплавной кривой линией на горизонтальной и фронтальной плоскостях проекций. Определить видимость кривой на фронтальной проекции. Фигуру сечения напроекциях выделить штриховкой, как показано на рис. 5.

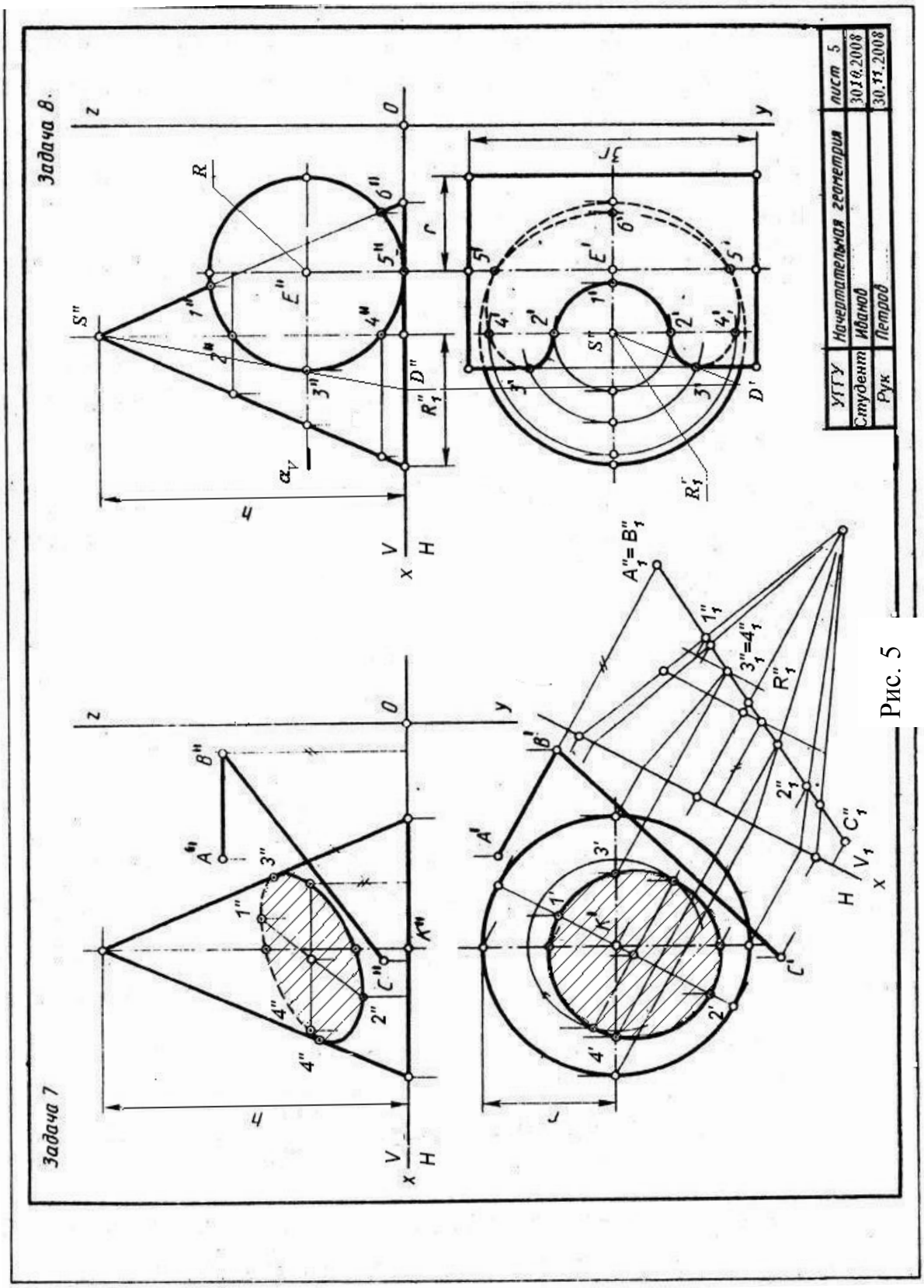

Задача 7
Задача 8.
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 5
Студент
Иванов
30.10.2008
Рук
Петров
30.11.2008

Рис. 5

*Задача 8*. Построить линиюпересечения поверхностей прямого кругового конуса и цилиндра, определить видимость кривой на чертеже.

Построение чертежа.

На правой стороне формата А3 строится ось проекций *x*. По координатам (см. таблица 7 приложения) строится точка***K***- центр окружности основания конуса, радиус окружности ***R,*** высота конуса ***h***. Ось вращенияцилиндра перпендикулярна фронтальной плоскостипроекций и проходит через точку ***E*** (координаты в таблице 7 приложения), радиус основания цилиндра $\boldsymbol{R}_{\text{I}}$,' Длина образующей цилиндра берется произвольно,несколько больше диаметра основания конуса.

*Решение.* Порядок решения задач на взаимное пересечение поверхностей вращения изучить по [4], 9.1, с. 107. Конкретная задача 8 (см. рис. 8 может быть решена по следующей схеме:

1) строятся характерные точки кривой линии пересечения конуса и цилиндра. Точки 1 и 6 пересечения крайней образующей конуса с очерком цилиндра, две точки 5 пересечения нижней образующей цилиндра с окружностью основания :конуса, две точки 3 пересечения левой крайнейобразующей цилиндра с параллелью конуса, лежащей в горизонтальной плоскости*а* (на рис. 5 эта плоскость обозначена фронтальным следом $\alpha_V$*)*. Точки 3 определяют видимостъ:кривой линии на горизонтальной плоскости проекций;

2) Строится множество промежуточных точек кривой линии по схемепостроения точек 3, 4 и 2 (см. рис. 5). Фронтальная проекция кривойлинии пересечения поверхностей конуса и цилиндра совпадает с вырожденной проекцией цилиндра и ограничивается дугой *1"-3"-6"*. На дуге можно взять произвольную пару точек, например 4"=4". Эти точки лежат на поверхности конуса на параллели радиуса $\boldsymbol{R}_{\text{I}}$" (расстояние от оси вращения конуса до крайней образующей). Горизонтальные проекции 4' -4'лежат нагоризонтальнойпроекциипараллели - окружности радиуса $\boldsymbol{R}_{\text{I}}$'. По этойсхеме можно построить множествопроекций промежуточных точек кривой;

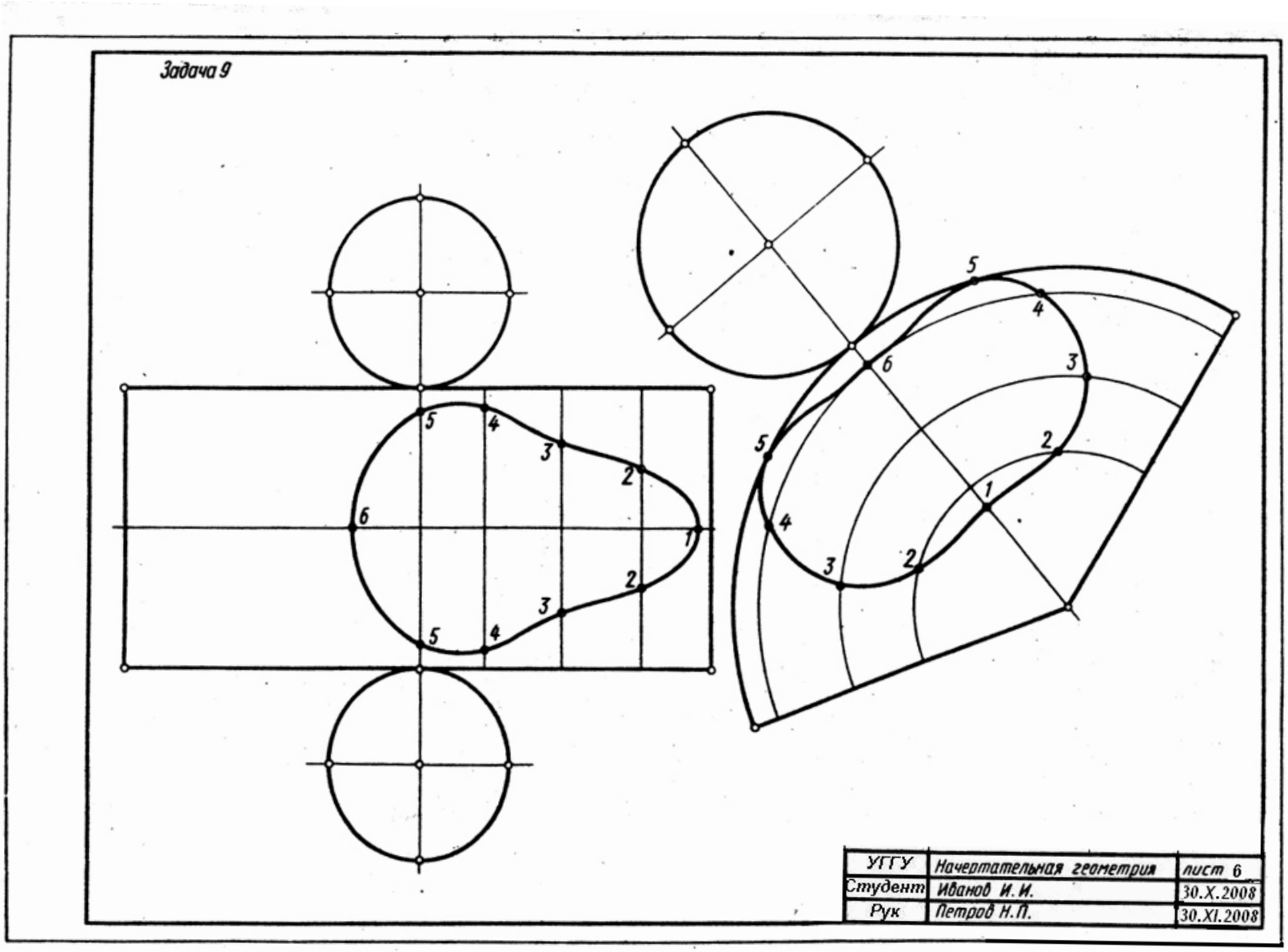

Задача 9
5
4
3
2
6
1
2
3
4
5
5
4
3
2
6
1
2
3
4
5
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 6
Студент
Иванов И. И.
30.X.2008
Рук
Петров Н.П.
30.XI.2008

Рис. 6

3) построенные точки соединяются плавными кривыми линиями с учетом видимости на проекциях. Фронтальная проекция кривой, как отмечалось выше,изображается дугойокружности l"-З"-6". Горизонтальнаяпроекция кривойсостоит из видимой части 3'-2'-1'-2'-3' и невидимой 1 - 3' - 4' - 6'. Видимость горизонтальной проекции кривой определяется точками 3 - это хорошо видно на фронтальнойпроекции, участок кривой3"-2"-1" расположен на верхней (видимой на горизонтальной проекции) поверхности цилиндра, остальная часть кривой 3' -4' -6' расположена на нижней (невидимой на горизонтальной плоскости проекций) поверхности цилиндра.

ЛИСТ 6

*Задача* 9. Построить развертки поверхностей конуса и цилиндра снанесением на них линий пересечения. Данные для построений берутся в задаче 8 (см. рис. 5).

*Решение.* Для построения разверток поверхностей рекомендуется сделатькопию решенной задачи 8. Развертки обеих поверхностей разместитьна одном листе формата А3~ как показано на рис. 6.

Боковая поверхность цилиндра раскатывается на плоскость цилиндра в виде прямоугольника, стороны которого определяются образующей (вертикальная сторона) и разверткой окружности основания $2\pi R$($R$ - радиус основания цилиндра). Сверху и снизу к полученному прямоугольнику пристраиваются основания цилиндра.

Линия пересечения поверхностей строится методом координатной разметки. На средней вертикальной линии развертки боковой поверхности цилиндра строятся точки 5 (см. рис. 6). Удаление этих точек от горизонтальныхкраев развертки берется на горизонтальной проекции цилиндра на рис. 5.

Строится образующая, на которой располагаются точки 4. Для этого нужно дугу 5"-4" (см. рис. 5) развернуть на прямую линию вправо отобразующей, несущей точки 5. Для построения рекомендуется относительно точный и не очень трудоемкий прием: дугу 5" -4" (см. рис. 5) нужно аппроксимировать ломаной линией с хордами длиной 2-3- мм с помощьюциркуля измерителя. Например, на дуге 5"-4" откладывается пять хорд длиной 2 мм, сумму этих хорд нужно отложить вправо от образующей, несущей точки 5, и провести образующую, на которой расположены точки 4. Точки 4 на образующей строятся по координатам *y* с горизонтальной проекции задачи 8. Таким образом, на развертке строится множество образующих и точки кривой, лежащие на них. Построенные точки соединяются плавной кривой линией.

Развертка поверхности конуса строится методом раскатки. Боковая поверхность конуса развертывается в виде сектора *c* центральным углом$\varphi=\boldsymbol{R/L}\times360^{\circ}$,где ***R*** - радиус основания конуса, ***L*** - образующая конуса.Радиус сектора развертки равен ***L*** - образующей конуса. Точки линии пересечения поверхностей на развертке строятся с помощью образующих конуса. На биссектрисе угла сектора (***OA***) строятся точки 1 и 6, натуральная величина отрезков ***S″*** -1″и***S″***-6″берется на фронтальной проекции(см. рис. 5). Точки 4 и 2 лежат на образующих ***S-B*** и ***S-C***, которые вместе с***SA*** делят сектор развертки на четыре равные части. На ***S-B*** и ***S-C*** откладываются натуральные величины ***S″-***$2_1$″и***S″-***$4_1$″ отрезков ***S***-2 и***S***-4 соответственно. Для построения точки 3 на разверткестроится образующая***SD***. Дуга окружности основания ***B′D′*** аппроксимируется ломаной линиейс хордами длиной 2-3 мм (см. рис. 5), такое же количество хорд откладывается на дуге сектора, определяя точку ***D*** на развертке. На образующей***SD*** строятся точки 3 (***S″-***$3_1$″ определяет натуральную величину ***S″***-3″**,** см.рис. 5). Таким образом,строится достаточное множество точек, чтобы провести плавную, гладкую кривуюлинию пересечения конуса и цилиндра на развертке конуса.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3

Контрольная работа №3 выполняется на двух листах формата А3.

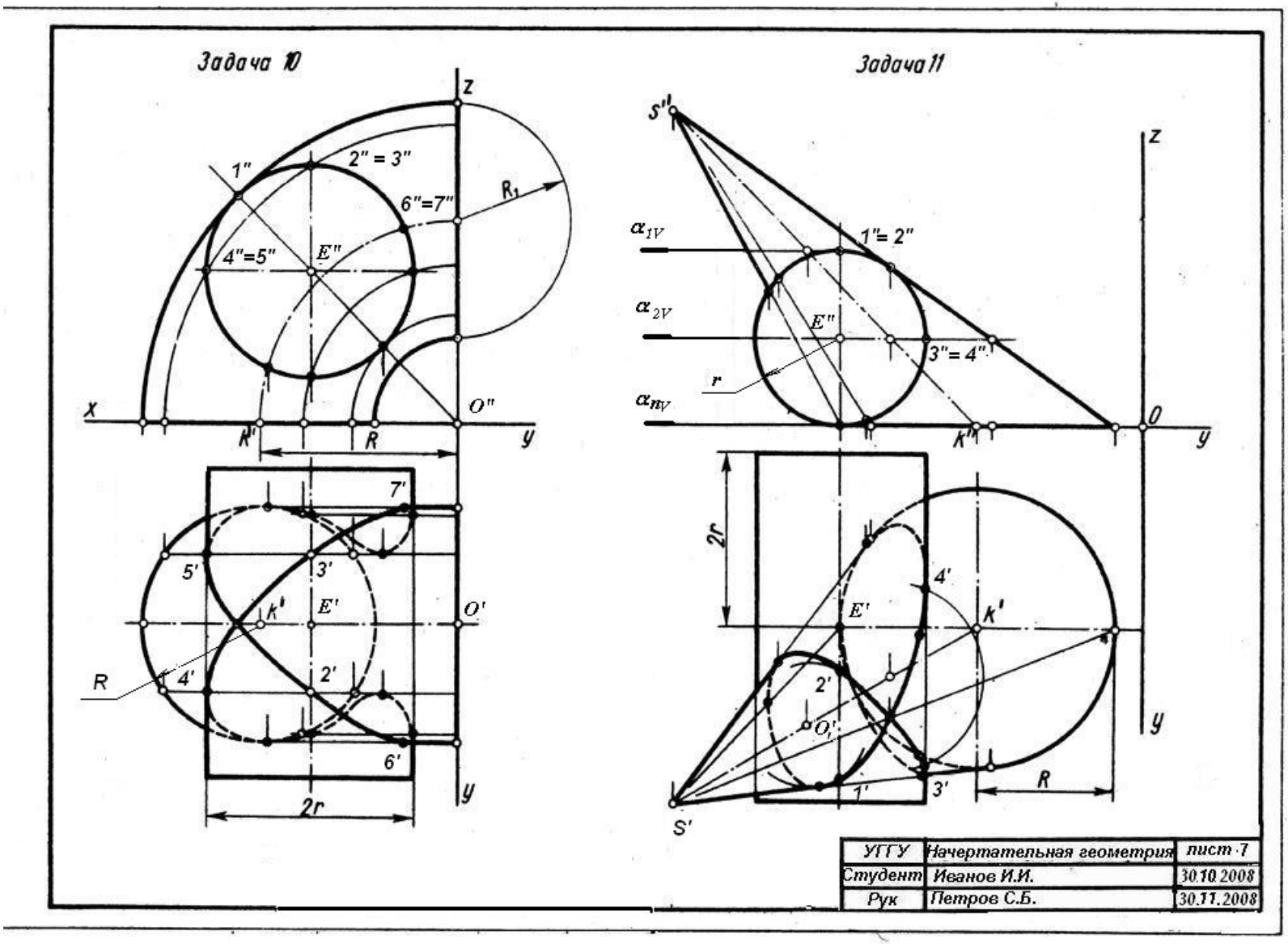
### ЛИСТ 7

*Задача 10.*Построитьлинию пересечения цилиндра вращения (ось перпендикулярнафронтальной плоскости проекций) с поверхностью тора. Данные для варианта задания содержатся в таблице 8 приложения. Пример выполнения на рис. 7.

*Решение.* В тонких линиях строятся проекции тора и цилиндра.

Фронтальная проекция линии пересечения тора и цилиндра отображается в виде окружности, посколькуповерхность цилиндра являетсяфронтально-проецирующей. Для построения горизонтальной проекциикривой используется свойство принадлежности точек поверхности тора. Так, точка 1 лежит на поверхности тора на его экваторе, 1″–точка касания экватора тора и поверхности цилиндра, 1′ - отмечается на горизонтальной проекции экватора. Точки 2, 3, 4, 5 расположены на двух параллелях тора, симметрично расположенных относительно плоскости экватора, горизонтальные проекции 2′, 3′, 4′, 5′ отмечаются с помощью проекционной связи на горизонтальных проекциях параллелей. При решении этих задач построения рекомендуется проводитьпоследовательно, избегаяпоточного метода, т. е., провели пару параллелей на фронтальной и на горизонтальной проекциях, отметили на них точки 2, 3, 4, 5, только после этого проводят следующую пару параллелей на поверхности тора. Горизонтальная проекция кривой имеет достаточно сложную форму, видимость на горизонтальной проекции определяется точками 4, 5 и 6, 7, участок кривой 1-4,1-5, 1-6 и 1-7 на горизонтальной плоскости проекций видимый, остальная часть кривой невидимая и изображается штриховой линией.

*Задача* 11. Определить линию пересечения поверхностей прямогокругового цилиндра с эллиптическим наклонным конусом, параллелями которого являются окружности.


Задача 10
z
1"
2" = 3"
6"=7"
R1
4"=5"
E"
x
O"
K'
R
y
7'
5'
3'
k'
E'
O'
R
4'
2'
6'
2r
y
Задача 11
S''
z
α1V
1"= 2"
α2V
E"
3"= 4"
r
αnV
K''
O
y
2r
4'
E'
K'
2'
O'
1'
3'
R
y
S'
УГГУ
Начертательная геометрия
лист 7
Студент
Иванов И.И.
30.10.2008
Рук
Петров С.Б.
30.11.2008

*Решение.* По данным таблицы 9 строится в тонких линиях исходныйчертеж. Фронтальная проекция кривой линиипересечения поверхностей,как и в задаче 10, отображается в виде дуги окружности, поскольку поверхность цилиндра фронтально-проецирующая (см. рис. 7). Горизонтальная проекция кривой может быть построена по методу вспомогательныхсекущих плоскостей. В данной задаче можно использовать горизонтальные секущие плоскости, область применения плоскостей ограничивается плоскостями $\alpha_{1V}$и $\alpha_{nV}$. Плоскость $\alpha_{1V}$, касательная r поверхности цилиндра, проходит через его верхнюю образующую и пересекает конус по окружности радиуса $\boldsymbol{R}_{\mathrm{I}}$ с центром в точке $\boldsymbol{O}_1'$.Горизонтальная проекция окружности с центром в $\boldsymbol{O}_1$определяет проекции точек1′и 2′на горизонтальной проекции верхней образующей цилиндра. Плоскость $\alpha_{2V}$проведеначерез правую крайнюю образующую цилиндра- так же как $\alpha_{1V}$, она дает пару точек 3 и 4, определяющих видимостьна горизонтальной плоскости проекций. Количество точек кривой (и соответственно вспомогательных секущих плоскостей) должно обеспечить точное построение кривой линии. Проекция кривой линии должна бытъ плавной игладкой, без точек излома, толщина ее равна толщине обводки видимыхконтуров пересекающихся плоскостей. Кривая линия вписывается в контурыпроекций пересекающихся поверхностей. Нужно обратить внимание на построение точек касания кривойкрайних образующих и очерковых кривых поверхностей.

ЛИСТ 8

*Задача* 12. Построить две проекции поверхностей закрытого тора ицилиндра и линию их пересечения.

*Решение.* Строится исходный чертеж по данным таблицы 10приложения в левой части листа формата А3 (рис. 8). Пересекающиеся поверхности расположены таким образом, что задача удовлетворяет условиямприменения

метода сферических концентрических секущих вспомогательных поверхностей, а именно:

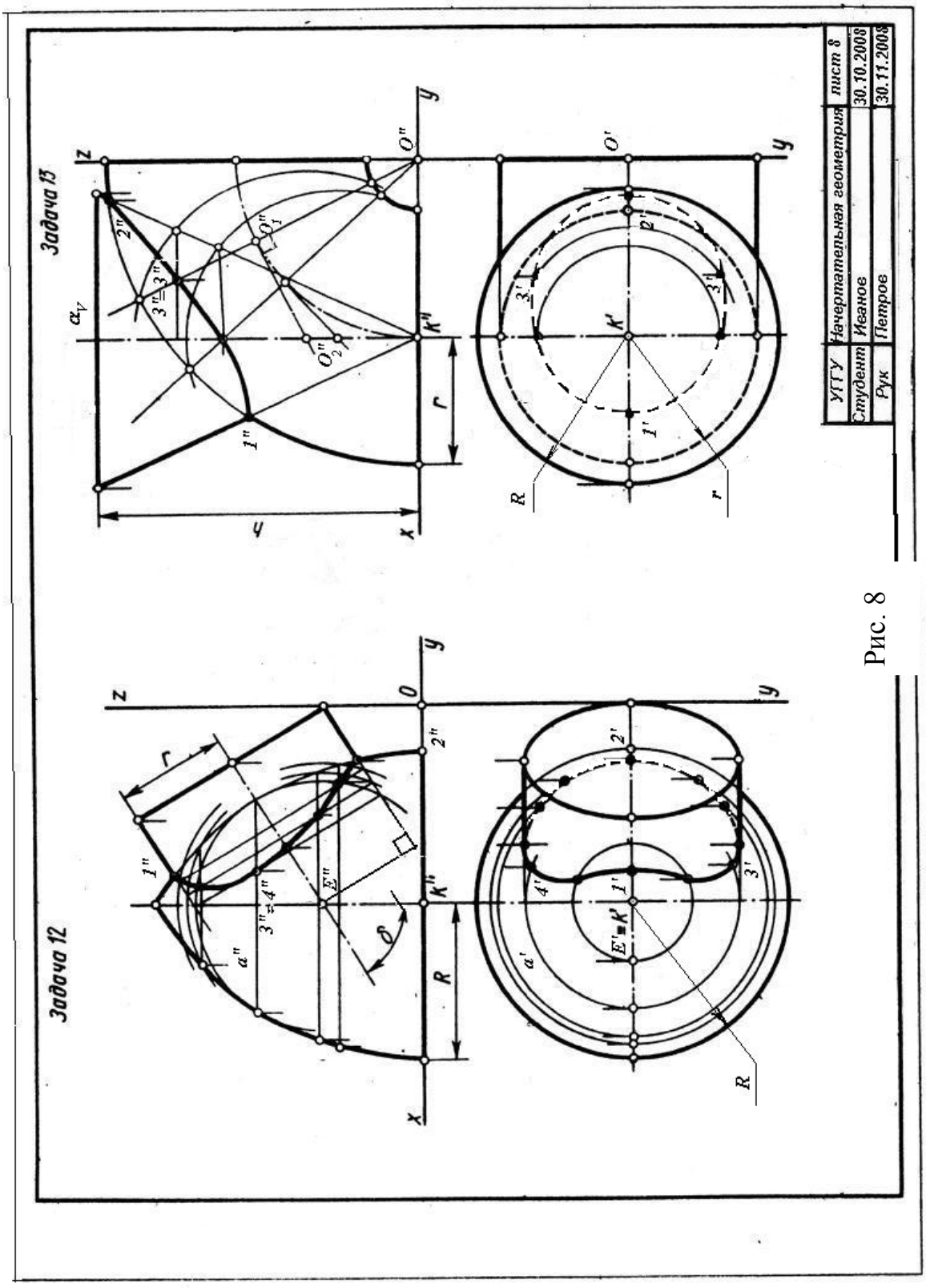



Рис. 8

1) пересекающиеся поверхности - поверхности вращения;

2) оси вращения поверхностей пересекаются;

3) оси вращения поверхностей параллельны фронтальной плоскостипроекций.

Решение задачи начинается с построения характерных точек - в данной задаче точки 1 и 2 пересечения очерка тора и крайних образующих цилиндра. Определяется область проведения вспомогательных сфер. Минимальная сфера определяется как сфера, вписанная в большее из тел. Радиусом минимальной сферы является нормаль, опущенная из центра сфер ***O*** на крайнюю образующую или очерк. В данном случае нормаль к очерку тора больше нормали к образующей - цилиндра, следовательно, минимальной сферой будет сфера, вписанная вповерхность тора. Максимальная сфера определяется радиусом, равным расстоянию от центра сфер до наиболее удаленной характерной точки.

Минимальная сфера касается поверхности тора по окружности, вырождающейся на фронтальной проекции в прямую ***a″,*** и пересекает поверхность цилиндра по окружности, вырождающейся на фронтальнойпроекции впрямую ***b″***. Эти две окружности, лежащие на поверхностисферы минимального радиуса, пересекаются в двух точках - 3" и 4", rоризонтальные проекции их строятся по принадлежности поверхности тора. Они лежат на параллели ***a′*** и занимают положение 3' и 4'. Следующая сфера пересекает тор по двум окружностям, а цилиндр-по одной окружности. Эти окружности дают четыре общие точки данных поверхностей. Таким образом нужно построить достаточное множество точек, соединив которые, получают проекции линии пересечения заданных поверхностей. Видимость кривой линии на горизонтальной проекции определяют точки пересечения крайних образующих цилиндра с поверхностью тора.

*Задача* 13. Построить две проекции пересекающихся поверхностей конуса и части открытого тора, построить линию пересечения заданныхповерхностей.

*Решение.* В правой половине листа 8 строится исходный чертеж по данным из таблицы 11 приложения. Эта задача не решается методом вспомогательных секущих плоскостей, и метод вспомогательных секущихконцентрических сфер в этом случае неприменим. Простое решение задачи дает метод секущих эксцентрических сфер, с помощью которого можно построить множество промежуточных точек кривой линии. Решение задачи начинается с определения характерных точек 1 и 2, точки пересечения крайних образующих и экватора (очерка) тора.

Построение промежуточных точек ведется по следующей схеме (см.рис. 8):

1) через ось вращения тора (***O''***) проводится фронтально-проецирующая плоскостъ ($\alpha_V$), эта меридиональная плоскость тора пересекает его поверхность по образующей окружности;

2) из центра меридиональной окружности $O_1$" проводится нормаль кплоскости этой окружности (касательная к штрихпунктирной окружности центров меридианов) до пересечения сосью вращения конуса в точке $O_2$";

3) из центра $O_2$" проводится сфера через концы диаметрамеридиональной окружности сцентром $O_1$";

4) проведенная сфера пересекает поверхность конуса поокружности, которая пересекает меридиональную окружностьв точках 3"-$3_1$";

5)множество таких плоскостей проводится в интервале между характерными точками 1-2, и каждаядает пару общих точек пересекающихся поверхностей;

6) горизонтальные проекции точек кривой строятся по принадлежности поверхности конуса;

7) определяется видимостькривой на проекциях,в данном примере горизонтальная проекция кривой полностью невидима) поскольку лежит на невидимой сверху боковой поверхности конуса.

ПРИЛОЖЕНИЕ (11 таблиц)

Данные к задаче 1 (размеры и координаты)

таблица 1

| Вариант | $x_A$ | $y_A$ | $z_A$ | $x_B$ | $y_B$ | $z_B$ | $x_C$ | $y_C$ | $z_C$ | $x_D$ | $y_D$ | $z_D$ | $x_E$ | $y_E$ | $z_E$ | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 117 | 90 | 9 | 52 | 25 | 79 | 0 | 83 | 48 | 68 | 110 | 85 | 135 | 19 | 36 | 14 | 52 | 0 |
| 2 | 120 | 90 | 10 | 50 | 25 | 80 | 0 | 85 | 50 | 70 | 110 | 85 | 135 | 20 | 35 | 15 | 50 | 0 |
| 3 | 115 | 90 | 10 | 52 | 25 | 80 | 0 | 80 | 45 | 65 | 105 | 80 | 130 | 18 | 35 | 12 | 50 | 0 |
| 4 | 120 | 92 | 10 | 50 | 20 | 75 | 0 | 80 | 46 | 70 | 115 | 85 | 135 | 20 | 32 | 10 | 50 | 0 |
| 5 | 117 | 9 | 90 | 52 | 79 | 25 | 0 | 48 | 83 | 68 | 85 | 110 | 135 | 36 | 19 | 14 | 0 | 52 |
| 6 | 115 | 7 | 85 | 50 | 80 | 25 | 0 | 50 | 85 | 70 | 85 | 110 | 135 | 40 | 20 | 15 | 0 | 50 |
| 7 | 120 | 10 | 90 | 48 | 82 | 20 | 0 | 52 | 82 | 65 | 80 | 110 | 130 | 38 | 20 | 15 | 0 | 52 |
| 8 | 116 | 8 | 88 | 50 | 78 | 25 | 0 | 46 | 80 | 70 | 85 | 108 | 135 | 36 | 20 | 15 | 0 | 52 |
| 9 | 115 | 10 | 92 | 50 | 80 | 25 | 0 | 50 | 85 | 70 | 85 | 110 | 135 | 35 | 20 | 15 | 0 | 50 |
| 10 | 18 | 10 | 90 | 83 | 79 | 25 | 135 | 48 | 83 | 67 | 85 | 110 | 0 | 36 | 19 | 121 | 0 | 52 |
| 11 | 20 | 12 | 92 | 85 | 80 | 25 | 135 | 50 | 85 | 70 | 85 | 110 | 0 | 35 | 20 | 120 | 0 | 52 |
| 12 | 15 | 10 | 85 | 80 | 89 | 20 | 130 | 50 | 80 | 70 | 80 | 108 | 0 | 35 | 20 | 120 | 0 | 50 |
| 13 | 16 | 12 | 88 | 85 | 80 | 25 | 130 | 50 | 80 | 75 | 85 | 110 | 0 | 30 | 15 | 120 | 0 | 50 |
| 14 | 18 | 12 | 85 | 85 | 80 | 25 | 135 | 50 | 80 | 70 | 85 | 110 | 0 | 35 | 20 | 120 | 0 | 50 |
| 15 | 18 | 90 | 10 | 83 | 25 | 79 | 135 | 83 | 48 | 67 | 110 | 85 | 0 | 19 | 36 | 121 | 52 | 0 |
| 16 | 18 | 40 | 75 | 83 | 117 | 6 | 135 | 47 | 38 | 67 | 20 | 0 | 0 | 111 | 48 | 121 | 78 | 86 |
| 17 | 18 | 75 | 40 | 83 | 6 | 107 | 135 | 38 | 47 | 67 | 0 | 20 | 0 | 48 | 111 | 121 | 86 | 78 |
| 18 | 115 | 75 | 40 | 52 | 7 | 97 | 0 | 38 | 47 | 80 | 0 | 20 | 115 | 45 | 85 | 15 | 85 | 78 |
| 19 | 115 | 40 | 75 | 52 | 107 | 6 | 0 | 45 | 40 | 90 | 20 | 0 | 120 | 90 | 50 | I5 | 80 | 7 |
| 20 | 120 | 38 | 75 | 50 | 108 | 5 | 0 | 45 | 40 | 135 | 20 | 0 | 70 | 110 | 50 | 15 | 80 | 85 |
| 21 | 120 | 40 | 0 | 100 | 112 | 70 | 0 | 50 | 40 | 140 | 30 | 50 | 70 | 120 | 0 | 20 | 80 | 85 |
| 22 | 20 | 40 | 10 | 85 | 110 | 80 | 135 | 48 | 48 | 70 | 20 | 85 | 0 | 110 | 35 | 120 | 80 | 0 |
| 23 | 20 | 10 | 40 | 85 | 80 | 110 | 135 | 48 | 48 | 10 | 85 | 20 | 0 | 35 | 110 | 120 | 0 | 80 |
| 24 | 117 | 40 | 9 | 52 | 111 | 79 | 0 | 47 | 48 | 68 | 20 | 85 | 135 | 111 | 36 | 14 | 78 | 0 |
| 25 | 117 | 9 | 40 | 52 | 79 | 111 | 0 | 48 | 47 | 68 | 85 | 20 | 135 | 36 | 111 | 14 | 0 | 78 |
| 26 | 18 | 40 | 9 | 83 | 111 | 79 | 135 | 47 | 48 | 56 | 20 | 80 | 120 | 80 | 35 | 36 | 80 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 18 | 9 | 40 | 83 | 79 | 111 | 135 | 48 | 47 | 56 | 20 | 80 | 120 | 80 | 111 | 35 | 80 | 0 |

Данные к задаче 2 (координаты иразмеры, мм)

Таблица 2.

| Вариант | $x_A$ | $y_A$ | $z_A$ | $x_B$ | $y_B$ | $z_B$ | $x_C$ | $y_C$ | $z_C$ | $h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 117 | 90 | 9 | 52 | 25 | 79 | 0 | 83 | 48 | 85 |
| 2 | 120 | 90 | 10 | 50 | 25 | 80 | 0 | 85 | 50 | 85 |
| 3 | 115 | 90 | 10 | 52 | 25 | 80 | 0 | 80 | 45 | 85 |
| 4 | 120 | 92 | 10 | 50 | 20 | 75 | 0 | 80 | 46 | 85 |
| 5 | 117 | 9 | 90 | 52 | 79 | 25 | 0 | 48 | 83 | 85 |
| 6 | 115 | 7 | 85 | 50 | 80 | 25 | 0 | 50 | 85 | 85 |
| 7 | 120 | 10 | 90 | 48 | 82 | 20 | 0 | 52 | 82 | 85 |
| 8 | 116 | 8 | 88 | 50 | 78 | 25 | 0 | 46 | 80 | 85 |
| 9 | 115 | 10 | 92 | 50 | 80 | 25 | 0 | 50 | 85 | 85 |
| 10 | 18 | 10 | 90 | 83 | 79 | 25 | 135 | 48 | 83 | 85 |
| 11 | 20 | 12 | 92 | 85 | 80 | 25 | 135 | 50 | 85 | 85 |
| 12 | 15 | 10 | 85 | 80 | 80 | 20 | 130 | 50 | 80 | 85 |
| 13 | 16 | 12 | 88 | 85 | 80 | 25 | 130 | 50 | 80 | 80 |
| 14 | 18 | 12 | 85 | 85 | 80 | 25 | 135 | 50 | 80 | 80 |
| 15 | 18 | 90 | 10 | 83 | 25 | 79 | 135 | 83 | 48 | 80 |
| 16 | 18 | 40 | 75 | 83 | 117 | 6 | 135 | 47 | 38 | 80 |
| 17 | 18 | 75 | 40 | 83 | 6 | 107 | 135 | 38 | 47 | 80 |
| 18 | 117 | 75 | 40 | 52 | 6 | 107 | 0 | 38 | 47 | 80 |
| 19 | 117 | 40 | 75 | 52 | 107 | 6 | 0 | 47 | 38 | 80 |
| 20 | 120 | 38 | 75 | 50 | 108 | 5 | 0 | 45 | 40 | 80 |
| 21 | 122 | 40 | 75 | 50 | 110 | 8 | 0 | 50 | 40 | 85 |
| 22 | 20 | 40 | 10 | 85 | 110 | 80 | 135 | 48 | 48 | 80 |
| 23 | 20 | 10 | 40 | 85 | 80 | 110 | 135 | 48 | 48 | 85 |
| 24 | 117 | 40 | 9 | 52 | 111 | 79 | 0 | 47 | 47 | 80 |
| 25 | 117 | 9 | 40 | 52 | 79 | 111 | 0 | 48 | 47 | 85 |
| 26 | 18 | 40 | 9 | 83 | 111 | 79 | 135 | 47 | 48 | 80 |
| 27 | 18 | 9 | 40 | 83 | 79 | 111 | 135 | 48 | 47 | 80 |

Данные к задаче 3 (координаты и размеры, мм)

Таблица 3

| Вариант | $x_A$ | $y_A$ | $z_A$ | $x_B$ | $y_B$ | $z_B$ | $x_C$ | $y_c$ | $z_C$ | $x_D$ | $y_D$ | $z_D$ | $x_E$ | $y_E$ | $z_E$ | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ | $x_G$ | $y_G$ | $z_G$ | $x_U$ | $y_U$ | $z_U$ | $h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 141 | 75 | 0 | 122 | 14 | 77 | 87 | 100 | 40 | 0 | 50 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | 20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 2 | 0 | 70 | 0 | 20 | 9 | 77 | 53 | 95 | 40 | 141 | 45 | 40 | 40 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 3 | 0 | 80 | 0 | 20 | 19 | 77 | 53 | 110 | 40 | 141 | 55 | 40 | 40 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 4 | 0 | 68 | 0 | 20 | 7 | 77 | 53 | 93 | 40 | 141 | 143 | 40 | 40 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 5 | 0 | 68 | 0 | 20 | 7 | 77 | 53 | 93 | 40 | 141 | 143 | 40 | 40 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 6 | 0 | 75 | 0 | 20 | 14 | 77 | 53 | 100 | 40 | 141 | 50 | 40 | 40 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 7 | 0 | 82 | 0 | 20 | 21 | 77 | 53 | 112 | 40 | 141 | 57 | 40 | 49 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 8 | 0 | 85 | 0 | 20 | 24 | 77 | 53 | 115 | 40 | 141 | 60 | 40 | 40 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 9 | 0 | 90 | 0 | 20 | 29 | 77 | 53 | 120 | 40 | 141 | 65 | 40 | 49 | 50 | 0 | 61 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 95 | 0 | 85 |
| 10 | 0 | 85 | 0 | 15 | 30 | 80 | 55 | 120 | 40 | 141 | 60 | 40 | 40 | 50 | 0 | 67 | 20 | 0 | 125 | 20 | 0 | 86 | 93 | 0 | 86 |
| 11 | 141 | 70 | 0 | 122 | 9 | 77 | 87 | 95 | 40 | 0 | 45 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | .20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 12 | 141 | 80 | 0 | 122 | 19 | 77 | 87 | 100 | 40 | 0 | 55 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | 20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 13 | 141 | 68 | 0 | 122 | 7 | 77 | 87 | 93 | 40 | 0 | 43 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | 20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 14 | 141 | 82 | 0 | 122 | 21 | 77 | 87 | 112 | 40 | 0 | 57 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | 20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 15 | 141 | 85 | 0 | 122 | 24 | 77 | 87 | 115 | 40 | 0 | 60 | 40 | 100 | 50 | 0 | 14 | 20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 16 | 141 | 90 | 0 | 122 | 29 | 77 | 81 | 120 | 40 | 0 | 65 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | 20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 17 | 135 | 15 | 0 | 116 | 14 | 77 | 81 | 100 | 40 | 0 | 50 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | 20 | 0 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |
| 18 | 145 | 15 | 0 | 126 | 14 | 77 | 91 | 100 | 40 | 0 | 50 | 40 | 100 | 50 | 0 | 74 | 20 | 9 | 16 | 20 | 0 | 55 | 95 | 0 | 85 |

Данные к задаче 5 (координаты и размеры, мм)

Таблица 4.

| Вариант | $x_A$ | $y_A$ | $z_A$ | $x_B$ | $y_B$ | $z_B$ | $x_C$ | $y_C$ | $z_C$ | $R$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 50 | 58 | 60 | 10 | 58 | 115 | 0 | 120 | 60 | 46 |
| 2 | 50 | 58 | 60 | 10 | 58 | 115 | 0 | 122 | 60 | 46 |
| 3 | 50 | 56 | 58 | 10 | 56 | 115 | 0 | 124 | 58 | 48 |
| 4 | 52 | 56 | 58 | 10 | 56 | 113 | 0 | 120 | 58 | 48 |
| 5 | 52 | 58 | 60 | 0 | 58 | 113 | 0 | 124 | 60 | 47 |
| 6 | 52 | 58 | 58 | 5 | 58 | 112 | 10 | 120 | 58 | 47 |
| 7 | 52 | 56 | 60 | 5 | 56 | 112 | 10 | 122 | 60 | 48 |
| 8 | 52 | 56 | 60 | 5 | 56 | 112 | 10 | 120 | 60 | 45 |
| 9 | 50 | 60 | 60 | 5 | 60 | 110 | 10 | 122 | 60 | 45 |
| 10 | 52 | 60 | 58 | 0 | 113 | 58 | 0 | 113 | 124 | 47 |
| 11 | 50 | 60 | 58 | 0 | 60 | 110 | 10 | 120 | 58 | 47 |
| 12 | 50 | 62 | 58 | 0 | 62 | 108 | 10 | 120 | 58 | 48 |
| 13 | 50 | 62 | 56 | 0 | 62 | 108 | 10 | 124 | 56 | 48 |
| 14 | 52 | 62 | 56 | 0 | 62 | 106 | 10 | 124 | 56 | 48 |
| 15 | 52 | 60 | 56 | 8 | 60 | 106 | 0 | 126 | 56 | 50 |
| 16 | 54 | 60 | 58 | 8 | 60 | 106 | 0 | 126 | 58 | 50 |
| 17 | 54 | 62 | 58 | 8 | 62 | 104 | 0 | 124 | 58 | 50 |
| 18 | 54 | 62 | 58 | 0 | 62 | 104 | 12 | 122 | 58 | 50 |
| 19 | 55 | 62 | 60 | 0 | 62 | 102 | 12 | 120 | 60 | 50 |
| 20 | 55 | 64 | 60 | 0 | 64 | 102 | 12 | 120 | 60 | 52 |
| 21 | 55 | 65 | 60 | 0 | 65 | 110 | 12 | 118 | 60 | 52 |
| 22 | 55 | 65 | 60 | 8 | 65 | 110 | 0 | 118 | 60 | 50 |
| 23 | 56 | 64 | 58 | 6 | 64 | 100 | 0 | 115 | 58 | 50 |
| 24 | 56 | 66 | 58 | 10 | 66 | 104 | 0 | 115 | 58 | 52 |
| 25 | 56 | 66 | 58 | 0 | 66 | 114 | 0 | 120 | 58 | 52 |
| 26 | 55 | 65 | 58 | 0 | 65 | 112 | 0 | 115 | 58 | 52 |
| 27 | 55 | 65 | 60 | 0 | 65 | 112 | 0 | 120 | 60 | 50 |

Данные к задаче 6 (координаты и размеры, мм)

Таблица 5

| Вариант | $x_0$ | $y_0$ | $z_0$ | $x_A$ | $y_A$ | $z_A$ | $x_B$ | $y_B$ | $z_B$ | $x_C$ | $y_c$ | $z_C$ | $x_D$ | $y_D$ | $z_D$ | $R$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 58 | 62 | 118 | - | 35 | 56 | - | 95 | 45 | - | 95 | 45 | - | 35 | 46 |
| 2 | 70 | 60 | 60 | 118 | - | 35 | 56 | - | 95 | 44 | - | 95 | 44 | - | 35 | 46 |
| 3 | 70 | 60 | 58 | 120 | - | 35 | 58 | - | 95 | 44 | - | 95 | 44 | - | 35 | 48 |
| 4 | 70 | 60 | 58 | 120 | - | 36 | 56 | - | 94 | 42 | - | 94 | 42 | - | 36 | 48 |
| 5 | 69 | 58 | 60 | 116 | - | 36 | 58 | - | 94 | 45 | - | 94 | 45 | - | 36 | 47 |
| 6 | 72 | 60 | 58 | 116 | - | 36 | 60 | - | 92 | 42 | - | 92 | 42 | - | 36 | 47 |
| 7 | 72 | 58 | 60 | 120 | - | 34 | 60 | - | 92 | 42 | - | 92 | 42 | - | 34 | 48 |
| 8 | 72 | 58 | 58 | 122 | - | 34 | 60 | - | 90 | 40 | - | 90 | 40 | - | 34 | 45 |
| 9 | 74 | 62 | 60 | 122 | - | 34 | 55 | - | 90 | 40 | - | 90 | 40. | - | 34 | 45 |
| 10 | 69 | 58 | 60 | 20 | - | 36 | 81 | - | 94 | 94 | - | 94 | 94 | - | 36 | 47 |
| 11 | 74 | 62 | 58 | 20 | - | 36 | 80 | - | 92 | 94 | - | 92 | 94 | - | 36 | 47 |
| 12 | 72 | 62 | 62 | 20 | - | 35 | 80 | - | 92 | 92 | - | 92 | 92 | - | 35 | 48 |
| 13 | 72 | 60 | 62 | 22 | - | 35 | 82 | - | 90 | 92 | - | 90, | 92 | - | 35 | 48 |
| 14 | 70 | 60 | 60 | 18 | - | 35 | 82 | - | 90 | 90 | - | 90 | 90 | - | 35 | 48 |
| 15 | 70 | 60 | 58 | 18 | - | 34 | 82 | - | 94 | 92 | - | 94 | 92 | - | 34 | 50 |
| 16 | 72 | 62 | 58 | 20 | - | 34 | 84 | - | 94 | 96 | - | 94 | 96 | - | 34 | 50 |
| 17 | 70 | 62 | 60 | 18 | - | 32 | 84 | - | 90 | 96 | - | 90 | 96 | - | 32 | 50 |
| 18 | 68 | 60 | 60 | 20 | - | 32 | 86 | - | 92 | 95 | - | 92 | 95 | - | 32 | 50 |
| 19 | 68 | 58 | 62 | 20 | - | 32 | 86 | - | 92 | 95 | - | 92 | 95 | - | 32 | 50 |
| 20 | 70 | 58 | 62 | 18 | - | 32 | 86 | - | 94 | 90 | - | 94 | 90 | - | 32 | 52 |
| 21 | 70 | 60 | 58 | 118 | - | 35 | 60 | -. | 95 | 45 | - | 95 | 45 | - | 35 | 52 |
| 22 | 70 | 62 | 62 | 120 | - | 36 | 60 | - | 92 | 42 | - | 92 | 42 | - | 36 | 50 |
| 23 | 68 | 62 | 60 | 120 | - | 34 | 62 | - | 92 | 42 | - | 92 | 42 | - | 34 | 50 |
| 24 | 68 | 62 | 58 | 122 | - | 35 | 62 | - | 90 | 40 | - | 90 | 40 | - | 35 | 52 |
| 25 | 68 | 60 | 58 | 120 | - | 36 | 60 | - | 90 | 42 | - | 90 | 42 | - | 36 | 52 |
| 26 | 70 | 60 | 60 | 120 | - | 35 | 60 | - | 92 | 44 | - | 92 | 44 | - | 35 | 52 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 70 | 58 | 60 | 120 | - | 32 | 62 | - | 92 | 45 | - | 92 | 45 | - | 32 | 50 |

Данные к задаче 7 (координаты и размеры, мм)

Таблица 6

| Вариант | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ | $x_A$ | $y_A$ | $z_A$ | $x_B$ | $y_B$ | $z_B$ | $x_C$ | $y_C$ | $z_C$ | $R$ | $h$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 78 | 72 | 0 | 10 | 50 | 62 | 46 | 30 | 62 | 82 | 125 | 10 | 45 | 100 |
| 2 | 78 | 72 | 0 | 82 | 125 | 10 | 10 | 52 | 62 | 46 | 30 | 62 | 45 | 100 |
| 3 | 80 | 72 | 0 | 46 | 30 | 62 | 82 | 125 | 10 | 10 | 50 | 62 | 45 | 100 |
| 4 | 80 | 70 | 0 | 10 | 50 | 62 | 82 | 125 | 10 | 46 | 30 | 62 | 45 | 100 |
| 5 | 78 | 70 | 0 | 46 | 30 | 62 | 10 | 50 | 62 | 82 | 125 | 10 | 44 | 102 |
| 6 | 80 | 72 | 0 | 45 | 30 | 60 | 10 | 50 | 60 | 80 | 125 | 8 | 45 | 98 |
| 7 | 80 | 68 | 0 | 46 | 28 | 60 | 10 | 48 | 60 | 80 | 126 | 0 | 45 | 98 |
| 8 | 82 | 68 | 0 | 47 | 28 | 65 | 10 | 50 | 65 | 82 | 126 | 6 | 45 | 98 |
| 9 | 82 | 68 | 0 | 48 | 28 | 65 | 10 | 52 | 65 | 84 | 128 | 6 | 43 | 98 |
| 10 | 82 | 68 | 0 | 49 | 30 | 66 | 12 | 48 | 66 | 84 | 130 | 5 | 44 | 102 |
| 11 | 80 | 66 | 0 | 50 | 30 | 64 | 12 | 46 | 64 | 85 | 128 | 4 | 43 | 102 |
| 12 | 80 | 66 | 0 | 44 | 32 | 60 | 12 | 52 | 60 | 85 | 132 | 5 | 43 | 102 |
| 13 | 80 | 66 | 0 | 44 | 30 | 60 | 15 | 50 | 60 | 86 | 132 | 5 | 42 | 102 |
| 14 | 82 | 65 | 0 | 45 | 30 | 62 | 15 | 48 | 62 | 86 | 130 | 5 | 42 | 102 |
| 15 | 82 | 65 | 0 | 45 | 32 | 62 | 15 | 48 | 62 | 84 | 135 | 0 | 42 | 100 |
| 16 | 84 | 65 | 0 | 45 | 28 | 66 | 10 | 50 | 66 | 84 | 135 | 0 | 43 | 100 |
| 17 | 84 | 64 | 0 | 45 | 30 | 66 | 10 | 52 | 66 | 85 | 136 | 5 | 44 | 100 |
| 18 | 86 | 64 | 0 | 44 | 30 | 65 | 14 | 52 | 65 | 88 | 136 | 4 | 44 | 100 |

Данные к задаче 8 (Координаты и размеры, мм)

Таблица 7.

| Вариант | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ | $R$ | $h$ | $x_E$ | $y_E$ | $z_E$ | $R_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 80 | 70 | 0 | 45 | 100 | 50 | 70 | 32 | 35 |
| 2 | 80 | 70 | 0 | 45 | 100 | 50 | 70 | 32 | 30 |
| 3 | 80 | 72 | 0 | 45 | 100 | 53 | 72 | 32 | 32 |
| 4 | 80 | 72 | 0 | 45 | 100 | 60 | 72 | 35 | 35 |
| 5 | 70 | 70 | 0 | 44 | 102 | 50 | 70 | 32 | 32 |
| 6 | 75 | 70 | 0 | 45 | 98 | 65 | 70 | 35 | 35 |
| 7 | 75 | 70 | 0 | 45 | 98 | 70 | 70 | 35 | 35 |
| 8 | 75 | 72 | 0 | 45 | 98 | 75 | 72 | 35 | 35 |
| 9 | 75 | 72 | 0 | 43 | 98 | 80 | 72 | 35 | 35 |
| 10 | 75 | 75 | 0 | 44 | 102 | 50 | 75 | 35 | 35 |
| 11 | 80 | 75 | 0 | 43 | 102 | 85 | 75 | 36 | 36 |
| 12 | 80 | 75 | 0 | 43 | 102 | 85 | 75 | 40 | 35 |
| 13 | 80 | 75 | 0 | 42 | 102 | 80 | 75 | 40 | 35 |
| 14 | 80 | 70 | 0 | 42 | 102 | 80 | 70 | 40 | 32 |
| 15 | 80 | 70 | 0 | 42 | 100 | 75 | 70 | 40 | 32 |
| 16 | 70 | 72 | 0 | 43 | 100 | 75 | 72 | 42 | 32 |
| 17 | 70 | 72 | 0 | 44 | 100 | 70 | 72 | 40 | 32 |
| 18 | 70 | 74 | 0 | 44 | 100 | 70 | 74 | 36 | 32 |
| 19 | 70 | 74 | 0 | 44 | 98 | 68 | 74 | 32 | 34 |
| 20 | 75 | 70 | 0 | 42 | 98 | 68 | 70 | 32 | 36 |
| 21 | 75 | 72 | 0 | 42 | 95 | 66 | 72 | 35 | 35 |
| 22 | 75 | 75 | 0 | 46 | 95 | 66 | 75 | 38 | 32 |
| 23 | 80 | 74 | 0 | 46 | 96 | 64 | 75 | 36 | 32 |
| 24 | 80 | 75 | 0 | 46 | 96 | 64 | 75 | 34 | 34 |
| 25 | 80 | 70 | 0 | 46 | 97 | 62 | 70 | 38 | 32 |
| 26 | 80 | 70 | 0 | 45 | 97 | 62 | 70 | 38 | 34 |
| 27 | 80 | 70 | 0 | 45 | 102 | 60 | 70 | 34 | 34 |

Данные к задаче 10 (координаты и размеры, мм)

Таблица 8

| Вариант | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ | $R_1$ | $x_E$ | $y_E$ | $z_E$ | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 66 | 66 | 0 | 38 | 48 | 66 | 49 | 32 |
| 2 | 67 | 67 | 0 | 38 | 47 | 67 | 48 | 32 |
| 3 | 65 | 65 | 0 | 40 | 46 | 65 | 47 | 33 |
| 4 | 68 | 65 | 0 | 40 | 45 | 65 | 46 | 34 |
| 5 | 65 | 65 | 0 | 38 | 49 | 65 | 50 | 34 |
| 6 | 70 | 65 | 0 | 40 | 44 | 65 | 51 | 35 |
| 7 | 67 | 67 | 0 | 38 | 43 | 67 | 52 | 35 |
| 8 | 68 | 68 | 0 | 39 | 42 | 68 | 53 | 63 |
| 9 | 69 | 65 | 0 | 39 | 50 | 65 | 54 | 36 |
| 10 | 68 | 66 | 0 | 37 | 51 | 66 | 55 | 38 |
| 11 | 65 | 64 | 0 | 37 | 52 | 64 | 56 | 38 |
| 12 | 66 | 64 | 0 | 40 | 53 | 64 | 57 | 37 |
| 13 | 65 | 66 | 0 | 40 | 54 | 66 | 58 | 36 |
| 14 | 65 | 70 | 0 | 36 | 55 | 70 | 50 | 37 |
| 15 | 65 | 70 | 0 | 36 | 56 | 70 | 52 | 32 |
| 16 | 66 | 70 | 0 | 37 | 57 | 70 | 53 | 33 |
| 17 | 68 | 70 | 0 | 38 | 58 | 70 | 51 | 34 |
| 18 | 68 | 70 | 0 | 39 | 59 | 70 | 49 | 34 |
| 19 | 70 | 70 | 0 | 40 | 60 | 70 | 50 | 35 |
| 20 | 70 | 70 | 0 | 41 | 50 | 70 | 60 | 34 |
| 21 | 72 | 72 | 0 | 42 | 52 | 72 | 62 | 36 |
| 22 | 72 | 70 | 0 | 42 | 54 | 70 | 61 | 35 |
| 23 | 66 | 70 | 0 | 38 | 55 | 70 | 59 | 38 |
| 24 | 68 | 72 | 0 | 40 | 50 | 72 | 63 | 27 |
| 25 | 66 | 66 | 0 | 40 | 52 | 66 | 65 | 40 |
| 26 | 65 | 65 | 0 | 40 | 52 | 65 | 64 | 40 |
| 27 | 70 | 70 | 0 | 40 | 52 | 70 | 66 | 38 |

Данные к задаче 11 (координаты и размеры, мм)

Таблица 9.

| Вариант | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ | $x_S$ | $y_S$ | $z_S$ | $R$ | $x_E$ | $y_E$ | $z_E$ | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 55 | 65 | 0 | 155 | 122 | 100 | 44 | 100 | 65 | 35 | 30 |
| 2 | 56 | 65 | 0 | 160 | 120 | 100 | 45 | 100 | 65 | 34 | 32 |
| 3 | 56 | 64 | 0 | 160 | 120 | 95 | 46 | 98 | 64 | 35 | 35 |
| 4 | 58 | 64 | 0 | 156 | 118 | 100 | 45 | 96 | 64 | 32 | 32 |
| 5 | 55 | 65 | 0 | 155 | 123 | 102 | 45 | 95 | 65 | 30 | 30 |
| 6 | 58 | 66 | 0 | 157 | 120 | 98 | 46 | 100 | 66 | 32 | 30 |
| 7 | 60 | 66 | 0 | 158 | 115 | 102 | 44 | 95 | 66 | 36 | 32 |
| 8 | 60 | 65 | 0 | 156 | 115 | 98 | 45 | 90 | 65 | 38 | 32 |
| 9 | 60 | 66 | 0 | 155 | 110 | 100 | 45 | 92 | 66 | 40 | 32 |
| 10 | 100 | 65 | 0 | 0 | 122 | 100 | 45 | 94 | 65 | 30 | 30 |
| 11 | 98 | 65 | 0 | 0 | 120 | 100 | 45 | 55 | 65 | 32 | 30 |
| 12 | 100 | 65 | 0 | 0 | 118 | 98 | 45 | 56 | 65 | 34 | 32 |
| 13 | 96 | 66 | 0 | 0 | 120 | 100 | 44 | 57 | 66 | 35 | 30 |
| 14 | 98 | 64 | 0 | 0 | 116 | 96 | 45 | 58 | 64 | 35 | 35 |
| 15 | 98 | 65 | 0 | 0 | I15 | 98 | 45 | 59 | 65 | 36 | 30 |
| 16 | 100 | 65 | 0 | 0 | 114 | 98 | 44 | 60 | 65 | 38 | 34 |
| 17 | 102 | 65 | 0 | 0 | 112 | 100 | 45 | 62 | 65 | 40 | 35 |
| 18 | 100 | 65 | 0 | 0 | 110 | 102 | 45 | 63 | 65 | 42 | 34 |
| 19 | 55 | 64 | 0 | 150 | 122 | 100 | 44 | 100 | 64 | 32 | 32 |
| 20 | 56 | 64 | 0 | 155 | 120 | 100 | 45 | 102 | 64 | 34 | 30 |
| 21 | 54 | 65 | 0 | 154 | 118 | 98 | 45 | 102 | 65 | 35 | 30 |
| 22 | 57 | 64 | 0 | 152 | 120 | 100 | 45 | 100 | 65 | 36 | 32 |
| 23 | 58 | 64 | 0 | 152 | 115 | 100 | 46 | 98 | 64 | 38 | 30 |
| 24 | 60 | 65 | 0 | 155 | 116 | 96 | 44 | 96 | 65 | 40 | 32 |
| 25 | 62 | 66 | 0 | 150 | 114 | 95 | 45 | 95 | 66 | 36 | 30 |
| 26 | 60 | 66 | 0 | 148 | 115 | 98 | 45 | 94 | 66 | 34 | 30 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 62 | 65 | 0 | 148 | 120 | 98 | 45 | 92 | 65 | 32 | 30 |

Данные к задаче 12 (координаты и размеры, мм)

Таблица 10.

| Вариант | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ | $x_E$ | $y_E$ | $z_E$ | $R$ | δ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 70 | 0 | 70 | 70 | 40 | 50 | 60 |
| 2 | 70 | 70 | 0 | 70 | 70 | 40 | 55 | 60 |
| 3 | 70 | 70 | 0 | 70 | 70 | 38 | 56 | 65 |
| 4 | 70 | 70 | 0 | 70 | 70 | 38 | 55 | 70 |
| 5 | 65 | 70 | 0 | 65 | 70 | 35 | 51 | 75 |
| 6 | 65 | 72 | 0 | 65 | 72 | 35 | 50 | 60 |
| 7 | 66 | 72 | 0 | 66 | 72 | 35 | 52 | 80 |
| 8 | 68 | 74 | 0 | 68 | 74 | 34 | 51 | 75 |
| 9 | 68 | 74 | 0 | 68 | 74 | 34 | 52 | 60 |
| 10 | 70 | 75 | 0 | 70 | 75 | 36 | 53 | 65 |
| 11 | 72 | 75 | 0 | 72 | 75 | 35 | 54 | 75 |
| 12 | 64 | 76 | 0 | 64 | 76 | 36 | 55 | 60 |
| 13 | 68 | 76 | 0 | 68 | 76 | 35 | 55 | 45 |
| 14 | 70 | 70 | 0 | 70 | 70 | 35 | 55 | 60 |
| 15 | 70 | 72 | 0 | 70 | 72 | 35 | 55 | 60 |
| 16 | 72 | 70 | 0 | 72 | 70 | 35 | 52 | 50 |
| 17 | 75 | 74 | 0 | 75 | 74 | 36 | 52 | 60 |
| 18 | 74 | 76 | 0 | 74 | 76 | 36 | 53 | 55 |
| 19 | 74 | 70 | 0 | 74 | 70 | 35 | 52 | 60 |
| 20 | 75 | 78 | 0 | 75 | 78 | 35 | 54 | 60 |
| 21 | 75 | 78 | 0 | 75 | 78 | 36 | 52 | 45 |
| 22 | 70 | 78 | 0 | 70 | 78 | 35 | 54 | 65 |
| 23 | 70 | 80 | 0 | 70 | 80 | 35 | 54 | 70 |
| 24 | 70 | 80 | 0 | 70 | 80 | 35 | 54 | 60 |
| 25 | 70 | 80 | 0 | 70 | 80 | 35 | 55 | 45 |
| 26 | 75 | 78 | 0 | 75 | 78 | 35 | 55 | 60 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 75 | 80 | 0 | 75 | 80 | 35 | 55 | 65 |

Данные к задаче 13 (координаты и размеры, мм)

Таблица 11.

| Вариант | $x_K$ | $y_K$ | $z_K$ | $R$ | $h$ | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 60 | 68 | 0 | 52 | 106 | 40 |
| 2 | 60 | 70 | 0 | 54 | 104 | 42 |
| 3 | 60 | 70 | 0 | 55 | 102 | 41 |
| 4 | 60 | 72 | 0 | 52 | 100 | 40 |
| 5 | 61 | 70 | 0 | 50 | 108 | 42 |
| 6 | 60 | 72 | 0 | 51 | 98 | 42 |
| 7 | 60 | 71 | 0 | 50 | 96 | 40 |
| 8 | 58 | 70 | 0 | 54 | 98 | 41 |
| 9 | 58 | 70 | 0 | 52 | 95 | 40 |
| 10 | 60 | 68 | 0 | 55 | 94 | 40 |
| 11 | 58 | 68 | 0 | 51 | 95 | 40 |
| 12 | 58 | 68 | 0 | 52 | 100 | 42 |
| 13 | 62 | 70 | 0 | 53 | 94 | 42 |
| 14 | 58 | 68 | 0 | 50 | 95 | 40 |
| 15 | 60 | 68 | 0 | 52 | 98 | 40 |
| 16 | 61 | 70 | 0 | 51 | 100 | 40 |
| 17 | 62 | 72 | 0 | 55 | 102 | 42 |
| 18 | 62 | 70 | 0 | 54 | 104 | 42 |
| 19 | 60 | 70 | 0 | 53 | 100 | 40 |
| 20 | 60 | 72 | 0 | 52 | 95 | 42 |
| 21 | 60 | 68 | 0 | 55 | 96 | 42 |
| 22 | 62 | 68 | 0 | 50 | 100 | 40 |
| 23 | 62 | 68 | 0 | 51 | 102 | 40 |
| 24 | 62 | 68 | 0 | 51 | 108 | 40 |
| 25 | 60 | 70 | 0 | 52 | 106 | 42 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 60 | 70 | 0 | 54 | 104 | 40 |
| 27 | 60 | 70 | 0 | 55 | 100 | 40 |

Литература

1. Богданов В.Н., Малежик А. П., Верхола А.П. и др. Справочное руководство по черчению.- М.: Машиностроение, 1989. - 864с.

2. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М. А. Курс начертательнойгеометрии. - М.: Наука, 1988. –272с.

3. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. - М.: Издательство стандартов, 1991. –236с.

4. Самохвалов Ю. И.Начертательная геометрия: Учебное пособие. Екатеринбург:Изд-во УГГУ, 2009. - 121с.

5. Фролов С. А., Бубенников А.В., Левицкий В.С., Овчинникова И.С. Начертательная геометрия и черчение: Методические указания и контрольные задания для студентов - заочников инженерно-техническихспециальностей вузов. - М.: Высшая школа, 1982. – 88с.

# ЧАСТЬ II
# МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

## Введение

Во втором семестре первого курса по дисциплинам "Инженерная графика» и "Начертательная геометрия" предусматривается изучение курса машиностроительного черчения и горной графики, имеющей свою специфику.

Во втором семестре студенты выполняют две контрольные работы №4, №5 и курсовуюработу, которая отражает характерные особенности графической документации выбранной специальности.

Выполнитьконтрольные работы нужно по вариантам заданий, которые даны в таблицах и на рисунках приложения к тексту. При выполнении работ нужно обязательно использовать рекомендуемую литературупо машиностроительному черчению последних лет издания. Тема – чтениеи деталирование чертежа общего вида, и курсовая работа выдается на кафедре в период установочных лекций.

Все графические работы оформляются на листах чертежной бумагистандартного формата. Основная надпись выполняется по форме I по образцу приложения 1. Текстовые документы оформляются на листах формата А4 по образцу приложения 2 с основнойнадписью по форме 2. Детальные требования по оформлению графических документов (чертежей) содержатся в литературе [1, 2. 3, 4, 5], приведенной в конце пособия. Можно пользоваться любым из приведенных источников или других,доступных студенту.

При выполнении аксонометрических проекций на чертежах нужно проекции окружности (эллипсы) заменить на циркульные четырехцентровые овалы, построение которых приведено в приложении 3.

Студенты, обучающиеся по направлению 150400"Технологические машины и оборудование", имеющие шифр специальности ГМК, ГРМ, ГЭМ, АСГ выполняют полностьюконтрольные работы №4и №5, тема 9, и задание на курсовую работу выдается студенту насессии.

Студенты, обучающиеся по направлению 130400 - 'Торное дело (ПРМ, ШС; МД, ОГР, ОПИ), во втором семестре выполняют из контрольной работы №4 темы: 1, 2 и 3; из контрольной работы №5 – темы 6 и7, тема 9 и10 выдается студенту на сессии.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №4

Для выполнения контрольной работы №4 нужно основательно изучить ГОСТ 2.305.68. Этот стандарт можно найти в сборнике ЕСКД(Единая система конструкторской документации) "Общие правила выполнения чертежей" [4] или воспользоваться соответствующим разделом вучебниках по машиностроительному черчению [2, 3, 5].

Контрольная работа №4 состоит из, пяти тем:

Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данномуизображению.

Тема 2. Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию.

Тема 3. Построение трех изображений по двум данным. Выполнениеразрезов и сечений.

Тема4. Построение линий среза.

Тема 5. Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей.

*Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данномунаглядному изображению*

Задание по теме и порядок выполнения:

1. Изучить ГОСТ 2.305.68 "Изображение - виды, разрезы, сечения".

2. Познакомиться с примером выполнениясиндивидуальным заданием по теме (рис. 1).

3. Внимательно изучитьконструкцию индивидуального примера геометрического тела согласно своему варианту. Мысленно произвести геометрический анализ заданного геометрического тепа, то есть определить, из какихэлементарных геометрических тел состоит деталь: параллелепипед, призма, цилиндр и т.п.

4. Определить главное изображение детали (вид спереди), которое должно давать наиболее адекватное представление о конструкции детали и, соответственно, вид сверху и вид слева.

5. На листе чертежной бумаги построить формат А3, рамку чертежа, основную надпись по форме 1 (см.приложение 1). Рабочее поле чертежа разбить на зоны главного вида, вида сверху и вида слева пропорционально габаритам этих изображений.

6. По заданным размерам в масштабе 1:1 построить в тонких линиях изображения видов детали, невидимые линии на чертеже не изображать.

7. Нанести все необходимые выносные и размерные линии, изучив ГОСТ 2.307-68 [4], проставив размерные числа.

8. Линии видимого контура на изображениях, рамку чертежа и соответствующие линии в основной надписи по форме 1 обвести толстойсплошной линией толщиной 0,6- 0,7 мм, сплошные тонкие линии - 0,2 -0,3 мм.

9. Основную надпись заполнить чертежным шрифтом по ГОСТ2.304-68 [4].

Чертеж выполняется карандашом, приведенная последовательность операций по выполнению чертежа является универсальной,то есть все остальные чертежи контрольных работ по черчению нужно выполнять, придерживаясь этой схемы.

*Вопросы для самопроверки*

1. Перечислите название шести основных видов и укажите, как онирасполагаются на чертеже.

2. Дайте определение дополнительного вида. Как обозначается дополнительный вид? В каких случаях допускается дополнительный вид необозначать?

3. Дайте ответ по схеме 2-го вопроса для местного вида.

Задание по теме 1 дано на рис. 16 приложения 4, образец выполнения задания по теме 1 на рис. 1.

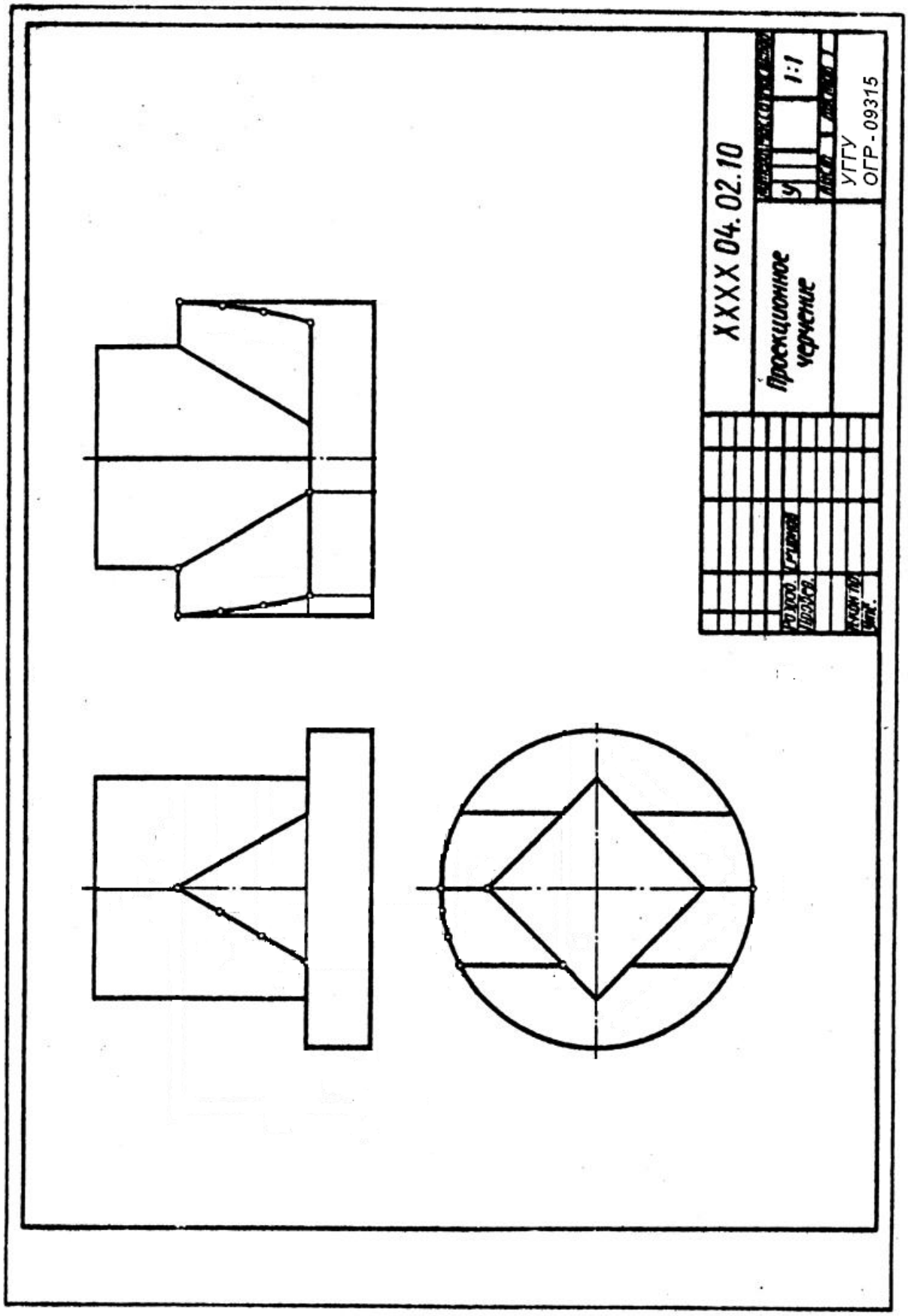



Рис. 1

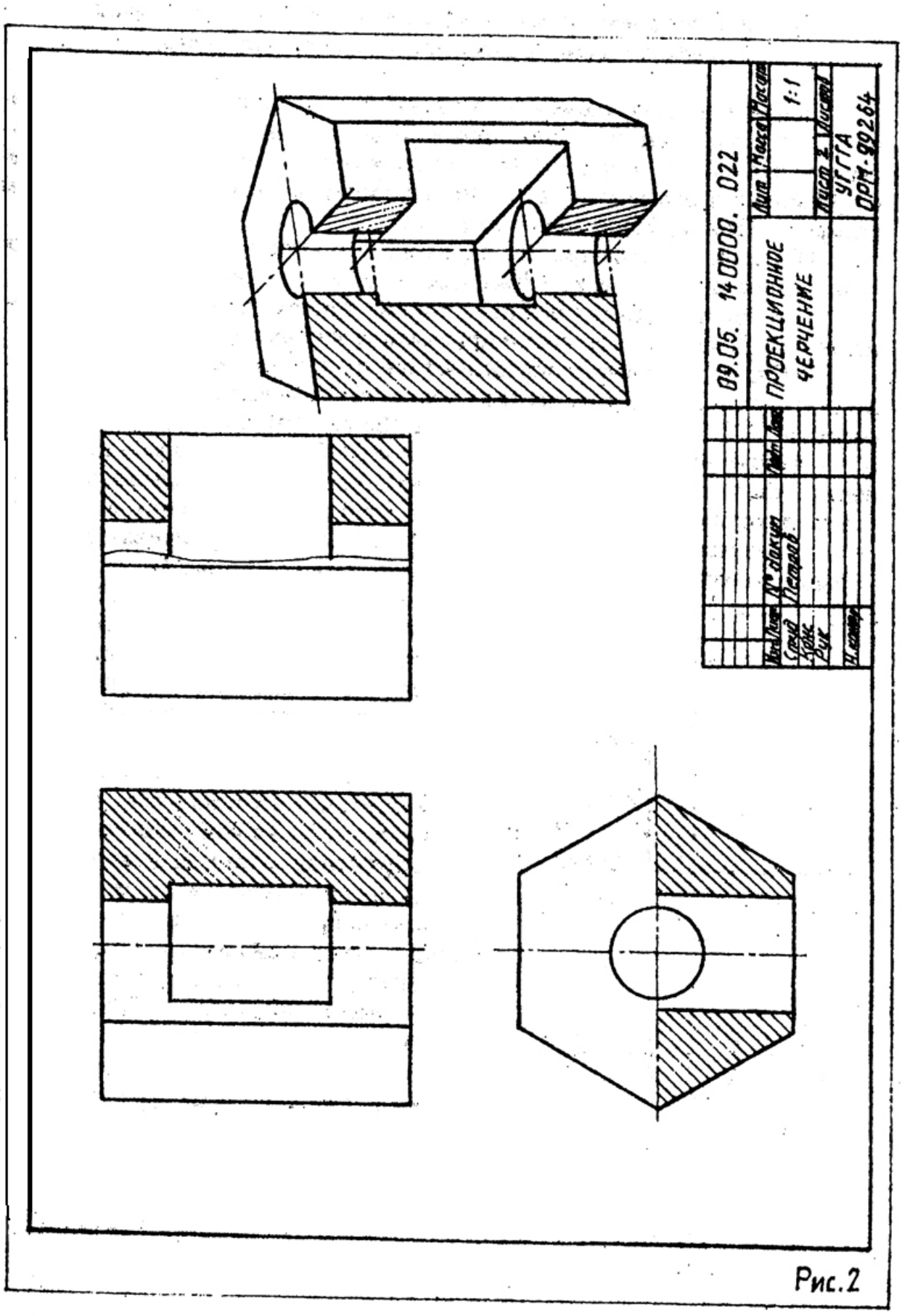



Рис.2

*Тема* 2. *Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию.*

Задание потеме 2 выбирается в таблице 1 (приложение 5) по варианту, это геометрическое тело с двумя отверстиями. Цилиндрическое отверстие задается в таблице 1 (см. приложение 5), сквозной призматический вырез определяется по варианту в таблице 2 и строится по заданнымразмерам. Пример выполнения -на рис. 2.

Порядок выполнения. Все операции по построению чертежа аналогичны изложенным в первой теме. Дополнительные рекомендации:

1. На чертеже, выполненном в тонких линиях, на всех видах построить цилиндрическое отверстие и призматический вырез.

2. Отверстие и вырез определяют внутреннее строение вычерчиваемой детали, которое на чертеже должно быть выявлено с помощью разрезов (ГОСТ 2.305-68). Если деталь обладает плоскостью симметрии, то на чертеже нужно строить совмещенное изображение, то есть половинувида (слева) и половину разреза (справа). Вид и разрез разделяются тонкой штрихпунктирной линией. В случае, если раздел половины вида и половины разреза совпадают с ребром детали, разрез ограничивают линиейобрыва (тонкой сплошной слегка волнистой линией) (рис. 3*)*.

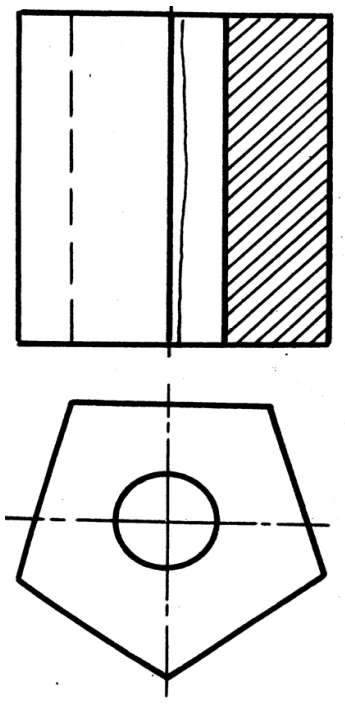


Рис. 3

3. Размеры в соответствии с ГОСТ2.307-68. Нужно проследить, чтобы размеров было необходимое и достаточноечисло для изготовления детали, повторение размеров одного элемента на чертеже недопустимо.

4. Чертеж выполняется на форматеА3. Рабочее поле чертежа нужно организовать так, чтобы на нем разместились три изображения заданной детали и прямоугольная диметрическая проекция, какпоказано на примере выполнения. Эллипсыв прямоугольной диметрии рекомендуется заменять четырехцентровыми овалами (см. приложение 3). Штриховка в разрезах производится под углом 45°, считаем, что деталь выполнена из металла. Схема штриховки приводится на образце выполнения примера (см. рис. 3).

*Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определение разреза.

2. Для чего применяются разрезы?

3. Перечислить простые разрезы. Когда их необходимо обозначатьна чертеже? В каких случаях обозначение простых разрезов не нужно?

4. Какие разрезы называются сложными?.

5. Как. на чертеже обозначается секущая плоскость,определяющаясложный разрез?

6. Как наносится штриховка на разрезе детали?

*Тема* 3. *Построение трех изображении по двум данным.*

*Выполнение разрезов и сечений*

Задание по теме 3. Построитьтретье изображение на чертеже (формат А3) по заданным размерам. Вскрыть внутреннее строение детали с помощью разрезов. Построитьсечение детали заданной наклонной плоскостью. Построить наглядное изображение детали в прямоугольной изометрической проекции. Варианты задания даны в приложении 6.

Порядок выполнения. Последовательность построения чертежа изложена в теме 1.

Выполнение разрезов должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.305-68. Информация на чертеже должна быть минимальной, но достаточной, то есть один и тот же элемент изображать дважды в разрезах неимеет смысла. Нанесение на чертеже линий невидимого контура допускается в редчайших случаях, причем штриховые линии и контуры не несут на чертеже метрической информации.

После решения всех вопросов на чертеже (рис. 4) в трех проекциях строится наклонное сечение детали. Компоновку чертежа на начальном этапе нужно вести с учетом размещения на рабочем поле чертежа наклонного сечения. Наклонное выносное сечение нужно заштриховать в соответствии с требованиями ГОСТ 2.306-68 [4].

На отдельном формате А3 нужно построить наглядное изображение . детали в прямоугольной изометрической проекции. Эллипсы заменить овалами (см. приложение 3). Разрез в аксонометрии не должен вскрывать полностью внутреннее строение детали, и величина выреза не должна превышать четверти объема детали. Штриховка в аксонометрии выполняется по схеме, показанной на образце (рис. 5).

*Вопросы для самопроверки*

1. В каком случае не обозначаются разрезы на чертежах?

2. Что такое местный разрез и в каких случаях употребляютсяместные разрезы?

3. Что такое сечение и какие бывают сечения?

4. Как обозначаются сечения? .

5. Какими линиями обводятся контуры сечений?

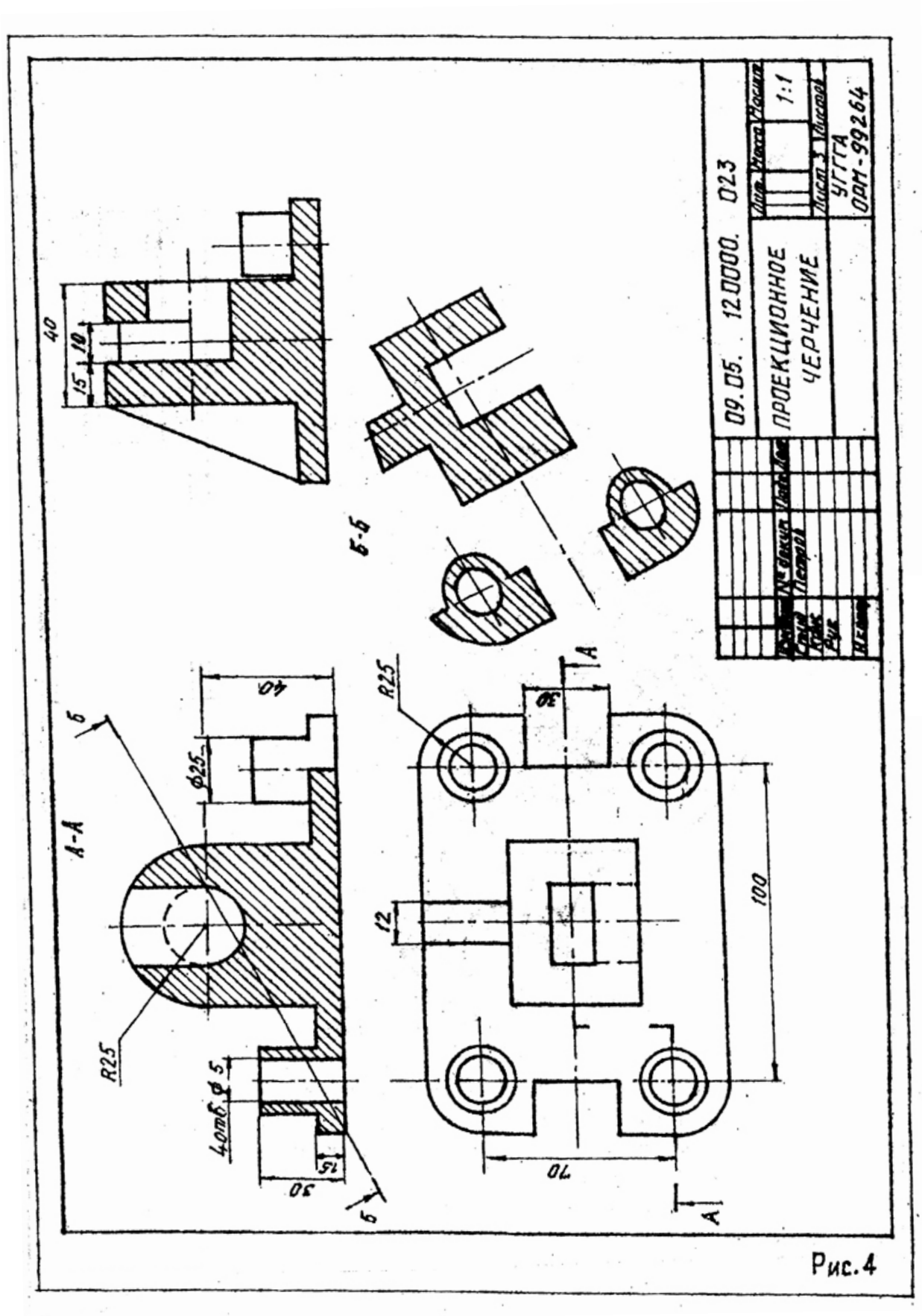

09.05. 120000. 023
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГГГА
ОРМ-99264
А-А
Б-Б
R25
Ф25
40
30
15
10
12
100
70
4отв. Ф5
Рис.4

Рис. 4

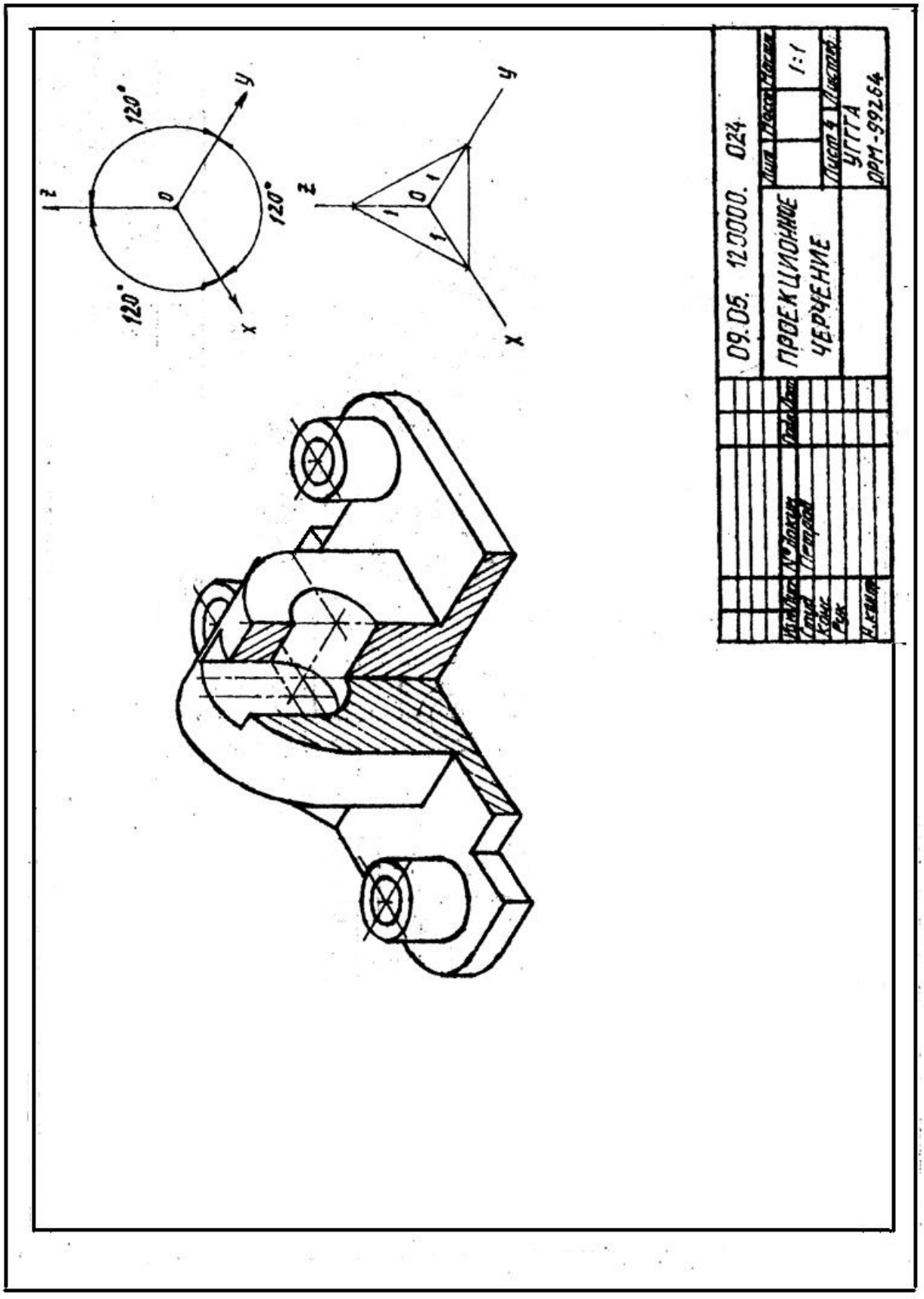

z
y
x
120°
120°
120°
0
1
1
1
09.05. 123000. 024
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГТГА
ОРМ-99264

Рис. 5

*Тема* 4. *Построение линии «среза»*

Задание по теме 4. Построить три изображения детали, которая имеет сложную форму поверхности вращения, срезанную двумя параллельными плоскостями. Линия пересечения поверхности вращения секущей плоскостью и является предметом решения поставленной задачи (см. пример выполнения задания, рис. 6). Индивидуальные задания. по вариантам даются в приложении 7. Работа выполняется на листе формата А3 карандашом.

Порядок выполнения:

1. На формате А3построить три проекциизаданного геометрического тела в тонких линиях, обозначить секущие плоскости.

2. Поверхности (наружную и внутреннюю) геометрического тела наглавном виде разграничить тонкими, сплошными линиями на элементарные геометрические поверхности (см. пример выполнения).

Окружность R 25, вращаясь вокруг оси вращения тела, образует поверхность тора шириной 18 *мм.* Следующая поверхность - цилиндр спрямой образующей, параллельной оси вращения детали. Длина образующей определяется построением и зависит от положения центра сферы (размер 30) на оси. Сфера R65 плавно сопряжена с предыдущим цилиндром, правая граница сферы R65 определяется точкой сопряжения образующихокружностей R65 и R20, последняя, вращаясь вокруг оси детали, образует поверхность тора, которая плавно переходит в поверхность цилиндра с образующей - касателъной в нижней точке окружности R20.

Наружная поверхность заканчивается поверхностью конуса длиной 30 мм и диаметром 40 мм меньшего основания: Аналогично проанализировать внутреннюю поверхность детали.

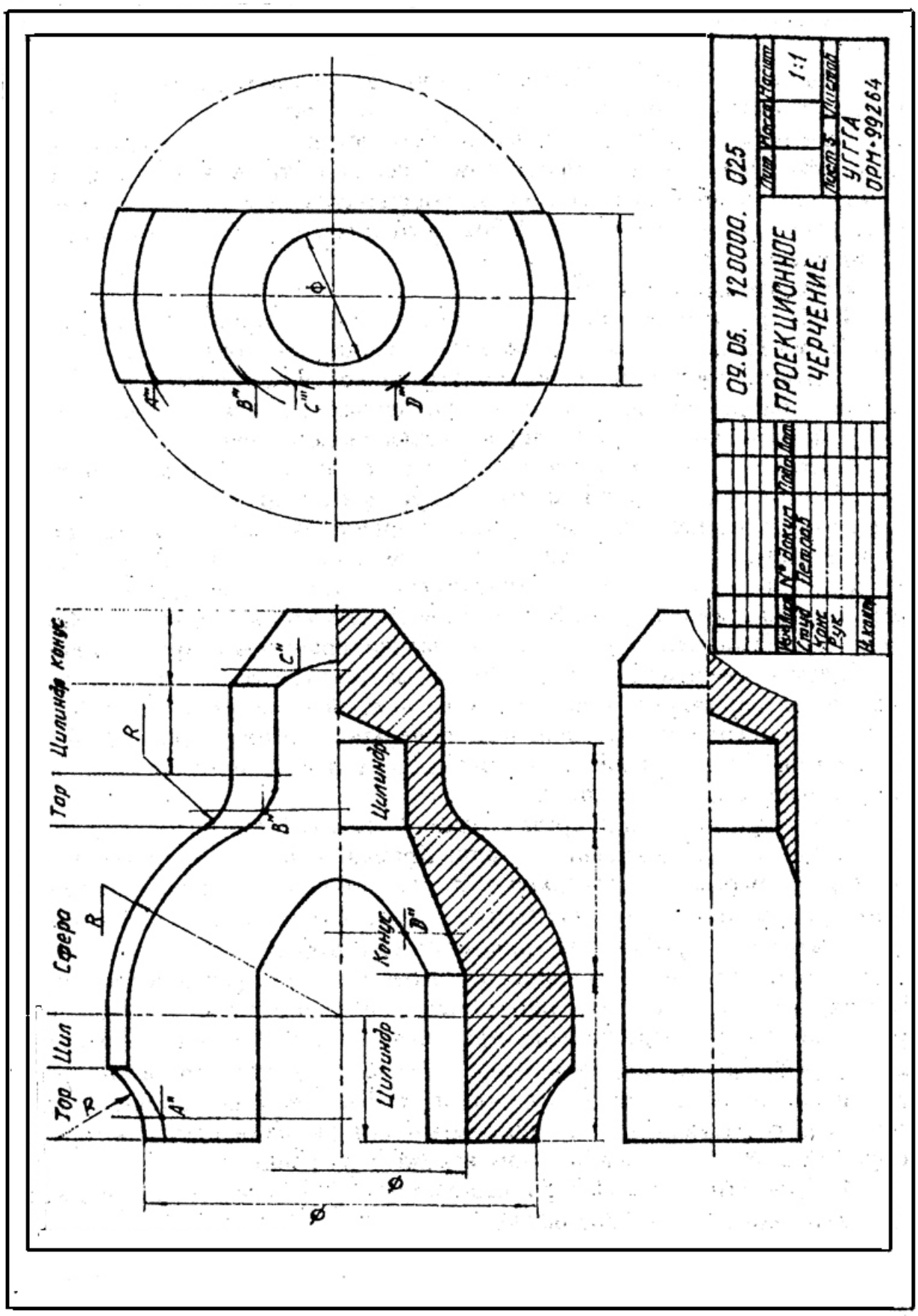

09.05. 120000. 025
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГГГА
ОРМ-99264
Тор
Цил
Сфера
Тор
Цилиндр
Конус
Цилиндр
Конус
Цилиндр
R
A"
B"
C"
D"
Ф

Рис. 6

3. Построение линии среза. Деталь "срезана'" плоскостями ***Q***и***T***, параллельными оси вращения детали. Кривая линия,по которой плоскости ***Q***и***T*** пересекают поверхность тора, строится как множество точек ***A*** (на примере построена одна точка). Точка ***A*** определяется спомощью вспомогательной профильной плоскости ***Z,*** которая пересекает поверхность тора по окружности радиуса $R_1$, пересечение профильной проекцииэтой окружности со следами плоскостей ***Q*** и ***T*** определяет профильную проекцию точки ***A,*** фронтальная проекция которой отмечается на следе плоскости ***E***. Три, четыре такие точки обеспечат удовлетворительное построение искомой кривой линии, цилиндр пересекается плоскостями ***Q*** и ***T*** по прямой образующей, сфера – по окружности, линия пересечения тора и конуса строится поточкам методом, изложенным выше.

4. Провести выносные и размерные линии, нанести размерные числа в соответствии с ГОСТ 2.307-68 [4].

5. Контуры детали обвести сплошной основной линией, штриховку выполнить тонкой сплошной линией под углом 45° к горизонту. Надписи на чертеже и в основной надписи выполнить чертежным шрифтом.

*Тема* 5. *Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей*

Задание по теме 5. Строятся три изображения заданной детали по размерам на формате А3 карандашом, выполняются необходимые разрезы, вскрывающие внутреннее строение детали, и строятся линии пересечения формообразующих поверхностей. Варианты задания с исходнымиданными - на рис. 19 (см. приложение 8). Пример выполнения- на рис. 7.

Порядок выполнения:

1. В тонких линиях на формате А3 по заданным размерам построить три изображения детали, вскрыть с помощью разрезов внутреннее строение детали.

2. Определить вид и форму пересекающихся, формообразующих поверхностей и выбрать метод решения задачи. Из курса начертательной геометрии (часть 1) известно, что линия пересечения двух кривых поверхностей строится с помощью вспомогательных секущих поверхностей-посредников. В качестве таких поверхностей можно использовать плоскости, сферические концентрические или эксцентрические поверхности.

3. Построение линии перехода или линии пересечения поверхностей осуществляется по единому алгоритму, изложенному в первой части настоящей работы в теме 3.

4. После построения линий перехода чертеж оформляется по порядку, изложенному в предыдущих темах, то есть выполняется штриховка на разрезах, обводятся видимые контуры детали, проставляются размеры,выполняются необходимые надписи на чертеже, строится рамка чертежа иоформляется основная надпись.

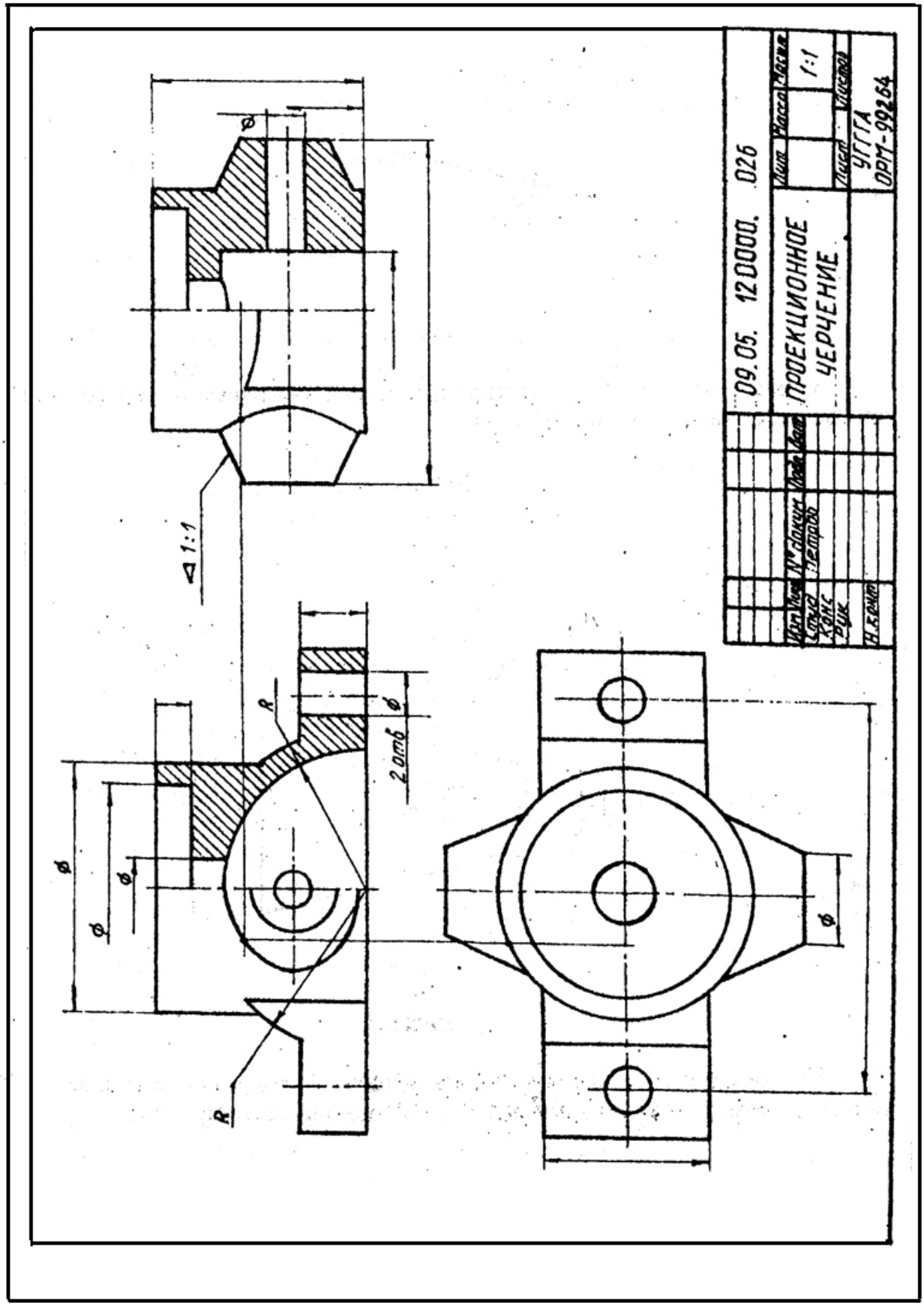

09.05. 120000. 026
ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ
1:1
УГГГА
ОРМ-99264
1:1
2 отв
R
R

Рис. 7

Дополнительные сведения. При построении машиностроительных чертежей часто приходится строить уклоны, конусности, фаски [2, 3, 5]. Уклон прямой линии (рис. 8), или уклон плоскости, - это характеристика. пространственного положения прямой или плоскости, другими словами, это положение прямой или плоскости относительно другой прямой или плоскости , как правило, горизонтальных или вертикальных. Уклон - это отношение, выражающееся формулой

$$tg\ \alpha = BC/AC = 1{:}4.$$

В численном выражении уклон в числителе имеет единицу, знаменатель, как правило, - целое число. В машиностроении уклоны нормализованы. Это значит, что в справочниках по машиностроению и конструированию можно найти рекомендуемые значения уклонов.

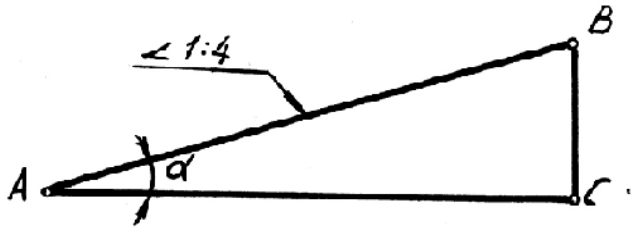



Рис 8

Конусность (рис. 9) – это характеристика конической поверхности, определяется также в виде отношения

$$2tg\ \alpha = (D-d)/L$$

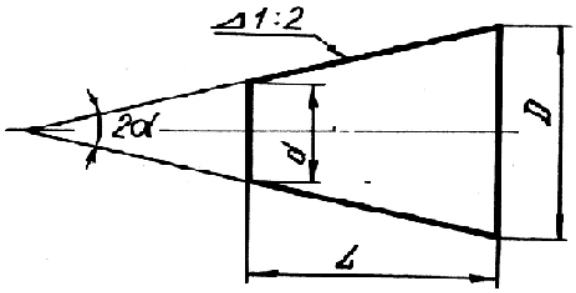



Рис 9

Рекомендуемые к использованию величины конусностей так же, как клоны, нормализованы и содержатся в справочной литературе.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №5

В контрольную работу № 5 входят следующие темы:

Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение ]крепежныхдеталей.

Тема 7. Составление эскизов деталей машин.

Тема 8. выполнение чертежа общего вида машиностроительногоизделия.

Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия.

*Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей*

Очень важным моментом для построения графических документов является правильное и грамотное, основанное на существующих стандартах изображение соединений деталей.

Машины и механизмы состоят из деталей. определенным образом соединенных и взаимодействующих между собой. Для изображения характера соединений и взаимодействий в машиностроительном черчениизучается раздел«Условности изображения соединений деталей машин иэлементов соединений». Эти сведения содержатся в сборнике ЕСКД [4] вГОСТ 2.311-68 - ГОСТ 2.315-68. и в любой учебной литературе по машиностроительному черчению [2, 3, 5].

Соединения деталей между собой могут быть разъемными и неразъемными. К неразъемным соединениям относятся: сварка, клепаные соединения, пайка, склеивание и сшивание деталей различными крепящими деталями (скобы, гвозди, нити и т.д.). Специальной графической работы потеме неразъемных соединений в контрольной работе не предусматривается, но эту тему студент должен изучить по литературе. Знание этой темы потребуется при

выполнении темы 9 «Чтение и деталировка чертежа общего вида», в которой могут встречаться неразъемные соединения.

*Изображение резьб и резьбовых соединении*

Резьбовые соединения деталей - этонаиболее обширный класс разъемных соединений. Элементом соединения является резьба, которая образуется перемещением плоской фигуры (профиля резьбы). по винтовойтраектории по цилиндрической или конической поверхности. Ось направляющей поверхности одновременно является осью резьбы. Перемещение профиля по винтовой линии на угол 360° определяет виток, перемещение профиля резьбы при этом параллельнооси резьбы называетсяходомрсзьбы. Резьба, образованная движением по винтовой линиипрофиля А, образует однозаходную резьбу, профиль Б даст двухзаходнуюрезьбу, профиль В ~ трехзаходную и т. д. (рис. 10).

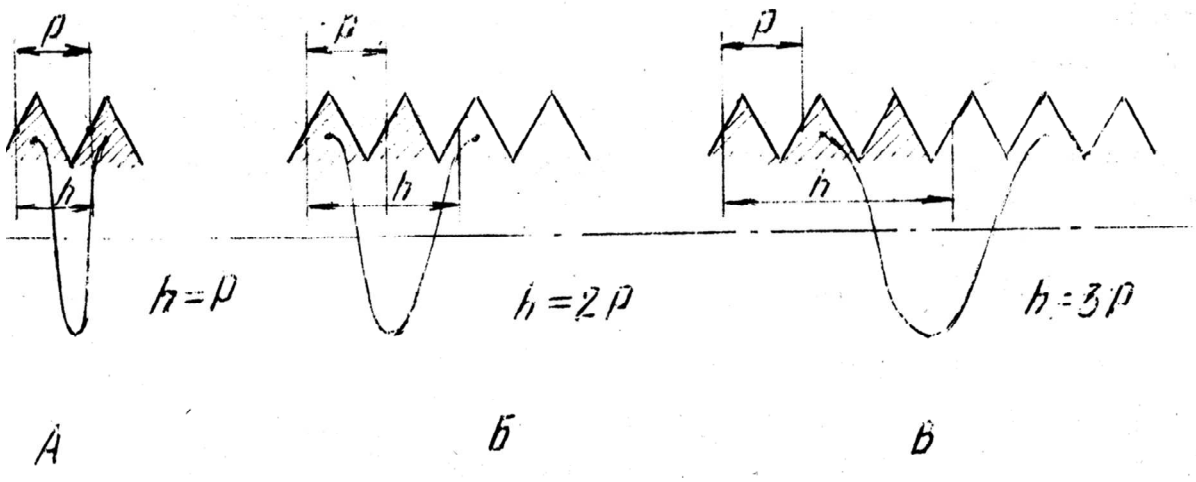



Рис. 10.

Шаг резьбыобозначаетсяР и определяется расстоянием между точками одноименных боковыхсторон профиля по направлению оси резьбы. Соотношения между ходом и шагом резьбы приведены на рис. 10. Резьбаможет быть правой или левой, у левой резьбы вращение против часовой стрелки и в обозначении ставятся латинские буквы LH (ГОСТ 8724-81 «Резьба метрическая, диаметры и шаги»). Длинарезьбы включает сбег резьбы и фаску. Сбег - резьба неполного профиля, получающаяся при выходе режущего

инструмента, на чертежах, как правило, указывают длину резьбы только полного профиля.

Резьбы стандартные и нестандартные чертеже изображаются одинаково. На стержне наружная резьба изображаетсятонкой сплошнойлинией по внутреннему диаметру, наружный диаметр проводится сплошной основной линией. В отверстии резьба по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией, а по внутреннему - сплошной основной. На виде по направлению оси резьбы настержне резьба изображается по внутреннему диаметру разомкнутой сплошной тонкой линией, в отверстии - тонкой сплошной разомкнутой линией проводится наружный диаметр резьбы. Граница резьбы полного профиля проводится сплошнойосновной линией. Расстояниемежду сплошной основной и тонкой линиями на изображении резьбы должно быть не менее 0,8 мм и не более шагарезьбы.

Изображение резьбовых соединений на чертеже имеет принципиальное значение и выполняется по следующему правилу:

- деталь, :которая ввертывается (деталь системы болт), изображается в системе полностью без каких-либо искажений, и на ней изображаетсярезьба;

- деталь, в которую ввертывается (деталь системы гайка), изображается неполностью, а только части ее, видные за пределами детали системы болта.

*Обозначение резьб*

Каждый тип резьбы имеет условное буквенное обозначение: М - метрическая, Tr - 'трапецеидальная, G - трубная цилиндрическая, R - трубная коническая, К - коническая, S - упорная и т. д. В обозначении резьбы, кроме трубной и конической, входит номинальный наружный диаметр (наружный диаметр резьбы на стержне), шаг резьбы, число заходов резьбы, поле допуска и т.д.

М- *метрическая резьба, примеры обозначений*'

М 24 - метрическая резьба с крупным шагом (ГОСТ 9150-81).

М 16×1,5 - метрическая резьба с мелким шагом.

М 30×4,5 (Р 1,5) - метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм,ходом 4,5 мм и шагом 1,5 мм.

М 30×4,5 (Р 1,5) LH –тоже для левой резьбы.

Tr-*трапецеидальная резьба*

В технической документации можно встретить старое обозначение трапецеидальной резьбы, поэтому есть смысл привести пример: Трап 16×2 ГОСТ 9484-71. В современной документации нужно пользоваться следующим обозначением трапецеидальной резьбы:

Tr 16×2, Tr 80×30 (P15).

S-*упорная резьба*.

Старое обозначение упорной резьбы: Уп24 ×10 ГОСТ 10177 -62, новое обозначение упорной резьбы: S 24×10.

*Трубная цилиндрическая и коническая резьба* обозначается условно размером в дюймах (1″=25,4 мм), равным диаметру условного прохода трубы $D_y$ . Шаг резьбы в обозначение не ставится. Старое обозначение: Труб $1^1/_2$″ кл. В. Новое обозначение:

G $1^1/_2$- В ~ трубная цилиндрическая резьба;

R $1^1/_2$ -В - трубная коническая резьба на трубе (наружная);

Rc $1^1/_2$″ -В - трубная коническая резьба на фитинге (внутренняя);

В(А) - класс точности изготовления трубной резьбы.

Задание по теме 6.

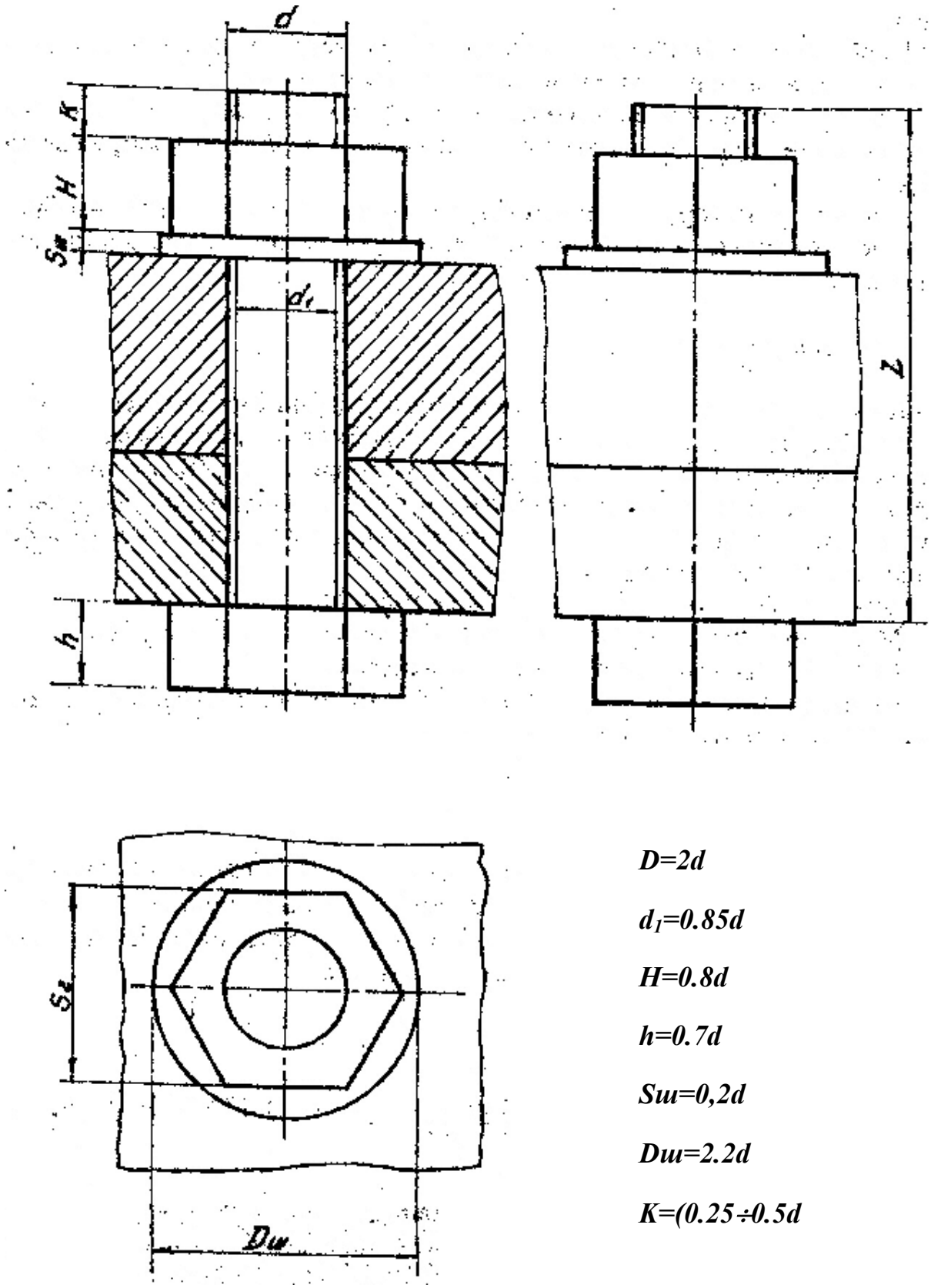
Вычертить~ на листе формата А3:

1) болт, гайку, шайбу, шплинт, если болт имеет отверстие под шплинт по действительным размерам, которые нужно взять из стандартов в таблице задания по теме;

2) упрощенное изображение болтового соединения (пример и расчетные формулы на рис. 11);

3) гнездо под резьбу, гнездо с резьбой, отдельно шпильку и соединение двух деталей шпилькой по их действительным размерам из стандартов в таблице задания.

Варианты заданий даны в таблицах приложения 9.




***D=2d***

***$d_1$=0.85d***

***H=0.8d***

***h=0.7d***

***Sш=0,2d***

***Dш=2.2d***

***K=(0.25÷0.5d***

Рис. 11

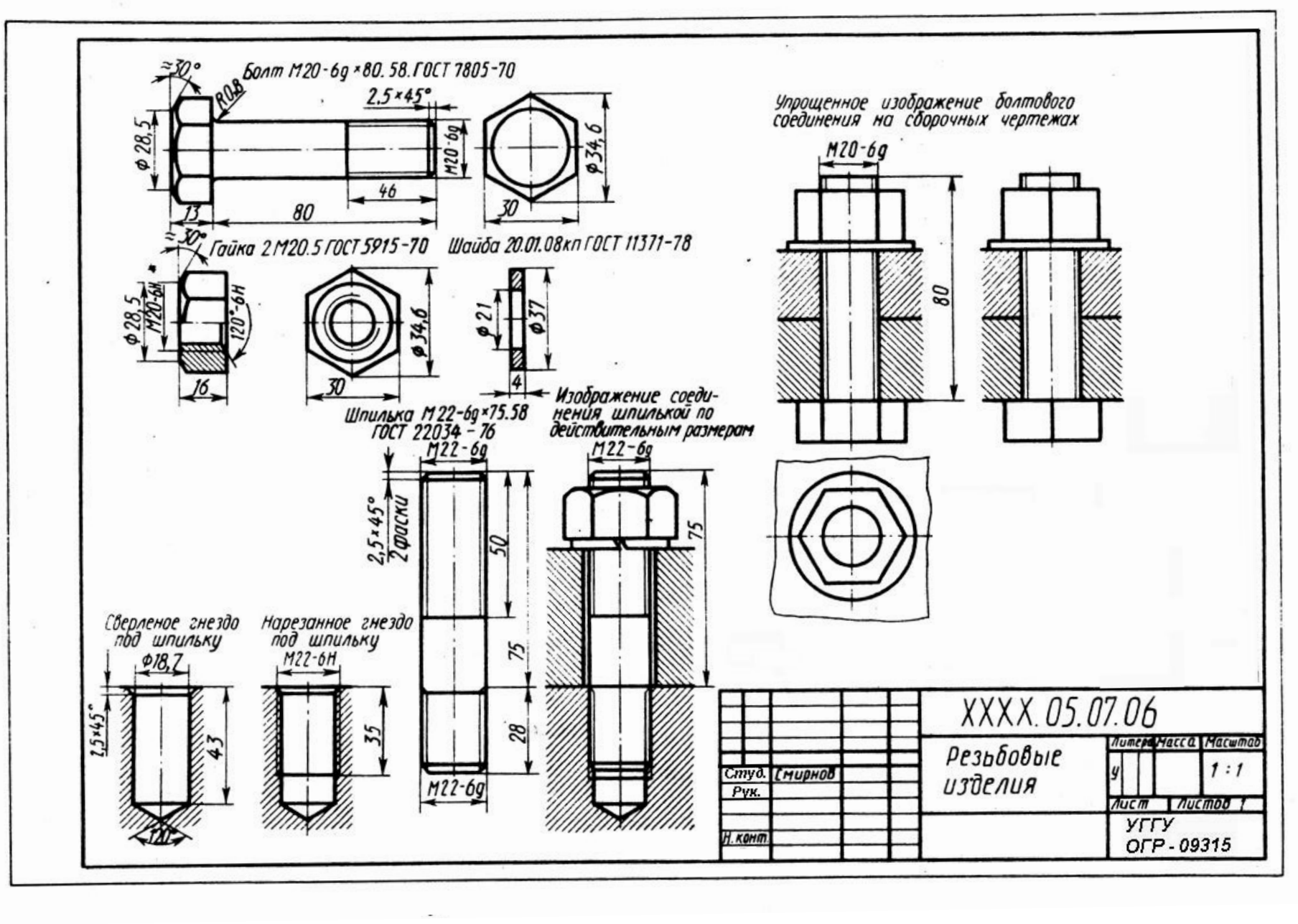

Болт М20-6g×80.58.ГОСТ 7805-70
Гайка 2М20.5 ГОСТ 5915-70
Шайба 20.01.08кп ГОСТ 11371-78
Шпилька М22-6g×75.58 ГОСТ 22034-76
Упрощенное изображение болтового соединения на сборочных чертежах
Изображение соединения шпилькой по действительным размерам
Сверленое гнездо под шпильку
Нарезанное гнездо под шпильку
XXXX.05.07.06
Резьбовые изделия
Студ. Смирнов
Рук.
Н.конт.
Литера
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
УГГУ
ОГР-09315

Рис. 12

Чертежи выполняются карандашом на листе формата А3. Надписи,обозначения и размеры по примеру выполнения задания рис. 12.

Примечания:

1) при наличии у болта отверстия под шплинт размеры шплинтаподбирают по ГОСТ 397-79;

2).если в графеисполнения стоит прочерк, то это означает, что изделие изготавливается в единственном исполнении;

3) если в шпилечном соединении прорезная или корончатая гайка, то при вычерчивании конец шпильки должен выступать над гайкой не более чем на 3-5 мм, шплинт по ГОСТ 397-79;

4) диаметр отверстия под резьбу взять равным приблизительно0,85d (d - наружный диаметр шпильки).

*Тема* 7. *Составление эскизов деталей машин*

Тема эскизирования деталей машин для инженеров имеет очень большое значение. Эскиз - это графический документ - чертеж временного характера, выполненный от руки. С примерным соблюдением пропорций элементов детали. Эскиз оформляется как рабочий чертеж, то есть эскиз может использоваться для изготовления детали в условиях производственных мастерских. Таким образом, инженер, работающий на эксплуатации машин и механизмов, должен обладать безукоризненной техникой эскизирования, чтобы в процессе работы  в случае поломки какой-либодетали он мог оперативно изготовить эскиз этой детали и организовать ееизготовление. Инженер, работающий в проектной иликонструкторскойорганизации, весь процесс конструирования ведет в эскизной форме, итолько на конечном этапе делается чертеж проектируемого изделия.

Порядок составления эскиза детали:

1) изучается деталь, эскиз которой нужно построитъ; выявляются геометрические формообразующие поверхности, их взаимное расположение, характер линий перехода поверхностей, линий среза (тема 4 и 5,КР №);

2) обоснованно выбирается главный вид детали и остальные необходимые виды, решается вопрос выполнения разрезов и сечений для выявления внутреннегостроения детали;

3) в зависимости от предполагаемого количества изображений выбирается формат для эскиза, рамка чертежа и контур основной надписипроводятся от рукн (заполнение основной надписи проводится на конечном этапе после оформления чертежа);

4) рабочее поле чертежа делится на пропорциональные зоны выбранных изображений, для этого нужновыявить примерные соотношениягабаритов детали - длины, высоты, ширины (рис. 13);

5) если деталь обладает осями и плоскостями симметрии, на чертеже нужно нанести оси тонкими urrрихпунктирными линиями (см. рис.13);

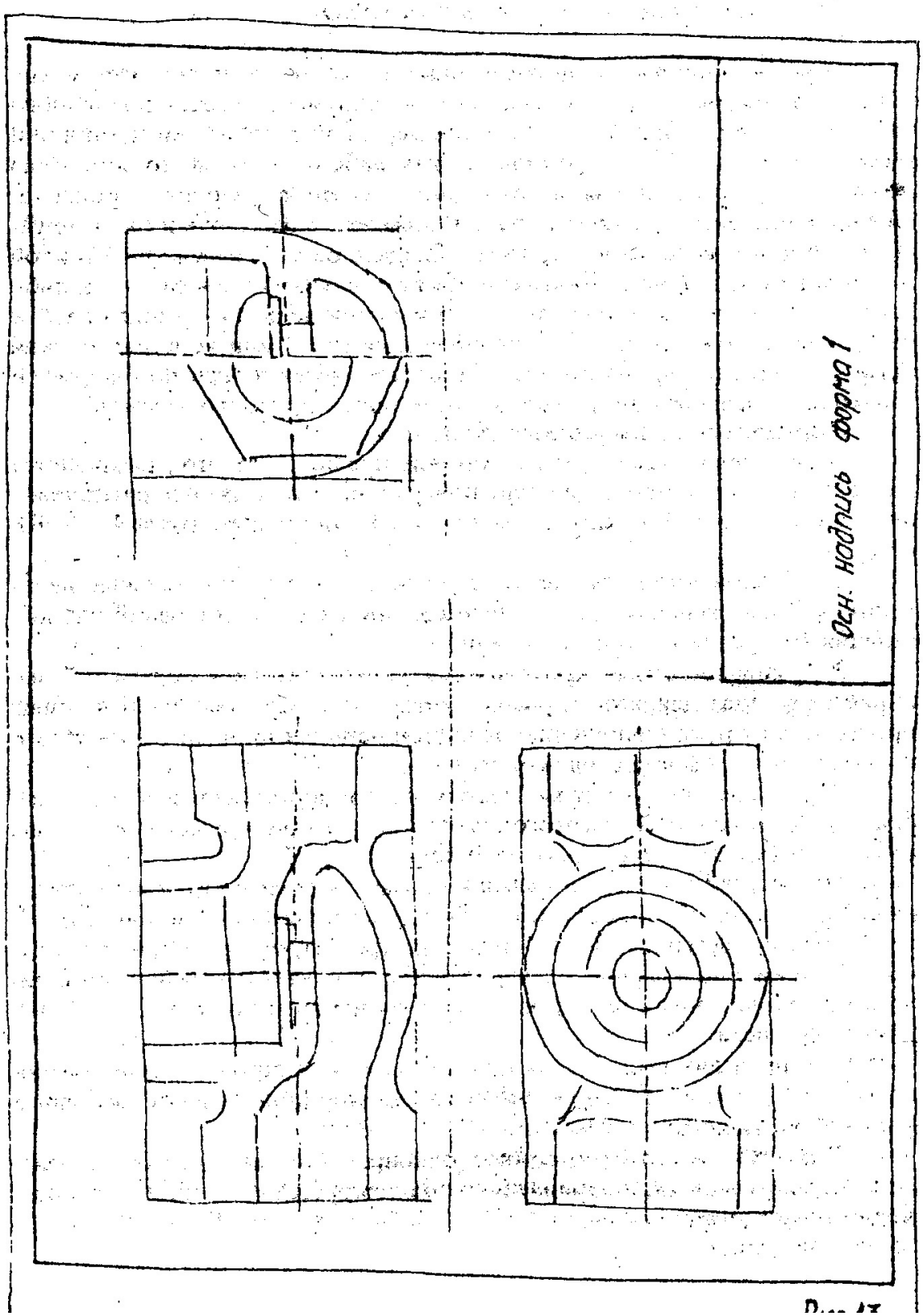



Рис. 13

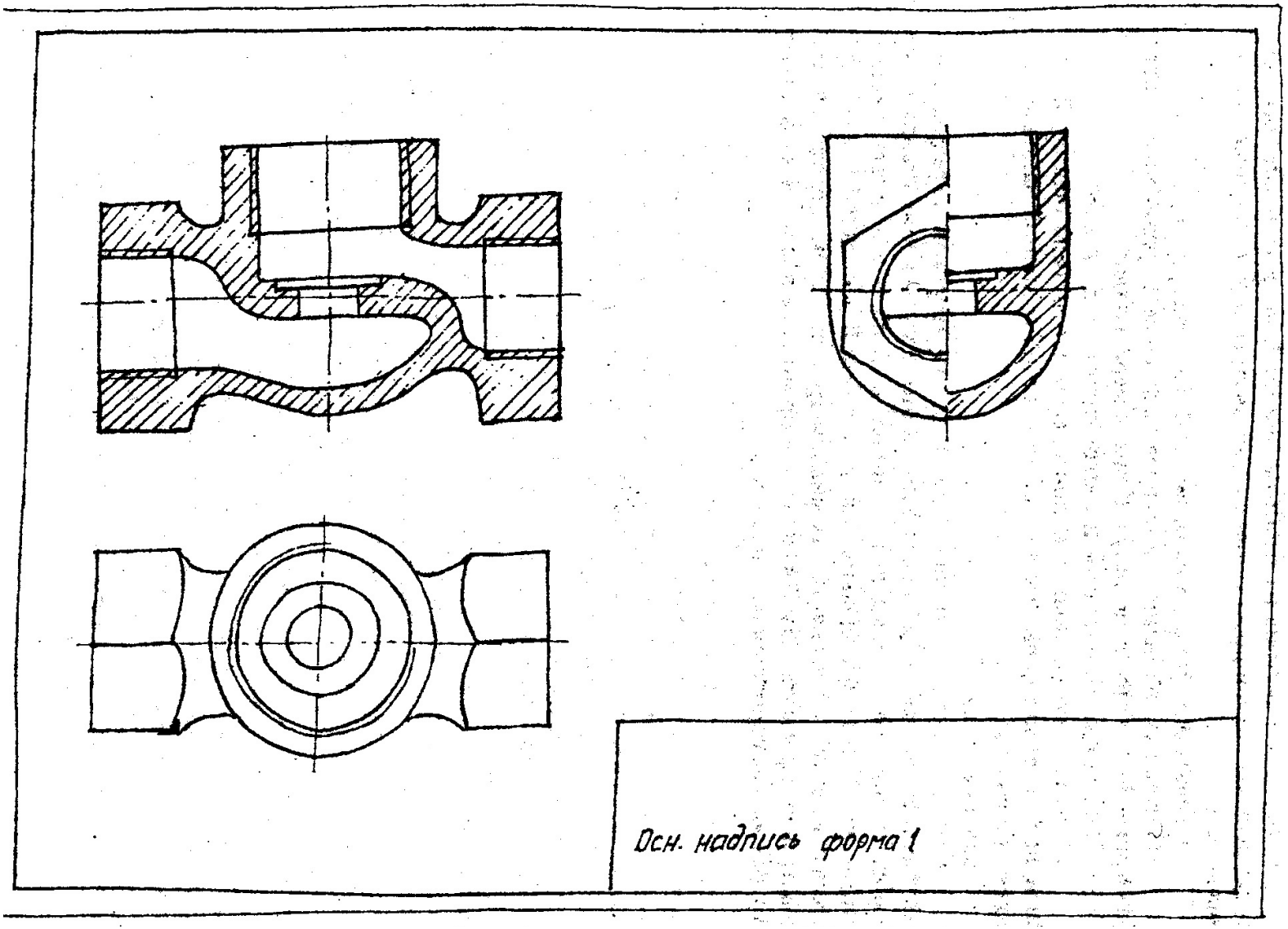



Рис. 14

6) на проведенных плоскостях симметрии строятся габаритные прямоугольники видов главного, сверху, слева, так, чтобы между ними осталось достаточно места для простановки размеров и возможных необходимых надписей;

7) в пределах габаритных прямоугольниковстроятся элементы поверхностей детали, с использованием пропорциональности основныхформообразующих поверхностей;

8) разрезы желательно строить одновременно; все построения делаются в тонких линиях, и параллельно анализируется пропорциональность элементов детали;

9) обводка контуров на изображении производится после того, какбудут решены все вопросы с элементами внутреннего и внешнего строения детали;

10) Делается штриховка на разрезах и сечениях (рис. 14);

11) тонкими линиями проводятся выносные и размерные линии,размерные числа берутся по результатам обмера детали;

12) наносятся обозначения шероховатости поверхностей;

13) заполняется основная надпись, если нет штампа основной надписи, допускается в студенческих. работах линии основной надписи проводить по линейке.

Задание по теме 7.

Студент находит сам или берет в препараторской кафедры узел-вентиль и составляет эскизы всех деталей этого узла, кроме стандартных(гайки, шайбы). В. уче6ных целях считаем вентиль и его детали нестандартными. Эскизы выполняются на листах белой чертежной бумаги, допускается делать эскизы на листах миллиметровки. Рекомендуется использовать листы формата А3 и А4, можно оформить два листа А4 на форматеА3. Все эскизы сброшюровать в альбом.

*Тема* 8. *Выполнение чертежа общего вида машиностроительногоизделия*

Чертеж общего вида довольно часто называют сборочным чертежом - это не совсем верно, поскольку сборочный чертеж отображает процесс и порядок сборки узла, и на нем нет необходимости давать полное изображение каждой составляющей детали, что требуется при выполнении чертежа общего вида.

Главный вид на чертеже общего вида, как правило, определяется главным видом корпусной детали. Корпусная деталь также определяет и количество основных видов.

На чертеже общего вида выполняются разрезы, целькоторых нетолькопоказать внутреннеестроение детали, но и характер соединения и взаимодействия деталей, составляющих данную сборочную единицу, а также назначение и принцип действия механизма. Количество изображений на чертеже общего вида должна быть минимальным, но достаточнымдля того, чтобы прочитать каждую деталь, составляющую изображаемыйузел.

На разрезах и сечениях нужно нанести штриховку на деталях; при этом одна и та же деталь на различных разрезах и сечениях должна быть заштрихована строгов одну сторону и одним шагом штриховки. Сопряженные на разрезе детали желательно штриховать в разные стороны, еслиэто невозможно, то сопряженные детали нужноштриховатъ различнымшагом, то есть расстояниямежду линиями штриховкиразличны.

На чертеже общего вида нужна поставить следующие размеры:

1) габаритные; 2) присоединительные - размеры между осями элементов крепления узла; 3) размеры, проверяемые при сборке, диаметрывалов, расстояния между крепежными элементами сборки и т.д.; 4) обозначить все резьбы и резьбовые соединения, кроме стандартных изделий, указываемых в спецификации; 5) размеры и необходимые обозначения элементов, которые обрабатываются. В процессе сборки, например, совместноезасверливание для

стопорения деталей и прочее; 6) размеры, определяющие ход подвижных частей сборки.

Следующим этапом оформления чертежа общего вида является простановка позиций на чертеже. На детали ставится точка, из нее проводитсявыносная линия, чтобы она не была параллельна линиям чертежа штриховки. Выносная линия заканчивается полкой. Выносная линия иполка проводятся тонкой сплошной линией, над полкой проставляетсяпозиция детали арабской цифрой шрифтом 5. Полка располагается на чертеже строго по горизонтальным и повертикальным направлениям, порядок цифр позиций на чертеже может быть произвольным.

Спецификация-текстовый документ, выполняется на листах чертежной бумаги формата А4.; форма, размеры и порядок заполнения спецификации даны в приложении 2.

Задание по теме 8.

Выполнить на листе чертежной бумаги формата А1 или А2 чертежобщего вида изделия, детали :которого выполнялись в предыдущей теме.

Чертеж желательновыполнить в увеличенном масштабе по размерам, поставленным на эскизах в теме 7.

*Тема* 9. *Чтение и деталировка чертежа общего вида*

Изучение инженером курса машиностроительного черчения заканчивается изучением методов и приемов чтения чертежа общего вида и вычерчиванием рабочих деталей, составляющих механизм, изображенныйна чертеже.

Чтение чертежа общего вида начинается со знакомства с основной надписью чертежа, краткого описания изображенного механизма, чтения спецификации и одновременного изучения детали на чертеже. Прочитать деталь на чертеже общего вида - это значит найти изображения этой детали на всех видах, разрезах и сечениях. Поиск ведется с помощью проекционной связи, установленной между изображениями, и штриховки, присущей только этой детали. Когда деталь на чертеже определена, нужносделать геометрический анализ формообразующих поверхностей, то есть выявить, из каких геометрических форм образуется поверхность и полости детали, как они сопрягаются между собой. После такого анализаможно приступитьк выбору главного и других необходимых видов дляданной детали, определить разрезы и сечения длявскрытия внутреннего строения детали. учесть все условности и упрощения изображения элементов детали на чертеже, выбрать масштаб изображения и соответствующийформат, на котором будет строиться рабочий чертеж.

Требования к построению рабочего чертежа аналогичны требованиям построения эскиза детали, только чертеж строится с помощью чертежного инструмента.

Задание по теме 9.

Дляпрактического усвоения этой темы студенту выдается чертежобщего вида, на котором указываются детали для выполнения рабочих чертежей. Студент самостоятельно решает вопросы выбора масштаба изображения и величины формата чертежа, выбора главного вида и других необходимых видов, разрезов и сечений, рациональнойпростановкиразмеров (в работе нужно проставить только номинальные размеры). При сдаче преподавателю :этой темы студент обязан кратко и ясно рассказать строение механизма, порядок сборки деталей, их соединение и взаимодействия, изложить функциональное назначение (работа) узла илисборочной единицы на чертеже общего вида, мотивировать выбор главного вида деталей на рабочих чертежах, необходимость и достаточность других изображений.

*Тема 10. Курсовая работа*

Цикл обучения студентов графическим дисциплинам завершается выполнением курсовой работы. Тематика курсовых работ соответствует специальности студента.

Студенты механических специальностей (ГЭМ, ГМК, ГРМ, АСГ) выполняют вкачестве курсовойработычертеж общего вида по описанию механизма (машины), по альбомурабочих чертежей деталей и перечню стандартныхизделий. Заданиена курсовуюработу выдается преподавателем в период установочных лекций,консультации по выполнениюработы проводятся ведущим преподавателем. Работа завершается защитой:

Студентдолжен кратко и четко рассказать с демонстрацией на чертеже строение узла, взаимодействие деталей, порядок сборки,характер соединения, функциональноеназначениеипорядок работы.

Студенты горно-технических специальностей (ПРМ, МД,ШС, ОГР) изучают горно-графическую документацию (ГГД), сборник стандартов, регламентирующих требования к горным графическим документам. Ведущий преподаватель читает установочнуюлекцию по теме «Проекции с числовыми отметками» и выдает задание на курсовую работу, студент берет на кафедре методическое пособие по выполнению курсовой работы и выполняет работу на листе формата А1 с последующей защитой. Студенты специальности ОПИ выполняют курсовую работу по теме "Взаимноепересечение кривых поверхностей второго порядка" на примере конструирования аэро- и гидродинамического аппарата с развертками составляющих поверхностей. Работа выполняется на листе формата А1.

Литература

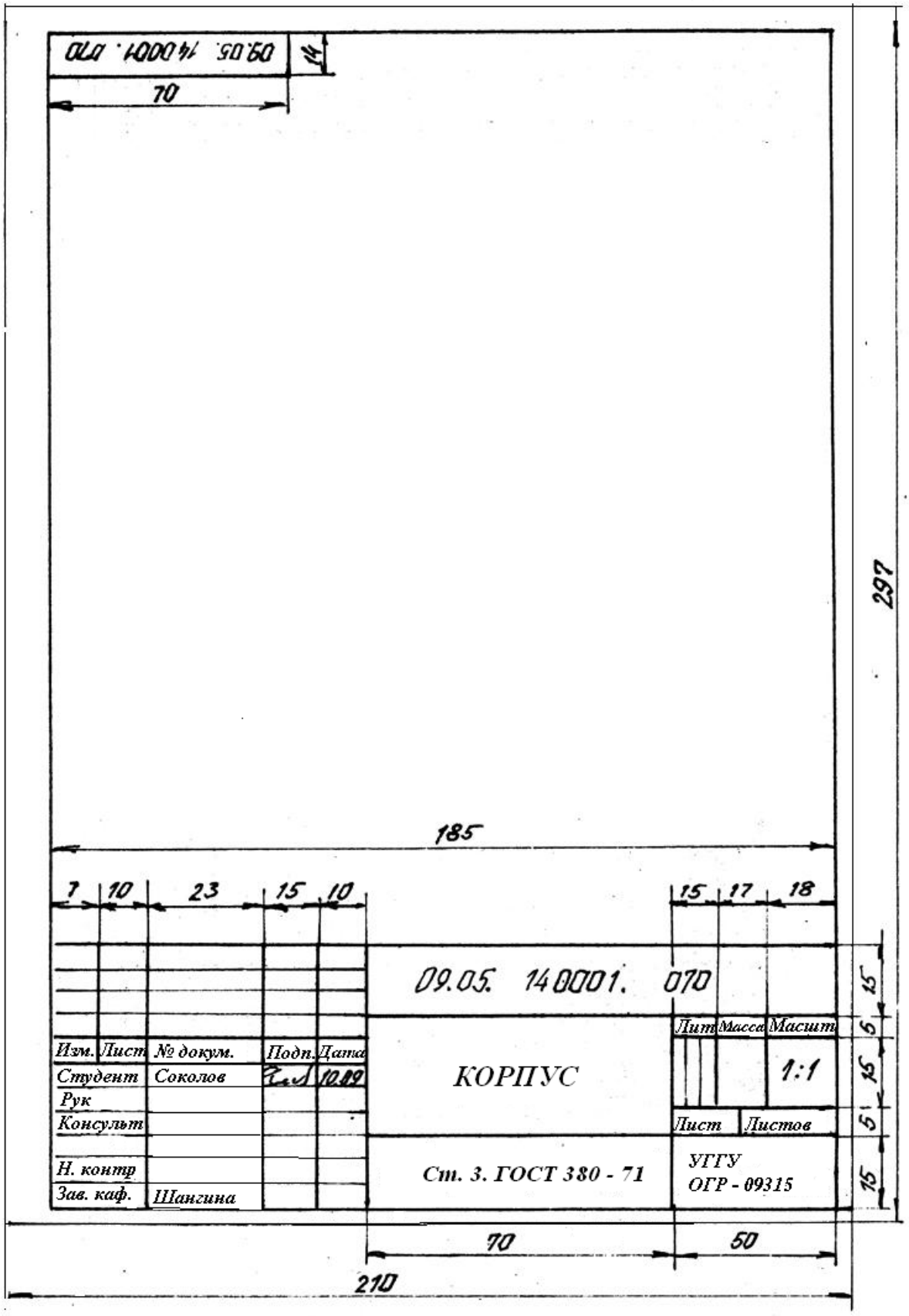
1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. - М.:Машиностроение,1980. -Т.1. – 128с.; Т.2. – 560с.; Т.3. – 560с. '

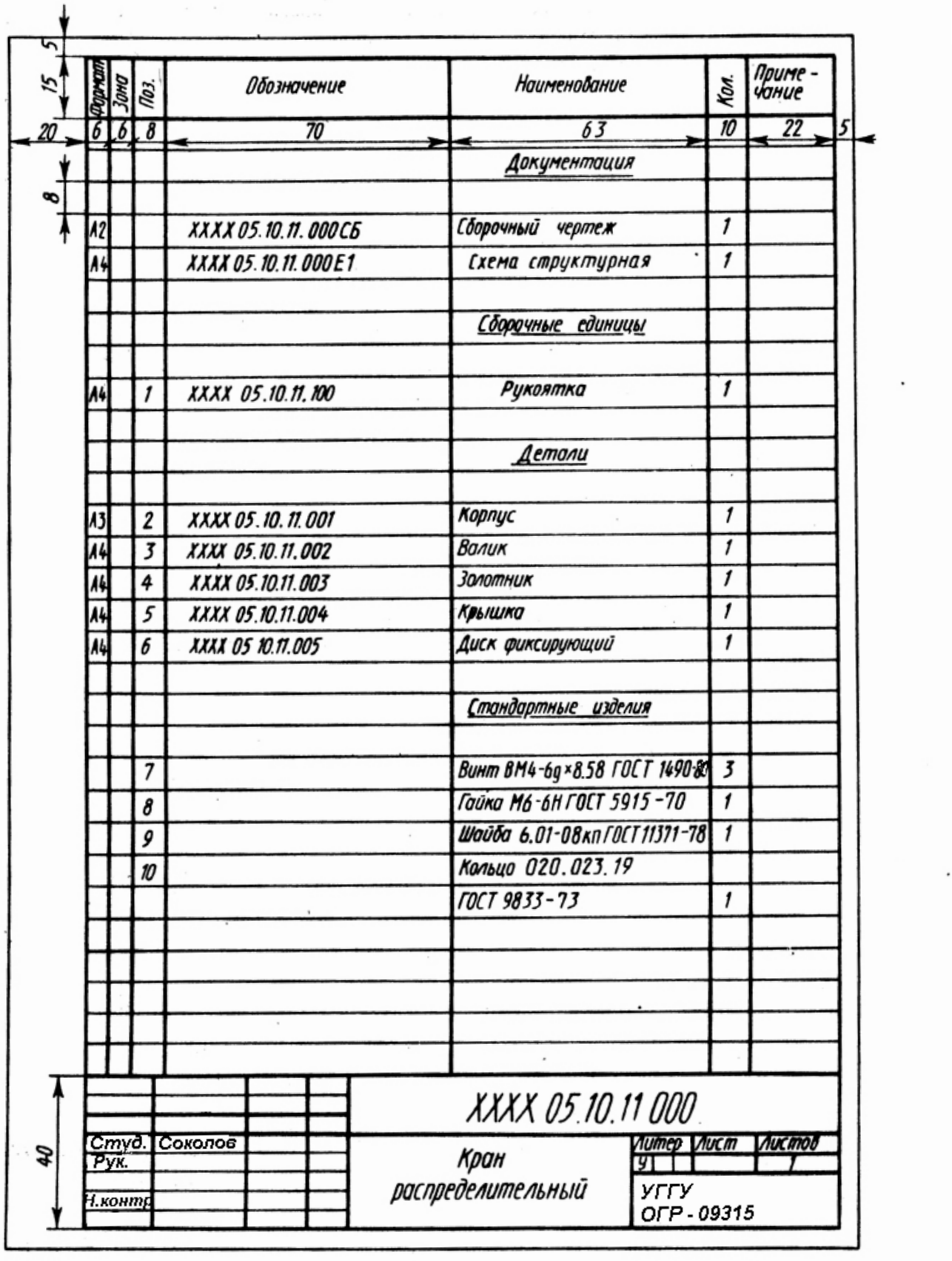
2. Богданов В.Н.,Малежик И.Ф. и др. Справочное руководство почерчению. - М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

3. Вяткин Г.П., Андреева А.Н. Машиностроительноечерчение. - М.:Машиностроение, 1985. -368с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ2.301-68 ...ГОСТ 2.321 - 84). М.:Издательство стандартов, 1988. ~ 240с.

5. Федоренко Б. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительномучерчению. - М.: Машиностроение, 1987. – 416с.


070 . 140001 . 09.05.
14
70
297
185
7
10
23
15
10
15
17
18
09.05. 140001. 070
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Студент Соколов 10.09
Рук
Консульт
Н. контр
Зав. каф. Шангина
КОРПУС
Лит Масса Масшт
1:1
Лист Листов
Ст. 3. ГОСТ 380 - 71
УГГУ
ОГР - 09315
15
5
15
5
15
70
50
210



| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Приме-чание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Документация | | |
| А2 | | | ХХХХ 05.10.11.000СБ | Сборочный чертеж | 1 | |
| А4 | | | ХХХХ 05.10.11.000Е1 | Схема структурная | 1 | |
| | | | | Сборочные единицы | | |
| А4 | | 1 | ХХХХ 05.10.11.100 | Рукоятка | 1 | |
| | | | | Детали | | |
| А3 | | 2 | ХХХХ 05.10.11.001 | Корпус | 1 | |
| А4 | | 3 | ХХХХ 05.10.11.002 | Валик | 1 | |
| А4 | | 4 | ХХХХ 05.10.11.003 | Золотник | 1 | |
| А4 | | 5 | ХХХХ 05.10.11.004 | Крышка | 1 | |
| А4 | | 6 | ХХХХ 05 10.11.005 | Диск фиксирующий | 1 | |
| | | | | Стандартные изделия | | |
| | | 7 | | Винт ВМ4-6g×8.58 ГОСТ 1490-80 | 3 | |
| | | 8 | | Гайка М6-6Н ГОСТ 5915-70 | 1 | |
| | | 9 | | Шайба 6.01-08кп ГОСТ 11371-78 | 1 | |
| | | 10 | | Кольцо 020.023.19 ГОСТ 9833-73 | 1 | |

ХХХХ 05.10.11 000

Студ. Соколов

Рук.

Н.контр.

Кран распределительный

Литер У | Лист | Листов 1

УГГУ ОГР-09315

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

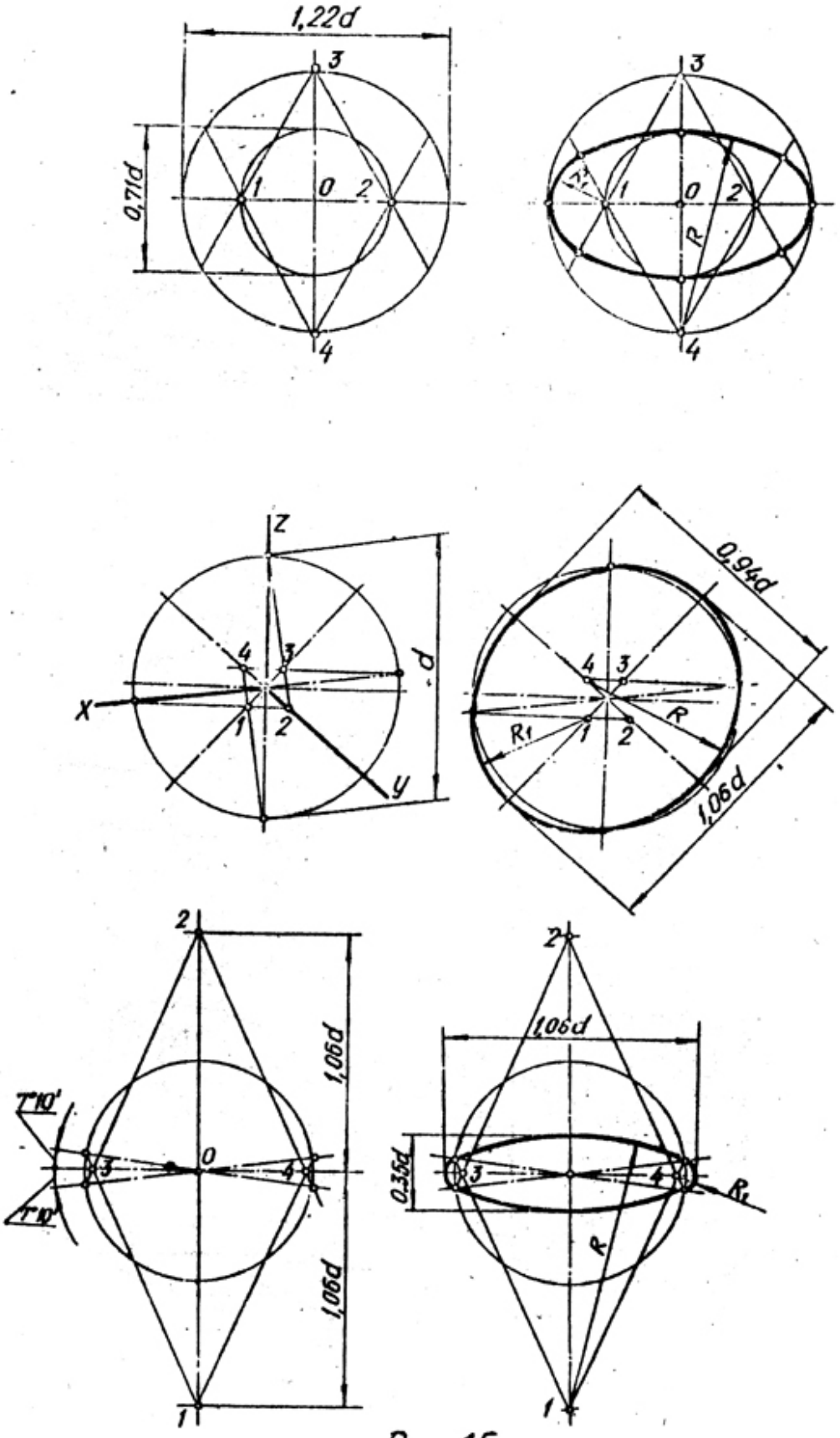



Рис. 15.

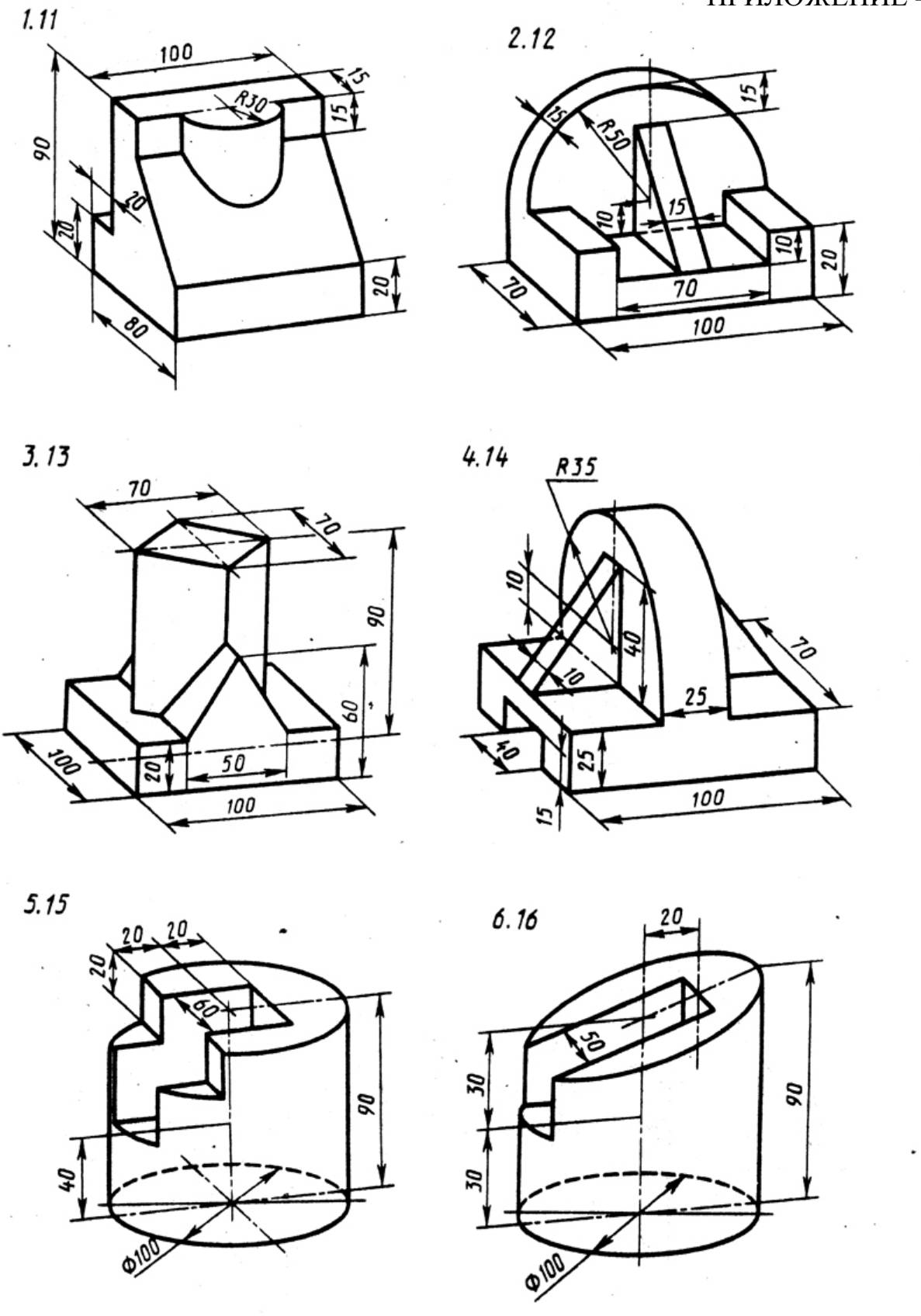

1.11
100
15
R30
15
90
20
20
20
80
2.12
15
15
R50
15
10
10
20
70
70
100
3.13
70
70
90
60
100
20
50
100
4.14
R35
10
40
10
70
25
40
25
15
100
5.15
20
20
20
60
90
40
Φ100
6.16
20
50
30
30
90
Φ100

Рис. 16

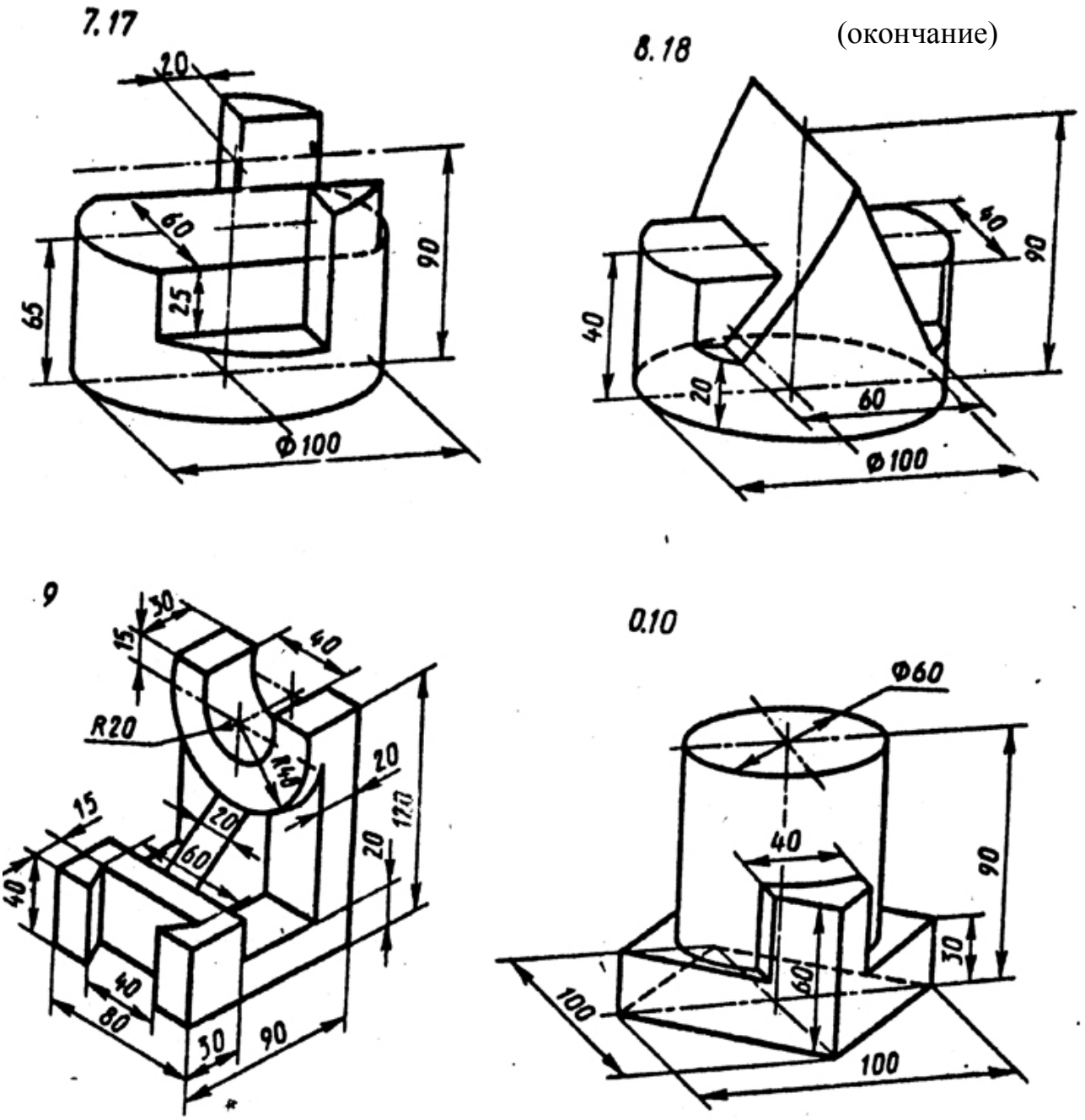



Рис. 16 (окончание)

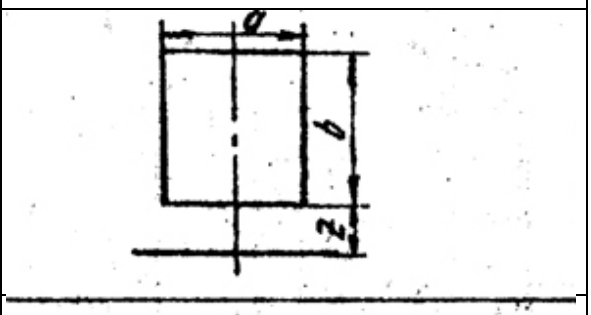
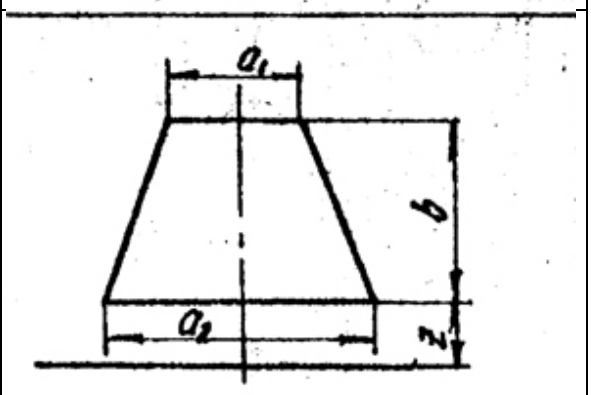
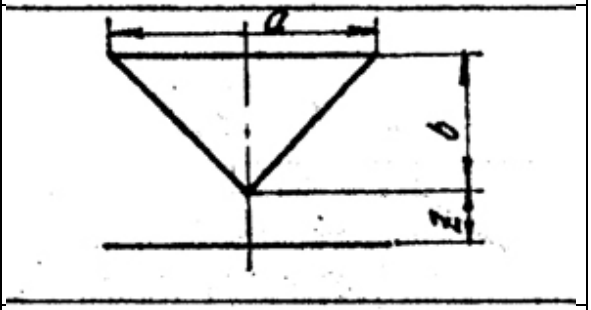
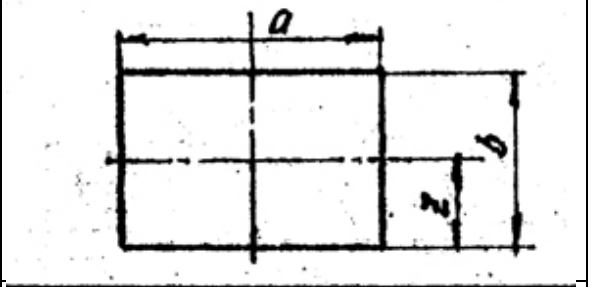
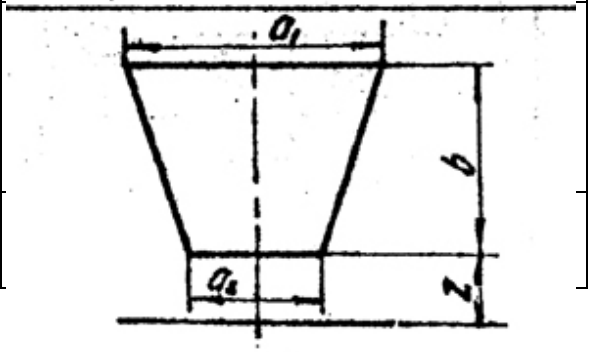
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1

| № варианта | Внешняя форма предмета | Цилиндрическое отверстие |
|---|---|---|
| 1.11 | Шестиугольная правильная призма. Диаметр окружности, описанной вокруг шестиугольника основания, равен 90 мм. Две вершины основания лежат на горизонтальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм. | Сквозное отверстие с вертикально расположенной осью, проходящей через центр шестиугольника. Диаметр отверстия 30 мм |
| 2.12 | Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота призмы 100 мм. | Диаметр отверстия 30 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника |
| 3.13 | Четырехугольная правильная призма. Сторона основания квадрата 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм. | Диаметр отверстия 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр квадрата |
| 4.14 | Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм. | Вертикально расположенное отверстие диаметром 25 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия |
| 5.15 | Сфера диаметром 100 мм. На | Сквозное отверстие диаметром 30 |

| | | |
|---|---|---|
| | высоте 30 мм от экватора сфера срезана горизонтальной плоскостью | мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы |
| 6.16 | Четырехугольная правильная призма. Сторона квадрата основания 70 мм. Вершины квадрата лежат на горизонтальной и вертикальной осях симметрии основания. Высота призмы 100 мм. | Сквозное отверстие диаметром 30 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр квадрата |
| 7.17 | Шестиугольная правильная призма Диаметр окружности, вписанной в шестиугольник основания, равен 80 мм. Две вершины основания лежат на вертикальной оси симметрии. Высота призмы 100 мм. | Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось отверстия проходит через центр шестиугольника |
| 8.18 | Сфера диаметром 100 мм. На уровне 30 мм под экватором сфера срезана горизонтальной плоскостью | Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Ось отверстия совпадает с вертикальной осью сферы |
| 9 | Пятиугольная правильная призма. Пятиугольник основания вписан в окружность диаметром 90 мм. Одна из вершин пятиугольника лежит на вертикальной оси симметрии основания и является ближайшей к глазу наблюдателя. Высота100 мм. | Сквозное отверстие диаметром 25 мм. Вертикально расположенная ось проходит через центр пятиугольника |
| 10 | Прямой круговой цилиндр. Диаметр основания 90 мм. Высота цилиндра 100 мм. | Вертикально расположенное отверстие диаметром 30 мм проходит до верхней плоскости призматического отверстия |

Приложение 5 (окончание)
Таблица 2

| Номер варианта | Размеры отверстия и расположение его от нижнего основания предмета (или центра сферы) | Форма призматического отверстия |
|---|---|---|
| 1.11 | ***a***=35<br>***b***=60<br>***z***=20 |  |
| 6.16 | ***a***=40<br>***b***=50<br>***z***=30 | |
| 2.12 | $a_1$=30<br>$a_2$=45<br>***b***=50<br>***z***=30 |  |
| 7.17 | $a_1$=35<br>$a_2$=45<br>***b***=50<br>***z***=25 | |
| 3.13 | ***a***=40<br>***b***=50<br>***z***=30 |  |
| 8.18 | ***a***=30<br>***b***=50<br>***z***=25 | |
| 4.14 | ***a***=40<br>***b***=40<br>***z***=20 |  |
| 9 | ***a***=35<br>***b***=35<br>***z***=17,5 | |
| 5.15 | $a_1$=40<br>$a_2$=30<br>***b***=50<br>***z***=30 |  |
| 10 | $a_1$=45<br>$a_2$=35 | |

| | | |
|---|---|---|
| | ***b***=50<br>***z***=25 | |

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

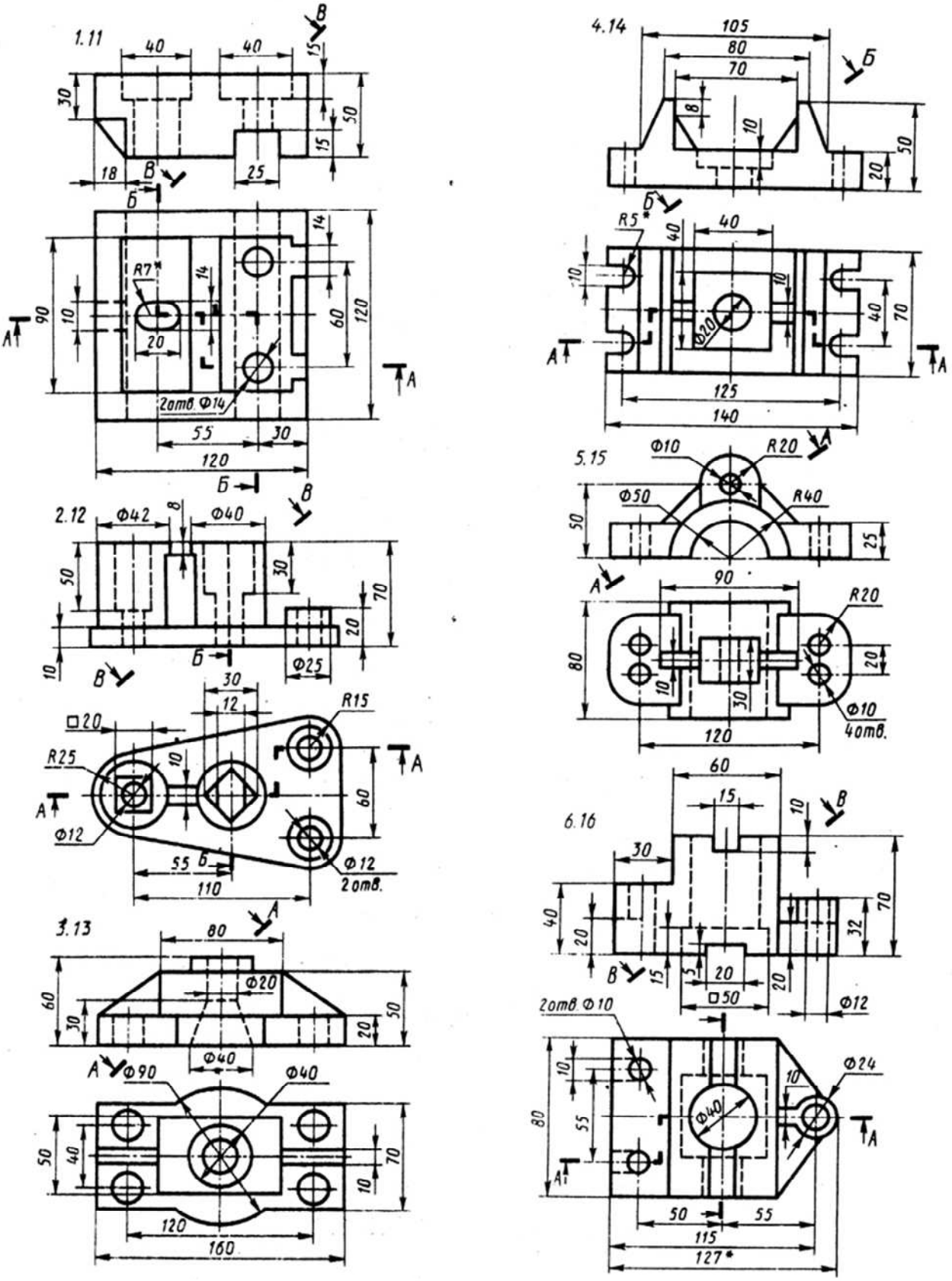



Рис. 17

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

(окончание)

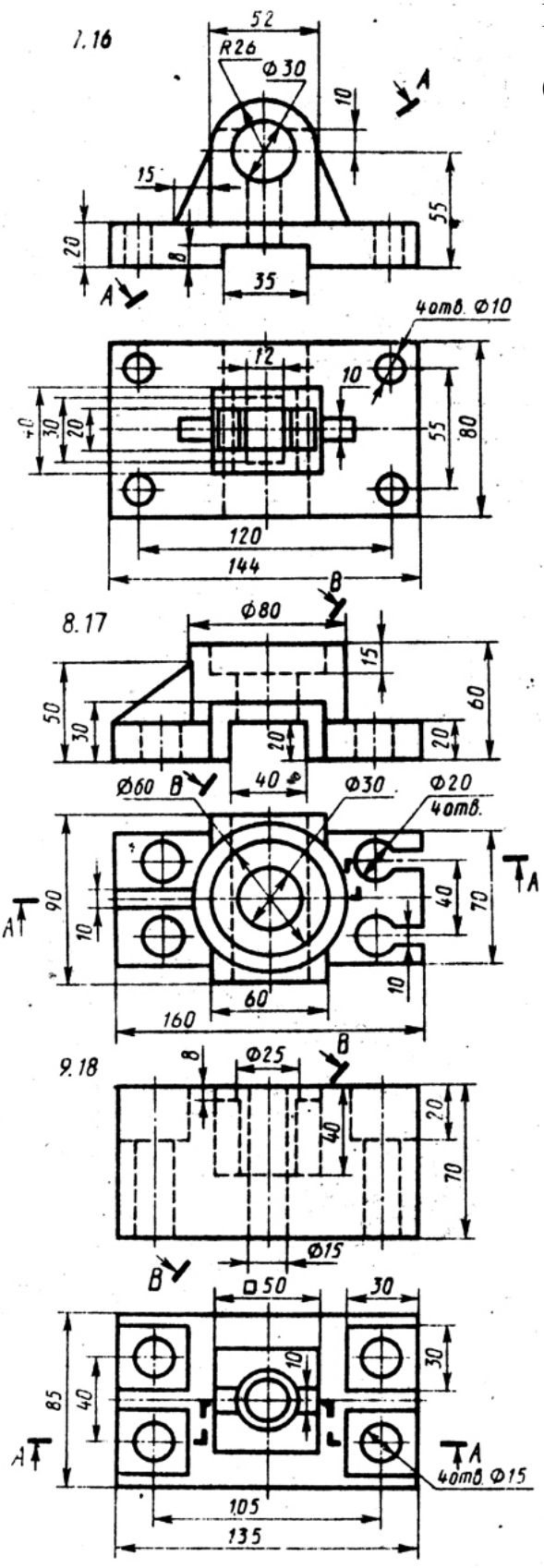
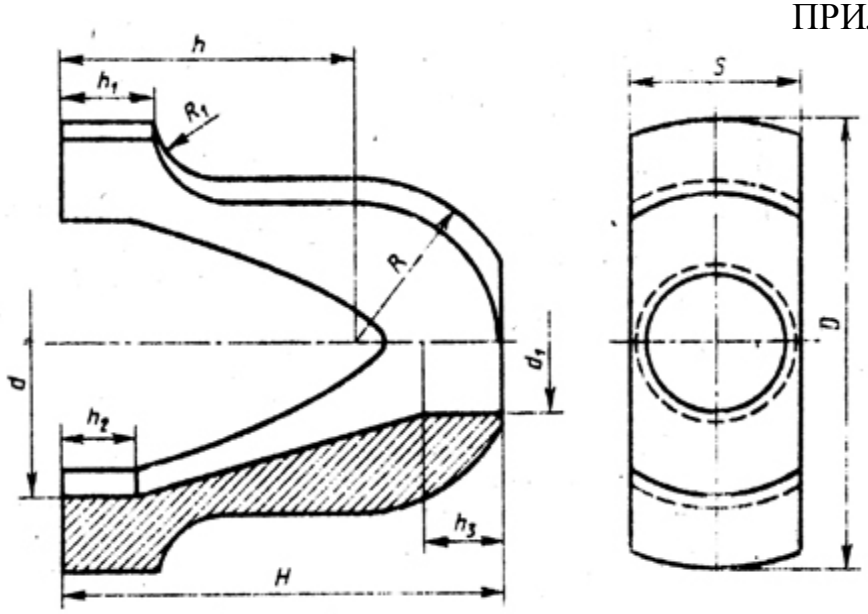
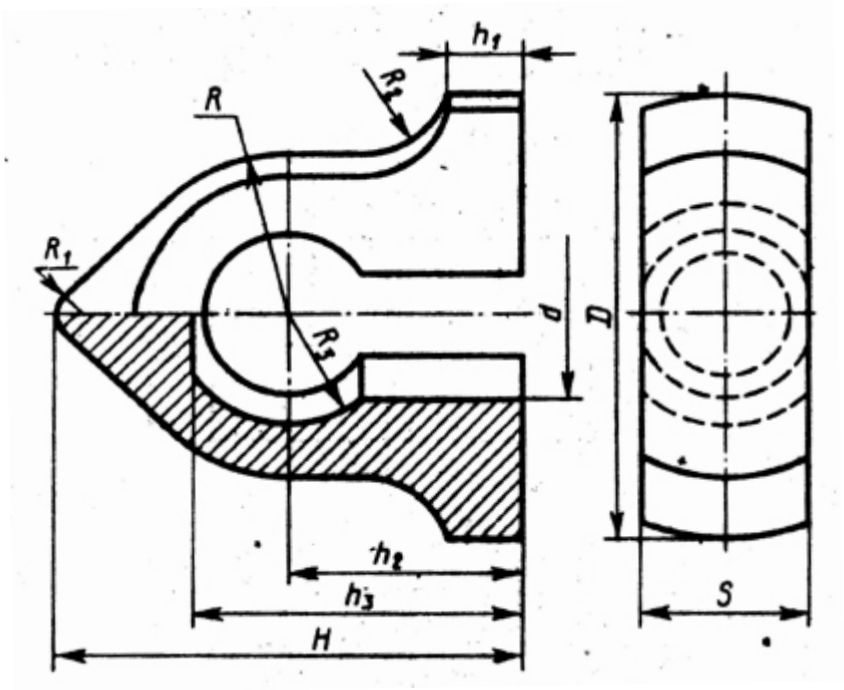



Рис. 17 (окончание)



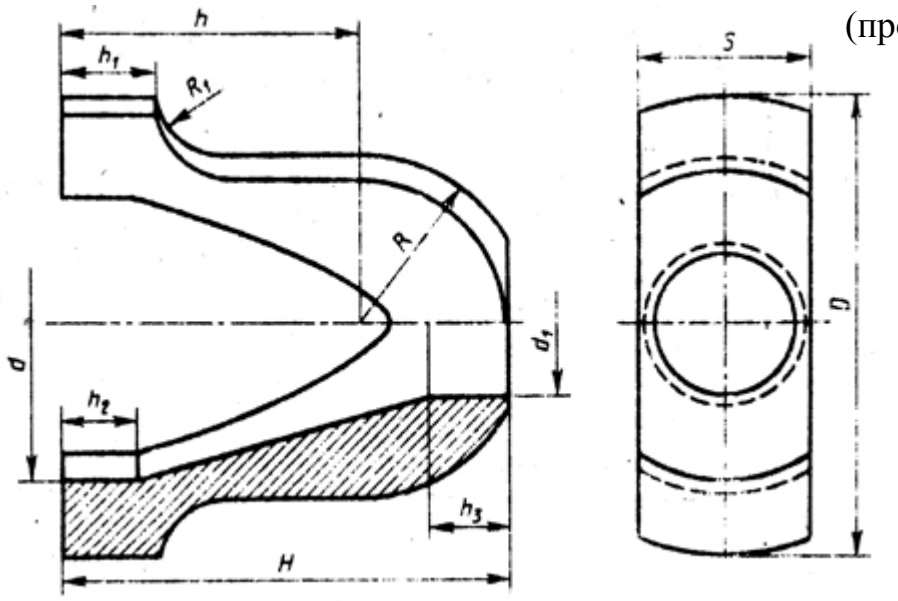

| Вариант | *H* | *D* | *S* | $h_1$ | $h_2$ | $h_3$ | *R* | $R_1$ | *d* | $d_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 110 | 50 | 65 | 20 | 75 | 40 | 15 | 70 | 30 |
| 7 | 115 | 120 | 55 | 78 | 22 | 85 | 45 | 20 | 85 | 32 |
| 13 | 120 | 125 | 56 | 80 | 25 | 90 | 46 | 22 | 86 | 35 |



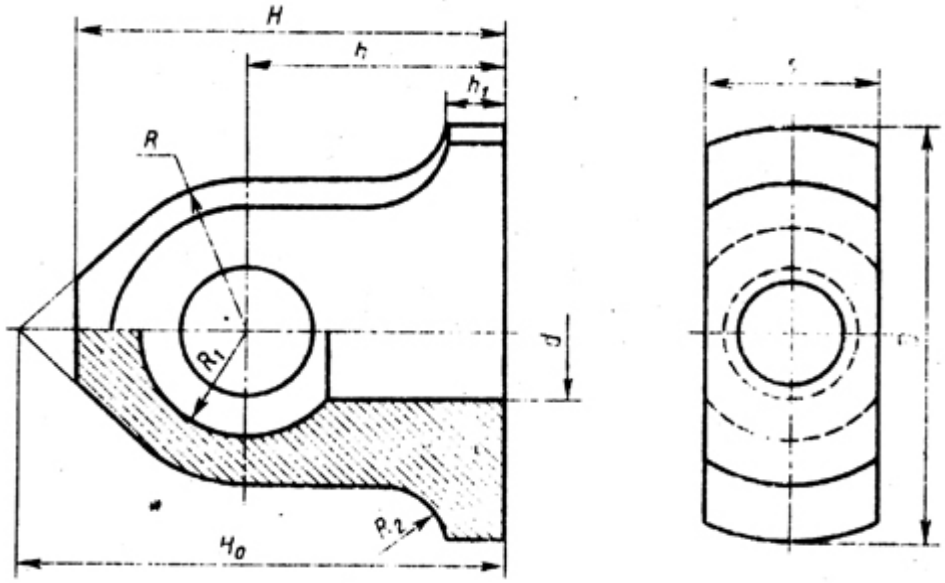

| Вариант | *H* | *D* | *S* | $h_1$ | $h_2$ | $h_3$ | *R* | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | *d* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 100 | 110 | 45 | 15 | 46 | 70 | 40 | 8 | 18 | 30 | 50 |
| 8 | 110 | 130 | 52 | 20 | 60 | 90 | 45 | 10 | 22 | 35 | 60 |
| 14 | 160 | 140 | 55 | 25 | 75 | 105 | 50 | 15 | 25 | 36 | 58 |

Рис. 18

(продолжение)

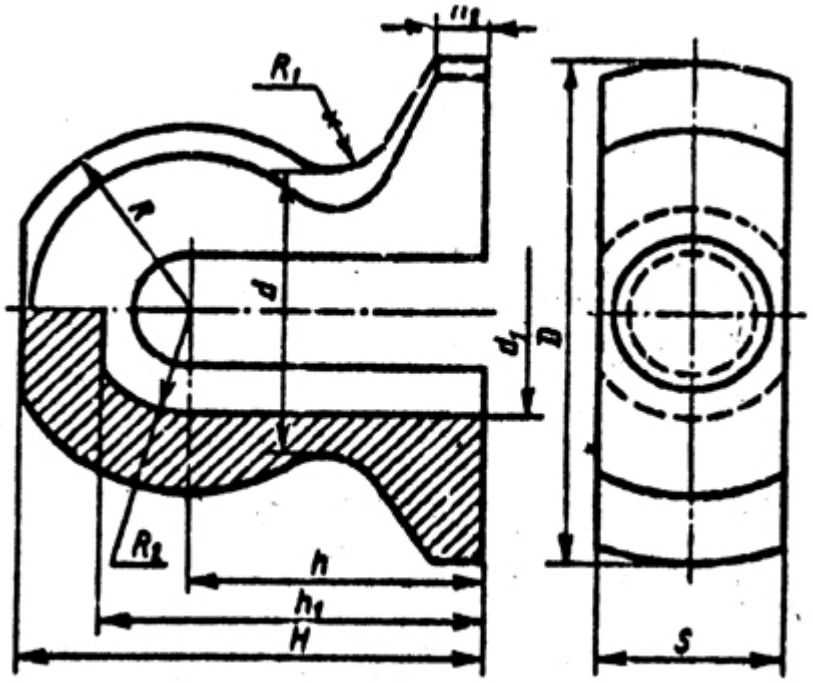



| Вариант | *H* | *D* | *S* | *h* | $h_1$ | *R* | $R_1$ | *d* | $d_1$ | $h_2$ | $h_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 148 | 150 | 60 | 100 | 30 | 52 | 25 | 100 | 40 | 25 | 30 |
| 10 | 155 | 140 | 55 | 110 | 35 | 50 | 22 | 95 | 35 | 20 | 25 |
| 16 | 160 | 145 | 58 | 112 | 40 | 51 | 21 | 105 | 38 | 32 | 35 |

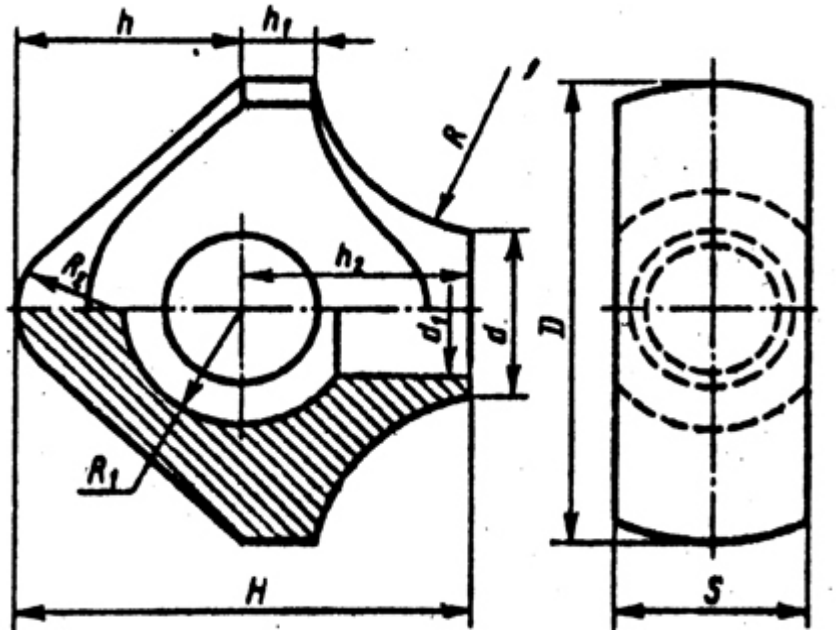



| Вариант | $H_0$ | *H* | *D* | *S* | *R* | *h* | $h_1$ | *d* | $R_1$ | $R_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 158 | 140 | 142 | 50 | 40 | 75 | 20 | 40 | 30 | 20 |
| 9 | 165 | 145 | 130 | 46 | 48 | 90 | 31 | 45 | 32 | 22 |
| 15 | 200 | 170 | 140 | 52 | 50 | 104 | 40 | 42 | 34 | 24 |

Рис. 18 (продолжение)




| Вариант | *H* | *D* | *S* | *h* | $h_1$ | $h_2$ | *R* | $R_1$ | $R_2$ | *d* | $d_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 120 | 125 | 52 | 78 | 100 | 12 | 48 | 18 | 30 | 75 | 60 |
| 11 | 105 | 120 | 50 | 68 | 92 | 10 | 43 | 15 | 28 | 70 | 56 |
| 17 | 140 | 130 | 65 | 95 | 122 | 20 | 50 | 20 | 32 | 78 | 64 |




| Вариант | *H* | *D* | *S* | *h* | $h_1$ | $h_2$ | *R* | $R_1$ | $R_2$ | *d* | $d_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 100 | 110 | 48 | 50 | 15 | 45 | 50 | 30 | 25 | 40 | 30 |
| 12 | 105 | 120 | 50 | 55 | 18 | 48 | 45 | 32 | 20 | 45 | 25 |
| 18 | 115 | 125 | 52 | 60 | 20 | 50 | 48 | 35 | 22 | 46 | 28 |

Рис. 18 (окончание)

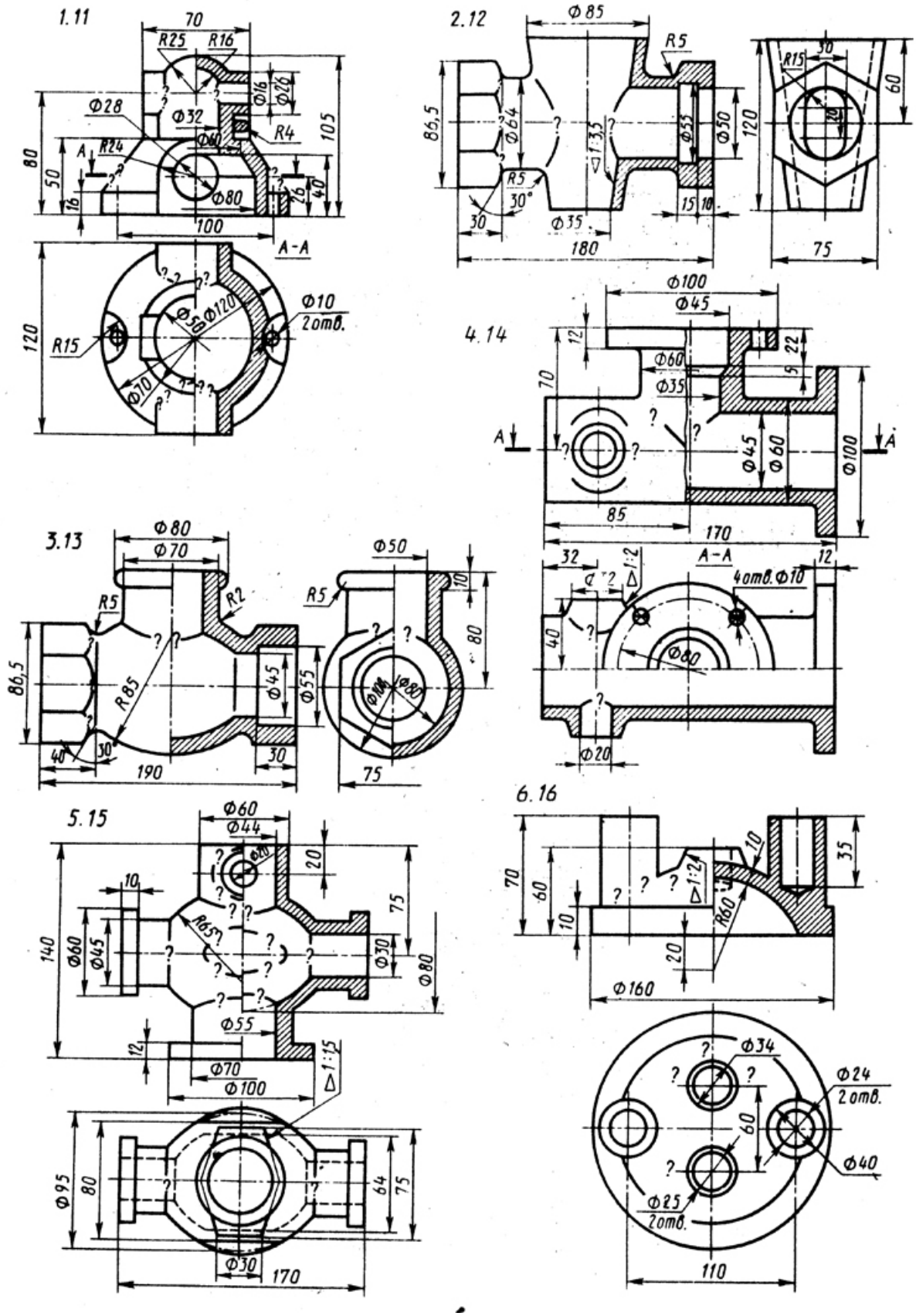



Рис. 19

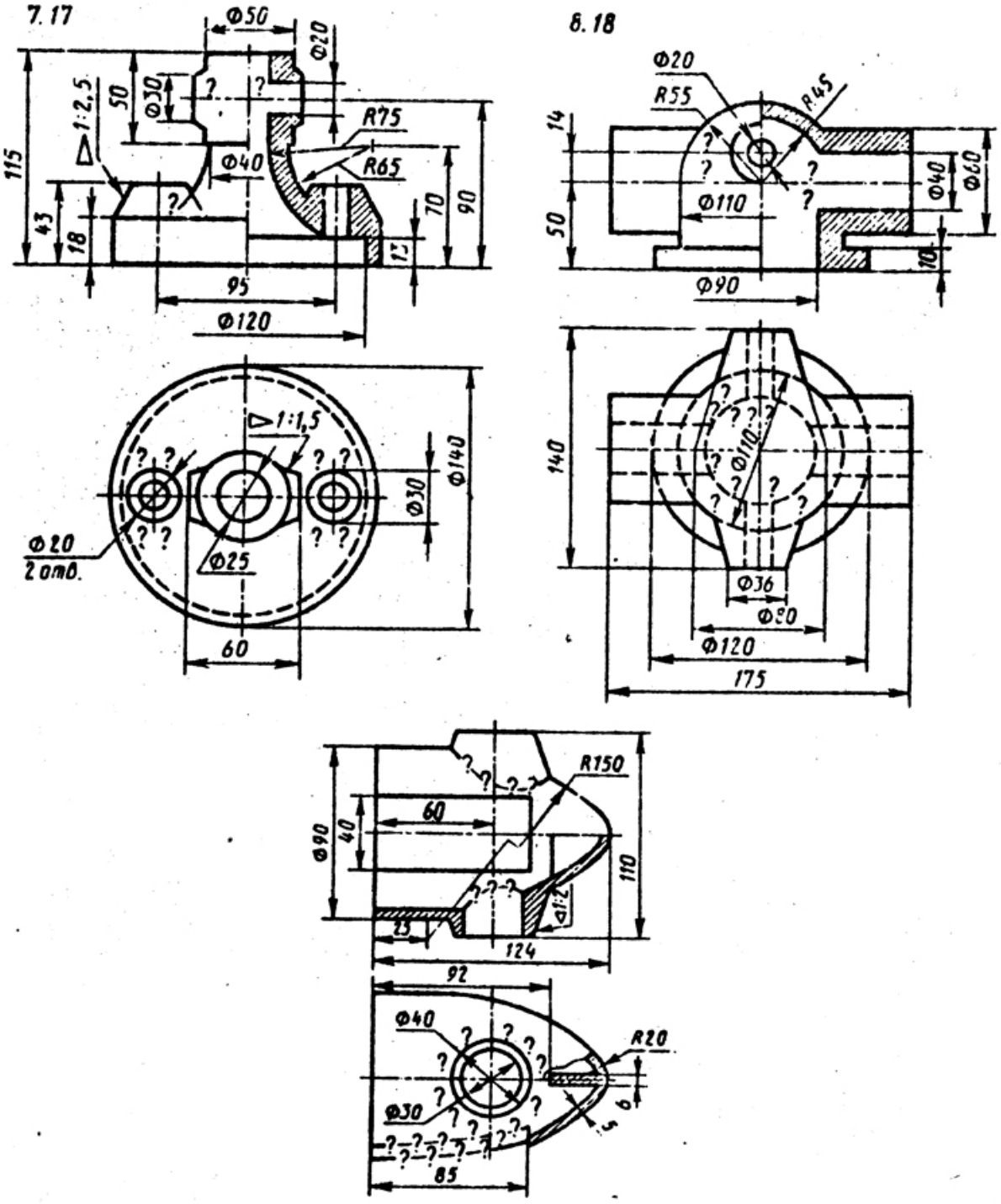



Рис. 19 (окончание)

Приложение 9

| Вариант | Резьба | Длина болта | Исполнение | | | ГОСТ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | болта | гайки | шайбы | болта | гайки | шайбы |
| 1, 10, 19 | М16 | 70 | 1 | 1 | 1 | 7798-70 | 5915-70 | 11371-78 |
| 2, 11, 20 | М18×l,5 | 80 | 2 | 2 | - | 7796-70 | 15521-70 | 6402-70 |
| 3, 12,21 | М20 | 90 | 1 | 1 | 2 | 7805-70 | 5927-70 | 11371-78 |
| 4, 13,22 | М16xl,5 | 70 | 2 | 2 | - | 7798-70 | 5918-73 | 6402-70 |
| 5, 14,23 | М18 | 80 | 1 | 1 | 1 | 7796-70 | 15521-70 | 11371-78 |
| 6, 15,24 | М 20×l,5 | 90 | 2 | 2 | - | 7805-70 | 5918-73 | 6402-70 |
| 7,16,25 | М16 | 70 | 1 | 1 | - | 7805-70 | 5927-70 | 6402-70 |
| 8, 17,26 | М 18×1,5 | 80 | 2 | 2 | 2 | 7798-70 | 5918-73 | 11371-78 |
| 9, 18,27 | М20 | 90 | 1 | 1 | 2 | 7796-70 | 15521-70 | 11371-78 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 ( окончание)

| Вариант | Резьба | Длина шпильки, мм | Исполнение | | | ГОСТ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | шпильки | гайки | шайбы | шпильки | гайки | шайбы |
| 1, 10, 19 | М16×1,5 | 50 | - | 1 | - | 22036-76 | 5918-73 | 6402-70 |
| 2, 11, 20 | М18 | 55 | - | 1 | 1 | 22034-76 | 5915-10 | 11371-78 |
| 3, 12,21 | М20×1,5 | 60 | - | 2 | - | 22032-76 | 5918-73 | 6402-70 |
| 4, 13, 22 | М16 | 50 | - | 1 | 1 | 22038-76 | 5916-70 | 11371-78 |
| 5, 14,23 | М18×l,5 | 55 | - | 2 | - | 22036-76 | 5918-73 | 6402-70 |
| 6, 15,24 | М20 | 60 | - | 1 | 1 | 22034-76 | 5915-70 | 11371-78 |
| 7, 16,25 | М16×1,5 | 50 | - | 1 | 2 | 22040-76 | 5918-73 | 11371-78 |
| 8, 17, 26 | М18 | 55 | - | 1 | - | 22036-76 | 5916-70 | 6402-70 |
| 9, 18,27 | М20×1,5 | 60 | - | 2 | 2 | 22032-76 | 5918-13 | 11311-78 |

Литература

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1980. – Т. 1. – 128 с.; Т. 2. – 560 с.; Т. 3. – 560 с.

2. Богданов В. Н. , Малежик И. Ф. и др. Справочное руководство по черчению – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с.

3. Вяткин Г. П., Андреева А. Н. Машиностроительное черчение. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

4. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2. 301-68 …ГОСТ 2.321-84). –М.: Издательство стандартов, 1988. – 240 с.

5. Федоренко В. А., Шошин А. И. справочник по машиностроительному черчению. - – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I. НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ……..3

Введение……4

Контрольная работа №1 ……..5

Контрольная работа №2.....……14

Контрольная работа №3 ……..24

ПРИЛОЖЕНИЕ (11 таблиц)……30

Литература……41

Часть II.МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ……...42

Контрольная работа №4 ...……43

*Тема 1. Построение трех видов геометрической формы по данному изображению*...……43

*Вопросы для самопроверки*……...45

*Тема 2. Построение трех изображений и аксонометрической проекции геометрического тела по его описанию*……47

*Вопросы для самопроверки*……..48

*Тема 3. Построение трех изображений по двум данным. Выполнение разрезов и сечений*……...49

*Вопросы для самопроверки*……...50

*Тема 4. Построение линий среза* ……..53

*Тема 5. Построение третьего изображения по двум данным и линий перехода поверхностей*……...56

Контрольная работа №5 ……..59

*Тема 6. Изображение и обозначение резьб на деталях машин. Изображение резьбовых соединений. Изображение и обозначение крепежных деталей*……..59

*Тема 7. Составление эскизов деталей машин* ……65

*Тема 8. Выполнение чертежа общего вида машиностроительного изделия*……..69

*Тема 9. Чтение и деталировка чертежа общего вида машиностроительного изделия* ……71

*Тема 10. Курсовая работа*……...72

Литература ……73

ПРИЛОЖЕНИЯ ……...74
Приложение 1 ……74
Приложение 2 ……75
Приложение 3 ……76
Приложение 4 ……77-78
Приложение 5 ……79-81
Приложение 6 ……82-83
Приложение 7 ……84-86
Приложение 8 ……87-88
Приложение 9 ……89-90
Литература ……91

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению практической и контрольной работы*

по дисциплине

## Б1.О.16 ЦИФРОВАЯ МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная
год набора: **2022**

Автор: Новикова Н. А., ст. преподаватель

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Эксплуатации горного оборудования | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Симисинов Д. И. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 21.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

***Задача №1Расчет и выбор посадки с зазором***

По заданным условиям работы подшипника скольжения рассчитать и выбрать стандартную посадку из ГОСТ25347-82, подобрать измерительное средство по следующим данным

| 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 |

***Задача №2 расчет и выбор посадки с натягом***

По данным нагрузкам и размерам соединяемых деталей рассчитать и выбрать стандартную посадку с гарантированным натягом

| Номер варианта | D, мм | $d_1$, мм | $d_2$, мм | l ,мм | $M_к$, 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 | Бронс 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 |

***Задача №3 Выбор посадок для подшипников качения***

| Номер вари-анта | Номер под-шипника | Класс | Рад. нагр. F, Н | Осев. нагр. $F_a$, Н | Характеристики нагрузки | Что вращает-ся | $D/D_k$ 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 |

***Задача №4 Определение элементов зубчатых колес***

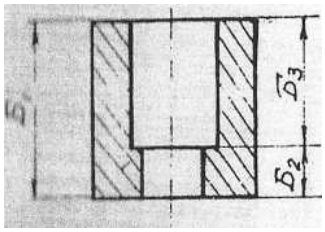
| Номер вар. | Z | m | Степень точности | Номер вар. | Z | m | Степень точности |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 36 | 2.5 | 6-7-7-С | 36 | 25 | 6,0 | 8-В |
| 2 | 28 | 3,0 | 7-6-6-В | 37 | 28 | 4 | 7-6-6-В |
| 3 | 30 | 3,5 | 8-В | 38 | 30 | 5 | 8-7-7-Ва |
| 4 | 40 | 4,0 | 8-7-7-Ва- | 39 | 32 | 4,5 | 8-В |
| 5 | 29 | 4,0 | 7-6-6 -В | 40 | 46 | 3.5 | 7-6-6-А |
| 6 | 32 | 5,0 | 7-В | 41 | 62 | 2.0 | 6-7-7-Д |
| 7 | 56 | 3,0 | 6-7-7-Д | 42 | 50 | 2.5 | 7-С |
| 8 | 45 | 2,0 | 5-6-6-Д | 43 | 52 | 3,5 | 8-7-7-Ва |
| 9 | 42 | 2,5 | 7-6-6-С | 44 | 94 | 4.0 | 8-В |
| 10 | 25 | 3.0 | 8-7-7-Ва | 45 | 50 | 3.0 | 6-7-7-С |
| 11 | 28 | 3,5 | 8-В а | 45 | 95 | 6,0 | 7-С |
| 12 | 50 | 4,0 | 7-А | 47 | 59 | 2.0 | 7-8-8-Д |
| 13 | 36 | 3,5 | 8-В | 49 | 60 | 3.5 | 7-А |
| 14 | 62 | 5,0 | 7-6-6-Ва | 49 | 62 | 4.0 | 8-С |
| 15 | 46 | 3,0 | 8-В | 50 | 64 | 6.0 | 7-А |
| 16 | 45 | 4,0 | 8-7-7-С | 51 | 65 | 4.0 | 7-С |
| 17 | 38 | 3,0 | 8-7-7-В | 52 | 66 | 3.5 | 7-6-6-С |
| 18 | 40 | 2,5 | 6-7-7-Д | 53 | 68 | 3.0 | 7-А |
| 19 | 35 | 2,0 | 6-7-7-С | 54 | 60 | 5,0 | 8-В |
| 20 | 22 | 4,0 | 8-В | 55 | 42 | 4,0 | 7-6-6-В |
| 21 | 34 | 3.5 | 7-6-6-Ва | 56 | 40 | 3.5 | 8-В |
| 22 | 32 | 4,0 | 8-В а | 57 | 24 | 6.0 | 7-С |
| 23 | 60 | 5,0 | 7-В | 58 | 28 | 5.0 | 8-В |
| 24 | 62 | 4,0 | 8-7-7-В а | 59 | 29 | 4.0 | 7-С |
| 25 | 58 | 2,0 | 8-А | 60 | 30 | 4.5 | 8-А |

***Задача №5 Расчет размерных цепей***

*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. | $Б_I$ | $Б_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 d 8 | 20 js 11 | 14 | 115 d 8 | 25 js 12 |
| 2 | 95 e 9 | 15 В 12 | 15 | 120 e 7 | 20 d 11 |
| 3 | 120 f 8 | 30 с 11 | 16 | 100 h 6 | 25 l 12 |
| 4 | 145 d 8 | 35 l 11 | 17 | 145 js 6 | 30 а 11 |
| 5 | 85 h 7 | 15 В 12 | 18 | 150 d 8 | 25 js 11 |
| 6 | 125 h 6 | 25 d 10 | 19 | 155 f 7 | 35 l 12 |
| 7 | 130 f 7 | 30 d 11 | 20 | 160 e 8 | 40 l 12 |
| 8 | 135 d 8 | 35 js 12 | 21 | 165 d 8 | 35 l 11 |
| 9 | 110 h 7 | 20 js 11 | 22 | 170 e 9 | 40 js 12 |
| 10 | 150 f 7 | 30 а 11 | 23 | 175 f 8 | 25 а 11 |
| 11 | 140 в 7 | 30 в 11 | 24 | 180 e 7 | 40 в 11 |
| 12 | 120 в11 | 20 а12 | 25 | 140 e 9 | 30 а8 |
| 13 | 180 с10 | 30 а 9 | | | |



## ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Для размера 40 мм заданы следующие отклонения, мкм

ES=89, EI=50. Записать размер с заданными отклонениями, вычислить допуск и найти предельные размеры.

2. Для партии штифтов диаметром 40 мм установлены предельные размеры: $d_{max}$=40,009, $d_{min}$=39,984 мм. В партии попались штифты, имеющие размеры $d_{r1}$=40,012, $d_{r2}$=39,995 мм. Определить годность этих штифтов путем сравнения действительных размеров и отклонений с предельными размерами и отклонениями.

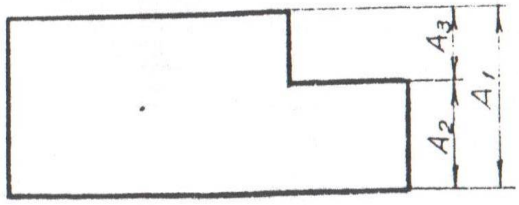
3. Дать заключение о годности зубчатого колеса Z=40, m=4, 8-7-7-С ГОСТ 1643-81, если при измерении постоянной хорды получено $S_c$=5,32мм. Номинальный размер хорды $S_c$=5,548мм.

4. Подобрать стандартную посадку с зазором для следующих условий: D=110 мм ,$S_{min}$=0,11 мм , $S_{max}$=0,42 мм. Построить схему полей допусков

**5.** Что обозначает запись D –8 х 36 х 40 H8/h7 х 7F10/h9. Сделать эскиз и проставить размеры

6. Рассчитать размерную цепь

A1=200 d8 , A2=110, A3=90B12, последовательность обработки A1 и A2. Определить исполнительный размер A2




7. Определить тепловую погрешность измерения детали длиной 50 мм штангенциркулем. Коэффициент линейного расширения материала детали $\alpha_1$=17,1·10$^{-6}$ , штангенциркуля $\alpha_2$=12·10$^{-6}$. Температура детали $t_1$=50$^{O}$C, штангенциркуля $t_2$=30$^{O}$C

8. Определить исполнительный размер постоянной хорды зубчатого колеса , имеющего z=60, m=4, 7-6-6-Ba $S_c$=5,548

9. Подобрать стандартную посадку с натягом в системе вала для следующих условий: D=160 мм ,$N_{min}$=0,03 мм , $N_{max}$=0,14 мм. Построить схему полей допусков. Определить допуск посадки

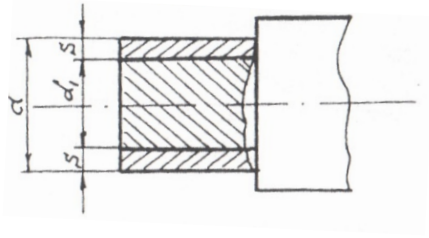
10. Подобрать стандартную посадку с зазором если D=120 мм, $S_{max}$=0,21 мм, $S_{min}$=0,045 мм.

11. При взвешивании массы груза весы показывают 50,7 кг. Среднее квадратическое отклонение показаний $\sigma_m$=0,5 кг. Погрешность градуировки весов $\Delta_s$=+0,3кг. Определить доверительные границы для истинного значения массы с вероятностью P =0,95 ($t_p$=1,960) .

12. Определить допустимые размеры смещения исходного контура зубчатого колеса Z=35, m=3,5 8-7-7-В ГОСТ 1643-81

13. Определить размер вала $d_1$ до нанесения слоя хрома S=0$\frac{+0,020}{+0,016}$ на сторону, если после покрытия вал должен иметь размер d=100k6

Построить размерную цепь.



14. Определить исполнительный размер длины общей нормали зубчатого колеса. Z=42, m=4, 8-7-7-Ba, если номинальный размер равен W=43.683 мм.

15. По ГОСТ 25346-82 определить числовые отклонения для сопряжения Ø 80R9/u8 и установить характер посадки. Начертить схему полей допусков

16. Электрическая мощность *P* определяется по результатам измерений падения напряжений *U*=240 ± 3 В и силы тока *I*=5 ± 0,1А. *P=UI.* Определить предельные границы истинного значения мощности .

17**.** Что обозначает запись d –6 x 28H7/e8 x 32 H12/a11 x 7D9/f8. Сделать эскиз и проставить размеры

18. При многократном измерении длины *L* получены значения в мм: 91; 90; 95; 90; 93; 91; 94. Укажите доверительные границы истинного значения длины с вероятностью P=0,99 ($t_p$=3,707)

19. Заменить посадки Ø20H7/g6, ØH7/k6, Ø20H7/s6 аналогичными посадками в системе вала. Привести их условное обозначение, рассчитать основные параметры и начертить схемы полей допусков для полученных посадок

20.Дано $Ø32^{+0.062}$; Ø60 ± 0,23; $Ø32_{-0,062}$. Определить номинальные и предельные размеры, предельные отклонения и допуски.

21.При выборе средства измерений для контроля фасованной продукции массой (0,5±0,02) кг определить предел допускаемой погрешности измерения

22. Определить предел допускаемой погрешности для измерения напряжения в сети U=240В ± 16В

23. Дано D= 200 мм, посадка в системе отверстия TD=Td, ТП=144, $S_{min}$=240. Определить неизвестные параметры соединения и начертить упрощенную схему расположения полей допусков.

24. Дано D= 200 мм, посадка в системе отверстия TD=ES=46,es=0, ТП=75. Определить неизвестные параметры соединения и начертить упрощенную схему расположения полей допусков.

25. Дано D= 200 мм, посадка в системе отверстия. Td=46, es=77, ТП=118. Определить неизвестные параметры соединения и начертить упрощенную схему расположения полей допусков.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

## Б1.О.16 ЦИФРОВАЯ МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная
год набора: **2022**

Автор: Новикова Н. А., ст. преподаватель

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Эксплуатации горного оборудования | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Симисинов Д. И. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 21.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**Тесты**
**Темы № 1**

☐ **1. Метрологическая аттестация рабочих эталонов проводится…**
-после ремонта
-перед вводом в эксплуатацию
-при необходимости изменения разряда
-для повышения производительности труда

○ **2. Вся метрологическая деятельность в РФ основывается на…**
-рекомендациях государственных научных метрологических центров
-правилах метрологии
- системе государственных стандартов
-конституционной норме по вопросам метрологии

○ **3. Средство измерения, предназначенное для проверки должно иметь непросроченным…..**
- сертификат соответствия
- срок эксплуатации
- поверительное клеймо
- калибровочное клеймо

☐ **4. Метрология – этот наука о (об)…**
-средствах измерений
- измерениях
-изготовлении средств измерений
-методах измерений

☐ **5. При измерении силы тока амперметром реализуется измерение:**

- совместное
-совокупное
- косвенное
-прямое
-абсолютное

☐ **6. В поверочной схеме средства измерений делятся на…**

- основные
-дополнительные
-эталоны
- рабочие

○ **7. Поправка на показание весов, систематическая погрешность которых составляет + 1,0 г, равна:**

- 0,0 г
- $\pm$ 1,0 г
- - 1,0 г
- +1,0

○ **8. Допускаемые погрешности измерения при приемочном контроле на линейные размеры до 500 мм составляют_____ от допуска на изготовление**

**IT детали.**

-1/3 – 1/5
- 35-20%
- 0,5
- 50-30%

○ **9. Руководство Государственной метрологической службой осуществляется,,,**
- ведомственными организациями
- метрологическими службами государственных органов управления
- Росстандартом
- президентом

☐ **10. Государственная система по обеспечению единства измерений включает основы…**
-организационную
-правовую
-техническую
-методическую

○ **11. Работа определяется по уравнению *A=F L,* где сила *F= ma, m-* масса, *a-* ускорение, *L-*длина перемещения. Укажите размерность работы *A.***

- $L^2MT^{-2}$
- $L^3MT^{-2}$
- $MT^{-2}$
- $L^2M$

○ **12. Плотность относится к_____единицам**
- относительным
- основным
- логарифмическим
- производным

○ **13. Размерность плотности *p=m/v* записывается следующим образом…**
- $L^{-3}M$
- $L^2M$
- $LM^{-2}$
- $L^{-2}M$

○ **14. Государственным эталоном метра является…**

- часть длины Парижского меридиана
- расстояние, проходимое светом в вакууме за 1/299792458 с
-длина волны излучения криптона 86
- платиноиридиевый брусок

○ **14. Из приведенных величин основной является**
- скорость
- давление
- объем
- время

○ **15. По метрологическому назначению средства измерения подразделяются на:**
- измерительные установки
- рабочие средства и эталоны

- датчики
-меры и измерительные преобразователи

○ **16. Всего существует_____основных единиц системы СИ**

-семь
-шесть
- пять
- восемь

○ **17. При одновременном измерении нескольких однородных величин измерения называют…**

- косвенными
- совокупными
- многократными
-совместными

○ **18. После длительного хранения измерительного прибора проводят поверку…**

-первичную
-основную
-периодическую
- инспекционную

□ **19. По международной системе единиц физических величин сила измеряется…**

-кг.м/$с^2$
-м/с
- рад/с
-Ньютон

○ **20. Общим в процедуре калибровки и поверки является…**

-добровольность проведения процедур
- определение действительных метрологических характеристик средств измерений
- обязательность проведения процедур
- возможность установления соответствия не по всем требованиям к средству измерений

**Темы № 2**

□ 1.**Важнейшими принципами стандартизации являются**

- комплексность для взаимосвязанных объектов
-целеустремленность
- последовательность
-добровольность применения стандартов
- достижение консенсуса всех заинтересованных сторон

□ **3. Правовые основы стандартизации обеспечиваются …**

- национальными стандартами ГОСТ Р 1.0-20004… ГОСТ 1.5-2004
- общероссийским классификатором услуг населению
- законом о «Техническом регулировании»
- руководящими указаниями по проверке систем качества ГОСТ Р ИСО 10011-1-93

○ **3. Применение рядов предпочтительных чисел создает предпосылки для…**

- классификации деталей
- унификации машин и деталей
- оптимизации машин и деталей
- систематизации деталей

○ **4. Одной из основных задач международного сотрудничества России в области стандартизации является…**

- подчинение национальной системы стандартизации международной
- замена национальной системы стандартизации на международную
- гармонизация национальной системы стандартизации с международной
- реструктуризация национальной системы стандартизации в соответсвии с международной

○ **5. Ряд предпочтительных чисел, установленный ГОСТ 8032**

- R5, R10, R15, R20, R25
- R5, R10, R20, R40, R80
- R10, R100, R1000, R10000
- R10, R20, R30, R40, R50

○ **6. Нормативный документ, начинающийся с букв ПР называется…**

- правительственные рекомендации
- правила по метрологии
- природные ресурсы
- промышленность России

○ **7. Агрегатированием называется…**

- принцип создания машин и оборудования из многократно используемых стандартных агрегатов
- разработка и установление типовых конструкций, правил, норм документации
- уменьшение числа типов изделия до числа, достаточного для удовлетворения существующих потребностей
- сокращение числа типов, видов и размеров изделий одинакового функционального назначения

□ **8. Комплексная стандартизация обеспечивает…**

- взаимосвязь смежных отраслей по совместному производству готового продукта
- взаимосвязь производимых объектов в смежных отраслях
- устранение неоправданной разнотипности
- единство измерений во всех смежных отраслях

○ **9.Наиболее распространенной и эффективной формой стандартизации является…**

агрегатирование
секционирование
унификация
классификация

□ **10.Номативный документ по стандартизации –это…**

стандарт

типовой технологический процесс
технический регламент
технические положения

☐ **11. К органам по стандартизации в РФ относятся…**
информационно-техническое бюро
Росстандарт
Аккредитованные лаборатории
Госстрой России

☐ **12. По закону «О техническом регулировании» стандартизация в РФ осуществляется в соответствии с принципами:**
- применение международных стандартов как основы разработки национальных стандартов
- добровольного применения стандартов
- максимального учета законных интересов заинтересованных лиц
- согласование в рамках международного сотрудничества путей совершенствования производства в РФ
- обеспечения безопасности в производстве, испытаниях и продаже вооружения и боеприпасов

☐ **13. Цель международной стандартизации- это…**
- привлечение предприятий (организаций) к обязательному участию в стандартизации
- разработка самых высоких требований
- устранение технических барьеров в торговле
- упразднение национальных стандартов

☐ **14. Стандарты в РФ бывают…**
-национальные
- международные
- локальные
- автономные
- всеобщие

○ **15. Параметрический ряд строят по параметру…**
- предпочтительному
- главному
- основному
- функциональному

○ **16. Ряд технических комитетов и бюро при Совете ИСО (СТАКО, КАСКО…) созданы для…**
- разработки технических регламентов
- изучения отдельных общих вопросов деятельности организации
- разработки международных стандартов
- изучения отзывов на проекты стандартов

○17. Стандартизация это…
- деятельность, направленная на разработку сводов классификационных группировок определенных объектов классификации
- деятельность, по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг

- деятельность, направленная на сбор обработку и доведения до потребителя оперативной информации о выпускаемой продукции

- деятельность, направленная на приведение объектов одинакового функционального назначения к оптимальной конструкции по установленному признаку.

○ **18. ГОСТ 2.307-68 относится**

- к ЕСКД
- к ЕСТП
- к ГСС
- к ГСИ

○ **19. К понятию «Виды стандартов» относится**

-Стандарты отраслей
- Стандарт на продукцию
-Стандарты предприятий
-Технические условия

○ **20. Предпочтительные числа образуются на основе…**

- методов унификации
- рядов геометрической прогрессии
- оптимизации
- арифметической прогрессии

**Тема № 4**

□ **1. Целями подтверждения соответствия являются**

-повышение прибыли предприятии
-повышение конкурентоспособности продукции
- снижение себестоимости продукции
-содействие потребителям в компетентном выборе продукции

□ **2. Характер подтверждения соответствия может быть**

- заказом независимой (третьей) стороны
- заказом изготовителя
- добровольным
- обязательным

○ **3. Формой контроля за сертифицированными работами и услугами является…**

- ревизия
-госконтроль
- инспекционный контроль
- анкетирование потребителей

○ **4. Участниками обязательной процедуры сертификации являются…**

- общества охраны природы
- аккредитованные испытательные лаборатории
- органы государственного управления
- объединение потребителей

○ **5. Система добровольной сертификации предусматривает применение…**

- знака соответствия
-логотипа
-фирменного знака
-знака обращения на рынке

☐ **6. Сертификат соответствия в обязательном порядке должен включать**

-информация о потребителях
- наименование органа по сертификации
- информацию об общественных организациях, производящих контроль сертификации соответствия
- наименование технического регламента , на соответствие требованиям которого проводилась сертификация

○ **7. Порядок проведения сертификации, перед испытаниями продукции предусматривает…**

- аттестацию рабочих мест
- отбор образцов
- проверку производства
- анализ технико-экономических показателей производства

○ **8. Определенная совокупность действий при сертификации, официально принимаемая в качестве доказательства соответствия продукции заданным требованиям называется…**

порядком
методикой
алгоритмом
схемой

☐ **9. Органом по сертификации может быть**

- индивидуальный предприниматель, аккредитованный для выполнения
- работ по сертификации
- национальный орган РФ по стандартизации
- представитель федеральных органов исполнительной власти
- юридическое лицо, аккредитованное для выполнения работ по сертификации

○ **10. Законодательные основы сертификации в РФ определены Федеральным законом…**

- «О стандартизации»
- «Об обеспечении единства измерения»
- «О сертификации»
- «О техническом регулировании»

☐ **11. Решение по аккредитации включает…**

- проверку результатов экспертизы по отчету комиссии
-заключение договора на аккредитацию
-оформление аттестата аккредитации при положительном решении
- занесение в реестр аккредитованных органов по сертификации или испытательных лабораторий

☐ **12. Среди основных этапов сертификации можно выделить…**

- оценка уровня качества продукции
- оценку соответствия объекта сертификации установленным требованиям
- оспаривание решения по сертификации
- заявку на сертификацию

☐ **13. Целями аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий в соответствии с законом «О техническом регулировании» являются…**

- создание условий для признания результатов деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий
- подтверждения компетентности органов по сертификации и испытательных лабораторий , выполняющих работы по подтверждению соответствия
- анализ необходимости создания на предприятии системы менеджмента качества
- обеспечение доверия изготовителей, продавцов и приобретателей к деятельности органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий

○ **14. В федеральном законе «О техническом регулировании» целью подтверждения соответствия <u>не является…</u>**

- повышение конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках
- уменьшение сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия
- содействие потребителям в компетентном выборе продукции, работ, услуг
- удостоверение объектов технического регулирования техническим регламентам, стандартам, условиям договоров

☐ **15. Объектом аккредитации может быть…**

- испытательная лаборатория
- метрологические службы юридических лиц
- технические комитеты по стандартизации
- организации подготовки экспертов

☐ **16. Схемы сертификации продукции, обеспечивающие наибольшую достоверность результата сертификации, предусматривают…**

- инспекционный контроль после сертификации
- оценку экономического состояния изготовителя
- анализ состояния производства
- испытание типа или партии изделий
- установление наличий необходимой нормативной документации

○ **17. При добровольной сертификации продукции, процессов, работ и услуг <u>не устанавливается</u> соответствие требований…**

- стандартам организаций
- условиям договоров
- национальным стандартам
- техническим регламентам

☐ **18. В существующих схемах сертификации продукции используются следующие способы доказательства соответствия:**

- рассмотрение характеристики предприятия-изготовителя, выданной региональным органом хозяйствования
- рассмотрение заявления-декларации о соответствии
- анализ годового отчета изготовителя о хозяйственной деятельности предприятия
- испытание типа продукции
- испытание каждого образца продукции

○ **19. Совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации называется _____ сертифик-ции**

-системой
-схемой
-формой
-видом

○ **20. Официальным признанием того, что испытательная лаборатория правомочна осуществлять конкретные испытания или типы испытаний является**

- аккредитация
- сертификация
- стандартизация
- аттестация

☐ - в тесте несколько правильных ответов

○ - в тесте один правильный ответ

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методической
работе
_____ С.Г. Угаров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

# Б1.О.18 ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

Автор: Лагунова Ю. А., д-р техн. наук, профессор

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ... 4

2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 4

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ..... 4

ЛИТЕРАТУРА ..... 6

# ВВЕДЕНИЕ

*Целью* освоения учебной дисциплины является формирование у обучающихся представлений о патентной и лицензионной деятельности, об оценке точности полученных моделей, о теории планирования эксперимента, овладение навыками обработки научно-технической информации, навыками обработки результатов экспериментальных исследований на основе корреляционного и регрессионного анализа.

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- *овладение* обучающимися умениями и навыками практического решения технических проблем;
- *развитие* у обучаемых самостоятельного логического мышления при анализе научно-технической и патентной информации;
- *ознакомление* обучаемых с основами теории планирования эксперимента и методами обработки результатов эксперимента;
- *обучение* применению полученных практических и теоретических знаний при выполнении контрольной работы по определению параметров оптимизации логистических транспортных цепей и звеньев с учетом критериев оптимальности.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные на лекциях, а также в учебнике[1].

# 2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. контрольную набирают в Word или другом текстовом редакторе с аналогичным функционалом;
2. при наборе нужно использовать шрифт TimesNewRoman;
3. интервал между строк — полуторный;
4. размер шрифта — 14;
5. текст выравнивается по ширине;
6. в тексте делают красные строки с отступом в 12,5 мм;
7. нижнее и верхнее поля страницы должны иметь отступ в 20 мм;
8. слева отступ составляет 30 мм, справа — 15 мм;
9. контрольная всегда нумеруется с первого листа, но на титульном листе номер не ставят;
10. номер страницы в работе всегда выставляется в верхнем правом углу;
11. заголовки работы оформляются жирным шрифтом;
12. в конце заголовков точка не предусмотрена;
13. заголовки набираются прописными буквами;
14. все пункты и разделы в работе должны быть пронумерованы арабскими цифрами;
15. названия разделов размещаются посередине строки, подразделы – с левого края;
16. работа распечатывается в принтере на листах А4;
17. текст должен располагаться только на одной стороне листа.
18. Работа имеет такую структуру:
19. Титульный лист;
20. Оглавление и введение;
21. Основной текст контрольной;
22. Заключительная часть работы;
23. Перечень использованной литературы и источников;
24. Дополнения и приложения.
25. Если в работе есть приложения, о них надо упоминать в оглавлении.
26. Ссылки нумеруются арабскими цифрами, при этом учитывают структуру работы (разделы и подразделы).

## 3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задача 1. В январе отчетного года фирма выпустила 2000 шт. изделий. На изготовление изделия расходуется два вида материала: А и Б, цена за 1 т которых составляет соответственно 6,0 и 9,0 тыс. руб. расход на единицу изделия: материала А-3кг, ма-

териала Б-2кг.

Определить:

общий расход каждого вида материала в январе;

общие затраты на материалы в январе и долю каждого вида материала в общей сумме затрат.

Задача 2. По фирме имеются данные о выпуске продукции за I квартал (табл. 3.1).

Определить:

процент выполнения плана по выпуску продукции в целом по фирме;

удельный вес предприятий в общем объеме фактического выпуска продукции (расчет с точностью до 0,1%).

Таблица 3.1.

| Номер предприятия фирмы | Выпуск продукции по плану, млн руб. | Процент выполнения плана по выпуску продукции |
|---|---|---|
| 1 | 10 | 103,5 |
| 2 | 24 | 98 |
| 3 | 42,5 | 106 |

Задача 3. По металлургическому комбинату имеются следующие данные о выпуске (табл.3.2).

Таблица 3.2.

| Наименование продукции | Стоимость продукции в фиксированных ценах, млн. руб. | | Процент выполнения плана по выпуску продукции |
|---|---|---|---|
| | по плану | фактически | |
| Сталь арматурная | 440 | 452 | |
| Прокат листовой | 500 | | 97,0 |
| Г нутые профили стальные | | 208 | 104,0 |

Требуется:

проставить в таблице недостающие данные;

определить процент выполнения плана выпуска продукции в целом по комбинату;

структуру фактического выпуска продукции представить в виде диаграммы.

Задача 4. В прошлом году себестоимость производства грузового автомобиля КамАЗ-55111 составила 170,0 тыс. руб. По плану отчетного года предусматривалось снизить себестоимость на 4400 руб., фактическая себестоимость составила 168,2 тыс. руб.

Определить относительные величины планового задания по снижению себестоимости и динамики себестоимости производства автомобиля.

Задача 5. Планом предусмотрено увеличение объема продукции предприятия по сравнению с прошлым годом на 2,1%. Фактически прирост продукции по сравнению с

прошлым годом составил 4,8%.

Определить процент выполнения плана по выпуску продукции.

Задача 6. По плану отчетного года уровень годовой производительности труда работников должен возрасти по сравнению с прошлым годом на 3,0%. План по уровню производительности труда перевыполнен на 2,0%.

Определить фактический уровень производительности труда, если известно, что в прошлом году уровень годовой производительности труда составил 680 тыс. руб.

Задача 7. Предприятие перевыполнило план реализации продукции в отчетном году на 3,8%. Увеличение реализации продукции в отчетном году по сравнению с прошлым составило 5,6%.

Определить, каково было плановое задание по росту объема реализации продукции.

Задача 8. За отчетный квартал потребление топлива на производственные нужды по предприятию следующее: уголь - 1200 т, газ - 380 тыс. $м^3$, нефть - 210 т.

Определить, какую долю в общем объеме потребленного топлива занимает уголь, если коэффициенты пересчёта в условное топливо следующие: уголь - 0,9; газ - 1,2; нефть - 1,3.

Задача 9. Планом предусмотрено снижение затрат на 1 руб. продукции на 4,0%; фактически по сравнению с прошлым годом затраты возросли на 1,8%.

Определить, на сколько процентов фактические затраты на 1 руб. продукции отличаются от плановых.

Задача 10. По отделению дороги планом предусмотрено увеличение объема отправок груза на 10,0%. Фактически объем отправок груза по сравнению с прошлым годом повысился на 12,2%.

Определить, на сколько процентов перевыполнен план по объему отправок груза.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Комиссаров А. П. Защита интеллектуальной собственности: учебник; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 160 с.
2. Саитов В. И. Основы научно-исследовательских работ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине

# Б1.О.18 ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

Автор: Лагунова Ю. А., д-р техн. наук, профессор

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. Практические работы ..... 3

ЛИТЕРАТУРА ..... 6

## ВВЕДЕНИЕ

*Целью* освоения учебной дисциплины является формирование у обучающихся представлений о патентной и лицензионной деятельности, об оценке точности полученных моделей, о теории планирования эксперимента, овладение навыками обработки научно-технической информации, навыками обработки результатов экспериментальных исследований на основе корреляционного и регрессионного анализа.

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- *овладение* обучающихся умениями и навыками практического решения технических проблем;
- *развитие* у обучаемых самостоятельного логического мышления при анализе научно-технической и патентной информации;
- *ознакомление* обучаемых с основами теории планирования эксперимента и методами обработки результатов эксперимента;
- *обучение* применению полученных практических и теоретических знаний при выполнении контрольной работы по определению параметров оптимизации логистических транспортных цепей и звеньев с учетом критериев оптимальности.

## 1. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

**Задача 1.** Перевозка груза выполняется автомобилем грузоподъемностью 7 т. По пути следования автомобиль нагружают и разгружают в нескольких пунктах (выполняется одна ездка с заездами). Расстояние между пунктами заезда, погрузка и выгрузка в них характеризуются следующими данными (табл. 1.1).

Таблица 1.1.

| № пункта | Количество тонн | | Расстояние между последовательными пунктами, км |
|---|---|---|---|
| | погружено | разгружено | |
| 1 | 6,5 | — | — |
| 2 | 3,5 | 4,0 | 20,5 |
| 3 | 1,0 | 1,5 | 18,0 |
| 4 | 6,0 | 5,2 | 42,5 |
| 5 | 3,0 | 2,0 | 15,0 |
| 6 | — | 7,3 | 10,0 |

*Определить* количество перевезенных тонн груза и объем грузооборота, которые следует записать в путевом листе грузового автомобиля.

**Задача 2.** По грузовому автотранспортному предприятию имеются следующие данные о перевозке грузов за отчетный год (табл. 1.2).

Таблица 1.2

| Вид груза | Объем перевозок, тыс. т | | Г рузооборот, тыс. ткм | |
|---|---|---|---|---|
| | план | факт | план | факт |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Кирпич | 265,0 | 280,8 | 10600 | 14040 |
| Песок | 106,0 | 129,6 | 1060 | 1036,8 |
| Ж/б конструкции | 519,4 | 507,6 | 10388 | 11421 |
| Пиломатериалы | 169,6 | 162,0 | 5088 | 5670 |

Определить:

1) абсолютное изменение грузооборота в целом по предприятию за счет отдельных факторов (изменения средней дальности перевозки 1 т груза и количества перевезенных тонн);

2) абсолютное изменение грузооборота по каждому виду груза за счет отдельных факторов

2.3) относительное и абсолютное изменение средней дальности перевозки 1 т груза в целом по предприятию за счет: изменения средней дальности перевозки 1 т груза по видам груза; изменения структуры в объеме перевозок.

Задача 3. Перевозка груза выполняется автомобилем грузоподъемностью 9 т. По пути следования автомобиль нагружают и разгружают в нескольких пунктах (выполняется одна ездка с заездами). Расстояние между пунктами заезда, погрузки и выгрузки характеризуются следующими данными (табл. 1.3).

Таблица 1.3

| № пункта | Количество тонн | | Расстояние между последовательными пунктами, км |
|---|---|---|---|
| | погружено | разгружено | |
| 1 | 8,5 | — | — |
| 2 | 3,5 | 3,0 | 16,0 |
| 3 | 5,2 | 6,0 | 21,0 |
| 4 | 2,7 | 2,0 | 18,5 |
| 5 | 2,0 | 4,8 | 15,8 |
| 6 | 2,5 | 1,5 | 10,5 |
| 7 | 3,4 | 2,0 | 13,2 |
| 8 | — | 8,5 | 24,0 |

*Определить* количество перевезенных тонн груза и объем грузооборота, которые следует записать в путевом листе грузового автомобиля.

**Задача 4.** Имеются следующие данные о результатах работы грузового автотранспортного предприятия за отчетный год:

1) по сдельным автомобилям объем перевозки составил 3850 тыс. т, грузооборот - 68350 тыс. ткм;

2) по повременным автомобилям общий пробег составил 1380 тыс. км при средней грузоподъемности 8,3 т; принятый коэффициент использования пробега в = 0,5; принятый коэффициент использования грузоподъемности у = 0,8 при средней дальности перевозки 1 т груза (определенной на основе специального обследования) 24,5 км.

*Определить* годовой объем транспортной работы в приведенных тонно-километрах и годовой объем перевозок в приведенных тоннах.

**Задача 5.** По автобусным предприятиям за отчетный месяц получены следующие показатели по перевозкам пассажиров по городским маршрутам:

- сумма выручки от продажи разовых билетов - 31920 тыс. руб. (при тарифе за одну пассажиро-поездку 9 руб.);
- реализовано месячных абонементных билетов 32100 (при среднем числе пассажиро-поездок на один билет 75);
- число лиц, имеющих удостоверение на право бесплатного проезда 140 тыс. человек (при среднем числе пассажиро-поездок за месяц 50).

Среднее расстояние перевозки одного пассажира, установленное на основе специального обследования 4,3 км.

*Определить* число перевезенных пассажиров и объем выполненной транспортной работы.

**Задача 6.** Внутригородские автобусные перевозки выполняются в городе четырьмя автотранспортными предприятиями. Суммарные объемные показатели их работы за отчетный месяц составили:

- общее число перевезенных пассажиров - 400 тыс. чел.;
- объем выполненной транспортной работы - 1720,0 тыс. пасс.км;
- количество место-километров работы:

предприятие 1 - 518,0 тыс;
предприятие 2 — 315,0 тыс; предприятие 3 — 217,0 тыс; предприятие 4 — 350,0 тыс.

*Определить* объемные показатели по перевозкам для каждого предприятия (число перевезенных пассажиров и пассажиро- оборот).

**Задача 7.** По автобусному парку за два месяца имеются следующие данные (табл. 1.4).

Таблица 1.4

| Показатели работы автобусов | Апрель | Май |
|---|---|---|
| Маршрутные автобусы Перевезено пассажиров, тыс. чел. | 14380 | 14700 |
| Пассажирооборот, тыс. пасс. км | 69024 | 70560 |
| Заказные автобусы Общий пробег, тыс. км | 2,78 | 3,84 |
| Средняя вместимость автобуса, чел. | 35,0 | 36,1 |
| Среднее расстояние перевозки пассажира в пригородном сообщении, км | 8,3 | 8,3 |
| Произведение р-у | 0,65 | 0,65 |

*Определить* абсолютное изменение объема транспортной работы и числа перевезенных пассажиров в мае по сравнению с апрелем, в целом по автобусному парку.

**Задача 8.** По автобусному предприятию за два года имеются следующие данные (табл. 1.5).

Таблица 1.5

| Показатель | Прошлый год | Отчетный год |
|---|---|---|
| Пассажирооборот, тыс. пасс. км | 721500 | 748800 |
| Перевезено пассажиров, тыс. чел. | 142500 | 144000 |

*Определить* изменение пассажирооборота (в абсолютном размере) за счет изменения числа перевезенных пассажиров и средней дальности их перевозки.

**Задача 9.** Работа предприятия, осуществляющего перевозку пассажиров маршрутными такси, характеризуется следующими данными (табл. 1.6)

Таблица 1.6

| № маршрута | Сумма выручки от продажи разовых билетов, тыс. руб. | | Тариф по маршруту, руб. | Протяженность маршрута, км |
|---|---|---|---|---|
| | май | июнь | | |
| 126 | 115,5 | 118,3 | 11 | 8,5 |
| 145 | 120,0 | 123,3 | 13 | 10 |
| 131 | 101,8 | 102,8 | 15 | 12 |

## ЛИТЕРАТУРА

1. Комиссаров А. П. Защита интеллектуальной собственности: учебник; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 160 с.
2. Саитов В. И. Основы научно-исследовательских работ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по выполнению самостоятельной работы по дисциплине

# Б1.О.18 ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

форма обучения: очная, заочная

год набора: **2022**

Автор: Лагунова Ю. А., д-р техн. наук, профессор

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. Повторение материала лекций ..... 3

2. Самостоятельное изучение тем ..... 5

ЛИТЕРАТУРА ..... 7

## ВВЕДЕНИЕ

*Целью* освоения учебной дисциплины является формирование у обучающихся представлений о патентной и лицензионной деятельности, об оценке точности полученных моделей, о теории планирования эксперимента, овладение навыками обработки научно-технической информации, навыками обработки результатов экспериментальных исследований на основе корреляционного и регрессионного анализа.

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- *овладение* обучающимися умениями и навыками практического решения технических проблем;
- *развитие* у обучаемых самостоятельного логического мышления при анализе научно-технической и патентной информации;
- *ознакомление* обучаемых с основами теории планирования эксперимента и методами обработки результатов эксперимента;
- *обучение* применению полученных практических и теоретических знаний при выполнении контрольной работы по определению параметров оптимизации логистических транспортных цепей и звеньев с учетом критериев оптимальности.

## 1. ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИАЛА ЛЕКЦИЙ

**Тема 1: Введение. Общие и специальные требования дисциплины.**

Законы и формы познания. Методы проведения исследований. Сравнение и измерение. Дедукция и индукция. Анализ и синтез. Научные идеи и гипотезы. Абстракция и обобщение. Моделирование. Место творчества в процессе исследования. Классификация методов научного исследования, методология исследований. Гипотетический метод. Аксиоматический метод. Исторический метод. Абстрагирование. Конкретизация. Системный анализ. Формализация. Создание теории.

**Тема 2: Виды научно-технической информации. Основы информационного поиска.**

Информация имеет свойство «стареть». Печатная продукция. Служба научно-технической информации. Общегосударственная служба информации. Носители информации. Книги. Периодика. Нормативные документы. Каталоги и прейскуранты. Отчеты НИОКР. Информационные издания. Материалы научно-технических производственных совещаний. Переводы. Диссертации и авторефераты. Восходящий и нисходящий поток информации. Основной фонд. Справочный фонд.

**Тема 3: Основы патентоведения. Патентный закон РФ.**

Понятие интеллектуальной собственности. Интеллектуальное право. Исключительное право. Авторское право, основные задачи и принципы. Патентное право. Изобретение. Полезная модель. Промышленный образец. Принципы российского патентного права.

**Тема 4: Заявка на изобретение. Экспертиза заявки. Патентный поиск.**

Регистрация и правовая охрана программ для ЭВМ и баз данных. Понятие и признаки изобретения. Объект изобретения. Признаки изобретения. Понятие «уровень техники». Изобретательский уровень как существенное отличие. Промышленная применимость. Понятие и признаки полезной модели. Понятие и признаки промышленного образца. Субъекты патентного права.

**Тема 5: Основы теории научного эксперимента.**

Цель экспериментального исследования, определяющего его конечный результат. Типовые задачи эксперимента. Основные положения планирования эксперимента. Методика и эмпирическая схема проведения эксперимента. Методы обработки, отображения, интерпретации экспериментальных данных.

**Тема 6: Критерии подобия и моделирование.**

Равенство всех однотипных критериев подобия для двух физических явлений и систем - необходимое и достаточное условие их физического подобия. **Моделирование –** исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя. **Виды моделирования:** *концептуальное моделирование*; *физическое (натурное) моделирование*; *структурно-функциональное моделирование*; *математическое (логико-математическое) моделирование*, *имитационное (компьютерное) моделирование*.

**Тема 7: Основы статистической обработки экспериментальных данных.**

Подобие объектов. Критерии подобия. Числа Рейнольдса, Пекле, Прандтля. Построение интервального статистического ряда. Построение эмпирической функции распределения. Гистограмма и полигон. Получение точечных статистических оценок.

**Тема 8: Закон нормального распределения. Отсев грубых погрешностей измерений.**

Двумерный случайный вектор и его закон распределения. Функция распределения. Двумерный дискретный случайный выбор. Маргинальные законы распределения компонент. Условные законы распределения компонент. Числовые характеристики. Отсев *грубых погрешностей* для больших выборок. Таблицы распределения Стьюдента. Метод исключения аномальных значений для выборок большого объема. Распределение Стьюдента относится к категории распределений, связанных с *нормальным распределением.*

**Тема 9: Корреляционный и регрессионный анализ.**

Корреляционный момент и коэффициент корреляции. Нормальный закон распределения на плоскости. Функции регрессии. Линейная регрессия. Линейная корреляция. Нормальная корреляция. Корреляционный анализ экспериментальных данных. Регрессия. Кривые регрессии, их свойства. Коэффициент корреляции, корреляционное отношение, их свойства и оценки. Принцип максимального правдоподобия. Статистические методы обработки экспериментальных данных.

**Тема 10: Парная и множественная корреляция.**

Парная корреляция - это связь между двумя показателями, один из которых является факторным, а другой - результативным. Множественная корреляция возникает от взаимодействия не скольких факторов с результативным показателем. Коэффициент парной корреляции. Корреляционный момент. Теснота связи между двумя показателями в общем виде с учетом взаимосвязей факторов, оказывающих воздействие на результативный показатель. Индекс множественной корреляции. Ранговая корреляция и непараметрические методы измерения связей.

**Тема 11: Основы теории ошибок.**

Свойства ошибок и законы их распределения. Задача теории ошибок. Абсолютные - относительные. Измеряемая величина имеет ошибку. Систематические - случайные. Систематические - это те, что повторяются из опыта в опыт и имеют одно и то же значение.

**Тема 12: Характеристики точности измерений.**

Погрешность измерений. Факторы, влияющие на погрешность измерений. Виды погрешностей. Отклонение измерений от истинного значения. Абсолютная и приведенная погрешности. Фундаментальный закон теории погрешностей. Систематическая, случайная, грубая погрешности. Субъективная, методическая и инструментальная составляющие погрешности. Сходимость. Воспроизводимость.

**Тема 13: Теория планирования научного эксперимента.**

Математическое планирование. Неконтролируемые и неуправляемые переменные. Факторы соответствия. Количественные и качественные факторы. Ограничения. План эксперимента. Уровни факторов.

**Тема 14: Полный факторный эксперимент. Нелинейные модели.**

Полный факторный эксперимент. Матрица планирования. Построение линейной модели. Критерий Стьюдента. Критерий Фишера. Дисперсия адекватности. Метод наименьших квадратов. Диаграмма разброса.

**Тема 15: Дробный факторный эксперимент.**

Дробный факторный эксперимент. Основные задачи математической статистики. Генеральная совокупность и выборка Вариационный ряд. Гистограмма, эмпирическая функция распределения, выборочная средняя и дисперсия. Статистические оценки параметров распределения. Методы расчёта сводных характеристик выборки

**Тема 16: Квадратичные модели и их планы экспериментов.**

Условные варианты. Начальные и центральные эмпирические моменты. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Понятие о критериях согласия. Статистическая проверка гипотез.

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ

**Тема 1: Введение. Общие и специальные требования дисциплины.**

Законы и формы познания. Методы проведения исследований. Сравнение и измерение. Дедукция и индукция. Анализ и синтез. Научные идеи и гипотезы. Абстракция и обобщение. Моделирование. Место творчества в процессе исследования. Классификация методов научного исследования, методология исследований. Гипотетический метод. Аксиоматический метод. Исторический метод. Абстрагирование. Конкретизация. Системный анализ. Формализация. Создание теории.

**Тема 2: Виды научно-технической информации. Основы информационного поиска.**

Информация имеет свойство «стареть». Печатная продукция. Служба научно-технической информации. Общегосударственная служба информации. Носители информации. Книги. Периодика. Нормативные документы. Каталоги и прейскуранты. Отчеты НИОКР. Информационные издания. Материалы научно-технических производственных совещаний. Переводы. Диссертации и авторефераты. Восходящий и нисходящий поток информации. Основной фонд. Справочный фонд.

**Тема 3: Основы патентоведения. Патентный закон РФ.**

Понятие интеллектуальной собственности. Интеллектуальное право. Исключительное право. Авторское право, основные задачи и принципы. Патентное право. Изобретение. Полезная модель. Промышленный образец. Принципы российского патентного права.

**Тема 4: Заявка на изобретение. Экспертиза заявки. Патентный поиск.**

Регистрация и правовая охрана программ для ЭВМ и баз данных. Понятие и признаки изобретения. Объект изобретения. Признаки изобретения. Понятие «уровень техники». Изобретательский уровень как существенное отличие. Промышленная применимость. Понятие и признаки полезной модели. Понятие и признаки промышленного образца. Субъекты патентного права.

**Тема 5: Основы теории научного эксперимента.**

Цель экспериментального исследования, определяющего его конечный результат. Типовые задачи эксперимента. Основные положения планирования эксперимента. Методика и эмпирическая схема проведения эксперимента. Методы обработки, отображения, интерпретации экспериментальных данных.

**Тема 6: Критерии подобия и моделирование.**

Равенство всех однотипных критериев подобия для двух физических явлений и систем - необходимое и достаточное условие их физического подобия. **Моделирование –** исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя. **Виды моделирования:**

*концептуальное моделирование*; *физическое (натурное) моделирование*; *структурно-функциональное моделирование*; *математическое (логико-математическое) моделирование*, *имитационное (компьютерное) моделирование*.

**Тема 7: Основы статистической обработки экспериментальных данных.**

Подобие объектов. Критерии подобия. Числа Рейнольдса, Пекле, Прандтля. Построение интервального статистического ряда. Построение эмпирической функции распределения. Гистограмма и полигон. Получение точечных статистических оценок.

**Тема 8: Закон нормального распределения. Отсев грубых погрешностей измерений.**

Двумерный случайный вектор и его закон распределения. Функция распределения. Двумерный дискретный случайный выбор. Маргинальные законы распределения компонент. Условные законы распределения компонент. Числовые характеристики. Отсев *грубых погрешностей* для больших выборок. Таблицы распределения Стьюдента. Метод исключения аномальных значений для выборок большого объема. Распределение Стьюдента относится к категории распределений, связанных с *нормальным распределением.*

**Тема 9: Корреляционный и регрессионный анализ.**

Корреляционный момент и коэффициент корреляции. Нормальный закон распределения на плоскости. Функции регрессии. Линейная регрессия. Линейная корреляция. Нормальная корреляция. Корреляционный анализ экспериментальных данных. Регрессия. Кривые регрессии, их свойства. Коэффициент корреляции, корреляционное отношение, их свойства и оценки. Принцип максимального правдоподобия. Статистические методы обработки экспериментальных данных.

**Тема 10: Парная и множественная корреляция.**

Парная корреляция - это связь между двумя показателями, один из которых является факторным, а другой - результативным. Множественная корреляция возникает от взаимодействия не скольких факторов с результативным показателем. Коэффициент парной корреляции. Корреляционный момент. Теснота связи между двумя показателями в общем виде с учетом взаимосвязей факторов, оказывающих воздействие на результативный показатель. Индекс множественной корреляции. Ранговая корреляция и непараметрические методы измерения связей.

**Тема 11: Основы теории ошибок.**

Свойства ошибок и законы их распределения. Задача теории ошибок. Абсолютные - относительные. Измеряемая величина имеет ошибку. Систематические - случайные. Систематические - это те, что повторяются из опыта в опыт и имеют одно и то же значение.

**Тема 12: Характеристики точности измерений.**

Погрешность измерений. Факторы, влияющие на погрешность измерений. Виды погрешностей. Отклонение измерений от истинного значения. Абсолютная и приведенная погрешности. Фундаментальный закон теории погрешностей. Систематическая, случайная, грубая погрешности. Субъективная, методическая и инструментальная составляющие погрешности. Сходимость. Воспроизводимость.

**Тема 13: Теория планирования научного эксперимента.**

Математическое планирование. Неконтролируемые и неуправляемые переменные. Факторы соответствия. Количественные и качественные факторы. Ограничения. План эксперимента. Уровни факторов.

**Тема 14: Полный факторный эксперимент. Нелинейные модели.**

Полный факторный эксперимент. Матрица планирования. Построение линейной модели. Критерий Стьюдента. Критерий Фишера. Дисперсия адекватности. Метод наименьших квадратов. Диаграмма разброса.

**Тема 15: Дробный факторный эксперимент.**

Дробный факторный эксперимент. Основные задачи математической статистики. Генеральная совокупность и выборка Вариационный ряд. Гистограмма, эмпирическая функ-

ция распределения, выборочная средняя и дисперсия. Статистические оценки параметров распределения. Методы расчёта сводных характеристик выборки

**Тема 16: Квадратичные модели и их планы экспериментов.**

Условные варианты. Начальные и центральные эмпирические моменты. Доверительная вероятность и доверительный интервал. Понятие о критериях согласия. Статистическая проверка гипотез.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Комиссаров А. П. Защита интеллектуальной собственности: учебник; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. 160 с.
2. Саитов В. И. Основы научно-исследовательских работ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ*

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Направление

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Екатеринбург

# 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 «Эектротехника» 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.

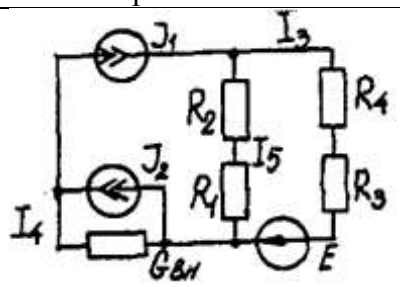
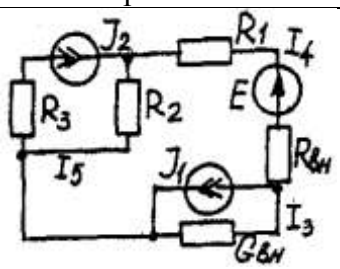
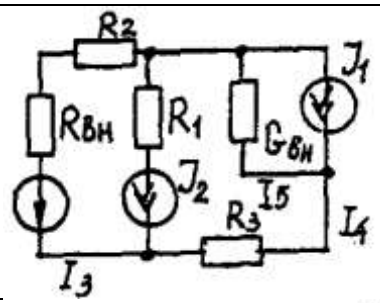
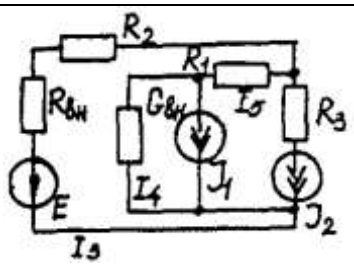
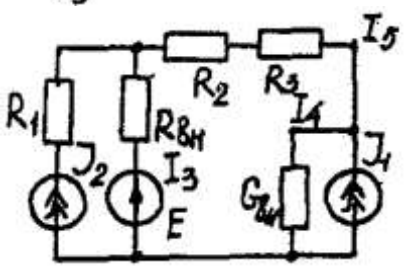
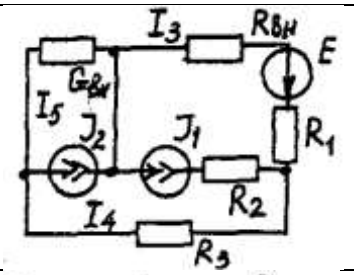
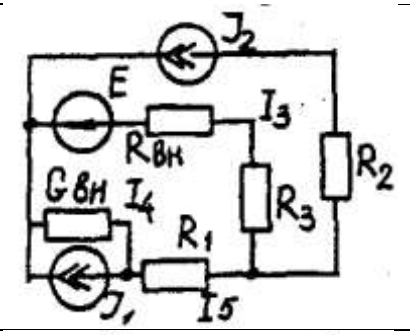
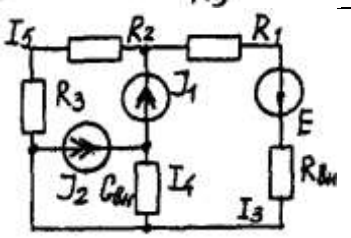
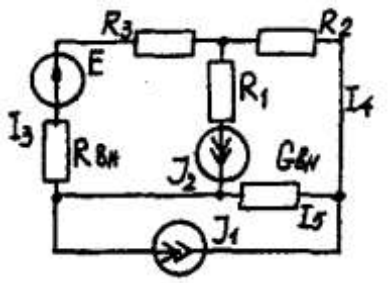
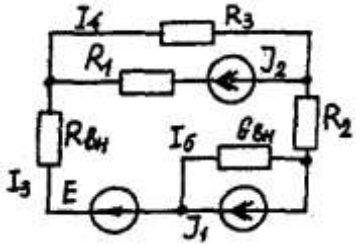
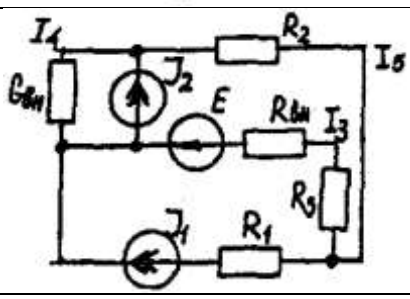
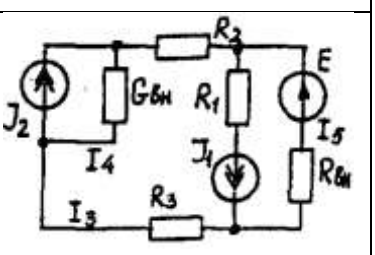
Высокий научный и инженерный уровень дисциплины обусловлен глубоким проникновением в ее разделы законов и положений, которые даются в курсах «Физика» и «Математика».

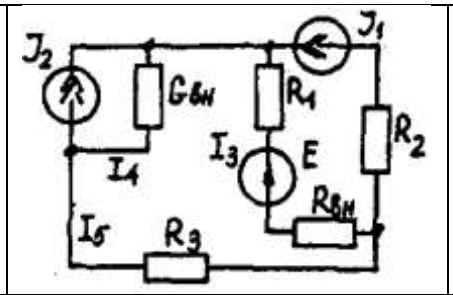
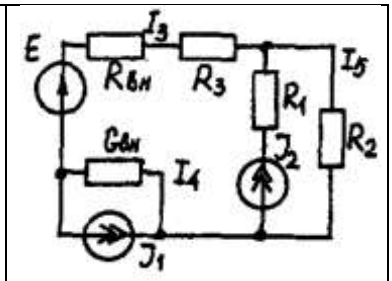
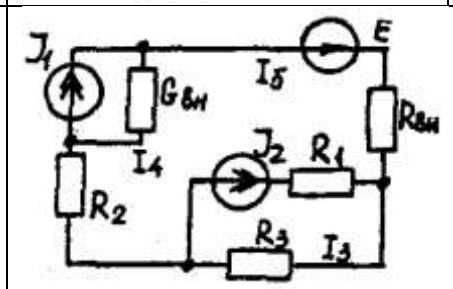
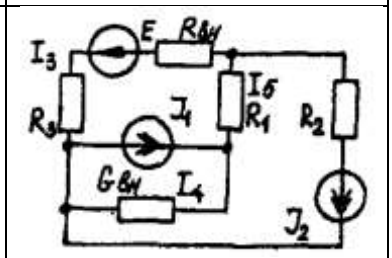
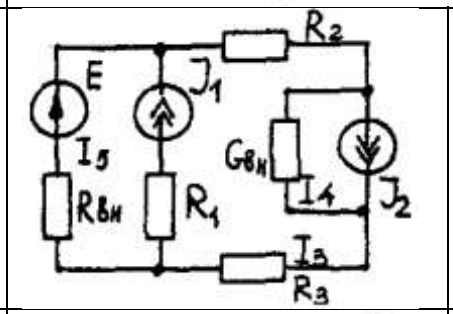
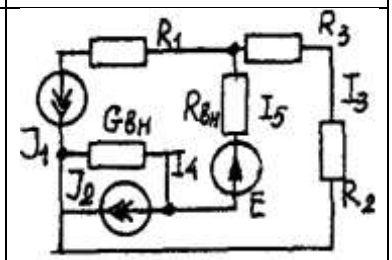
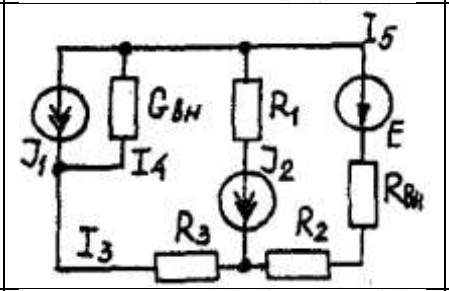
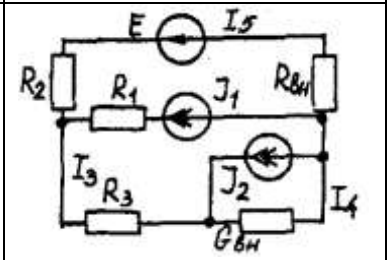
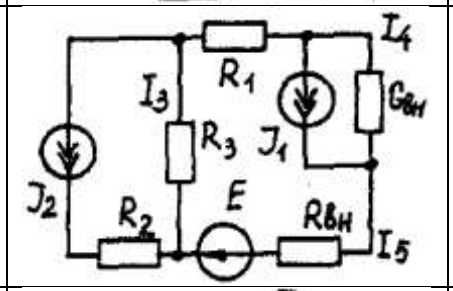
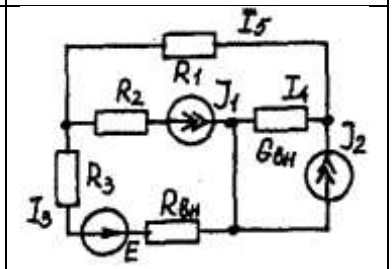
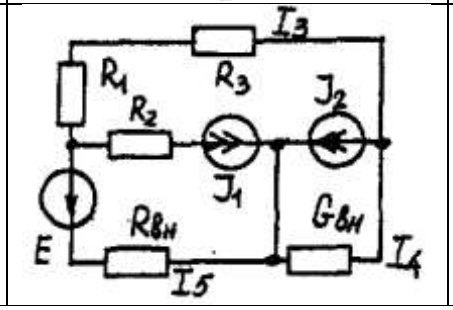
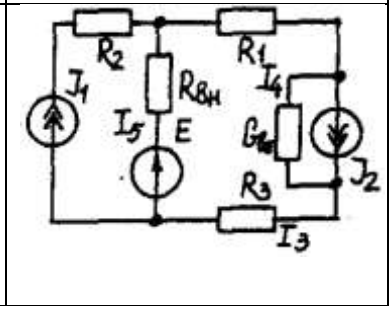
***Выполнение контрольных заданий.***

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.

$$\left.\begin{array}{l} \varphi_1 G_{11} - \varphi_1 G_{12} - \varphi_3 G_{13} = I_{11} \\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_1 G_{22} - \varphi_3 G_{23} = I_{22} \\ -\varphi_1 G_{31} - \varphi_1 G_{32} - \varphi_3 G_{33} = I_{33} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{array}\right\} \quad (1.1)$$

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).

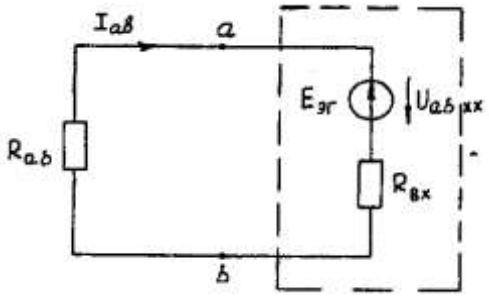



Рис. 1.1. К методу эквивалентного генератора

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.

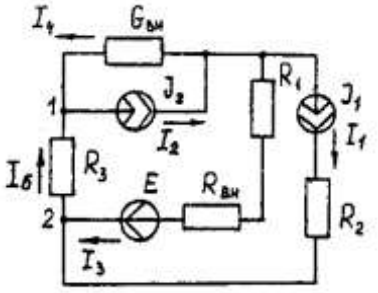



Рис. 1.2. Схема заданной электрической цепи

### *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.

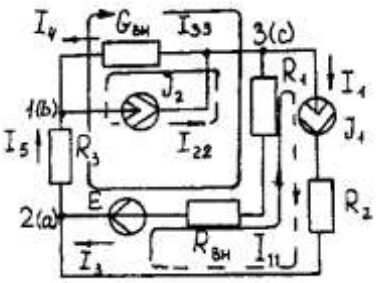



Рис. 1.3. Схема электрической цепи для метода контурных токов

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 ($\varphi_3$) 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 $\varphi_1$= -3 В ; $\varphi_2$ = 29,5 В.

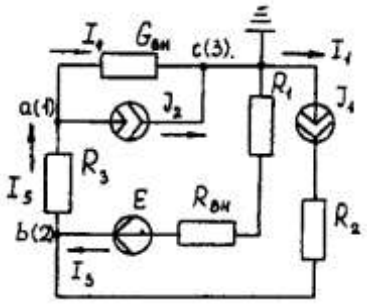



Рис. 1.4. Схема электрической цепи для метода узловых потенциалов

Токи в ветвях:

$I_3$ = [($\varphi_3$ - $\varphi_2$) + $E$] * 1/ ($R_1$ + $R_{вн}$) = [(0 - 29,5) + 65,5] * 1/(9 + 3) - 3 А;

$I_4$ = ($\varphi_3$ - $\varphi_1$)-$G_{ВН}$ = (0 + 3)*0,5 = 1,5 А;

$I_5$ = ($\varphi_1$- $\varphi_2$) • 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.

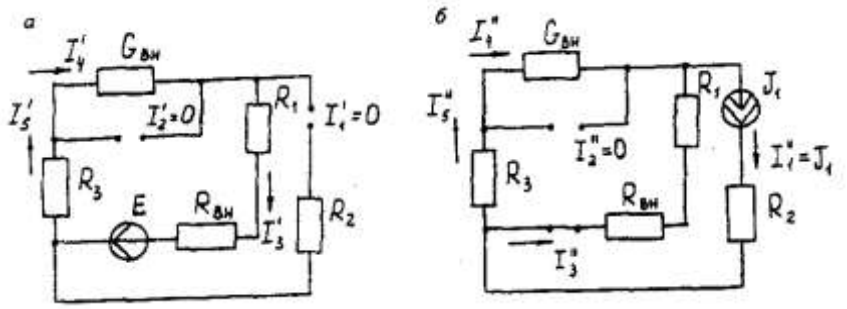



Рис. 1.5. Схема электрической цепи для метода наложения при исключении источника тока (а) и вызванные источником тока *(б)*

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

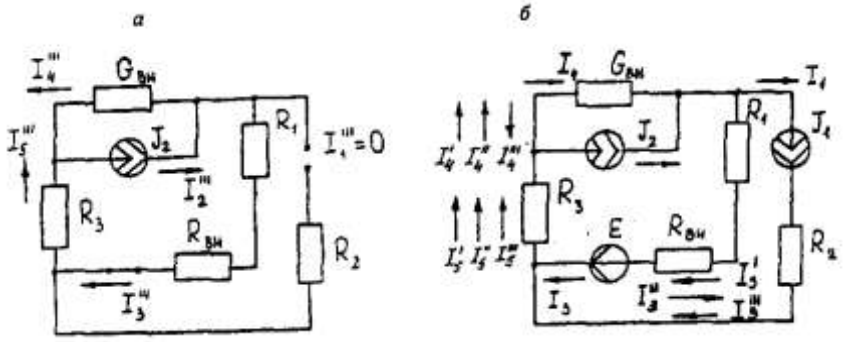



Рис. 1.6. Схема электрической цепи для определения составляющих токов в ветвях, вызванных источником тока (а) и при исключении (б)

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.*

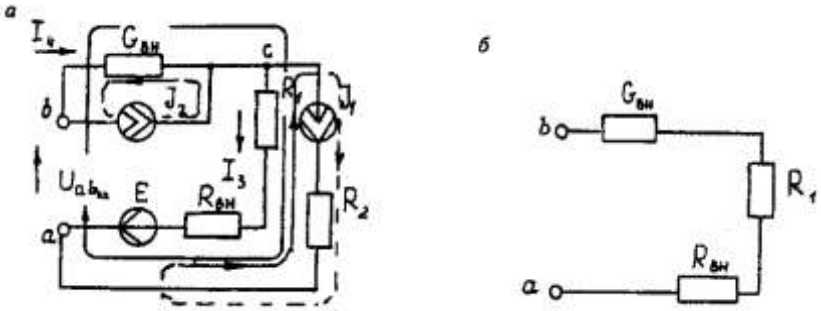



Рис. 1.7. Схема электрической цепи для метода эквивалентного генератора: *а* - исходная; *б* – преобразованная

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 $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50 Гц, \psi_1 = 0$

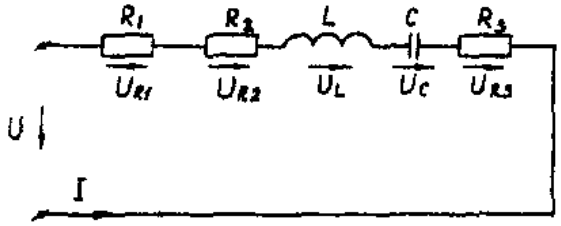



Рис. 2.1. Неразветвленная электрическая цепь

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 $\psi_i$=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.

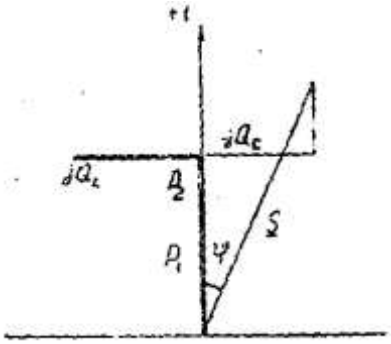


Рис. 2.1,с

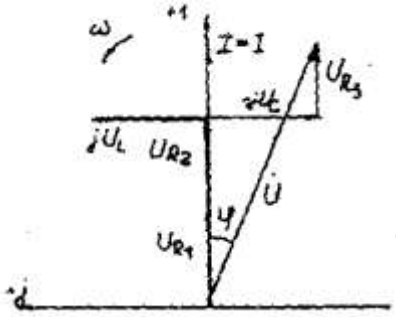


Рис. 2.1,в

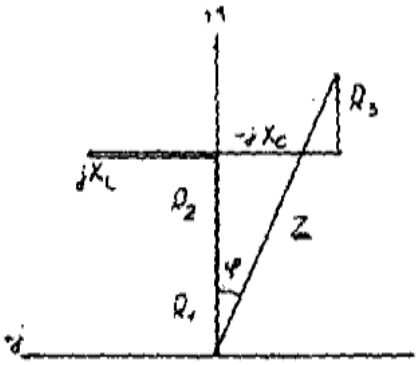


Рис. 2.1,а

## 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 $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t),\ f = 50 Гц, \psi_1 = 0$

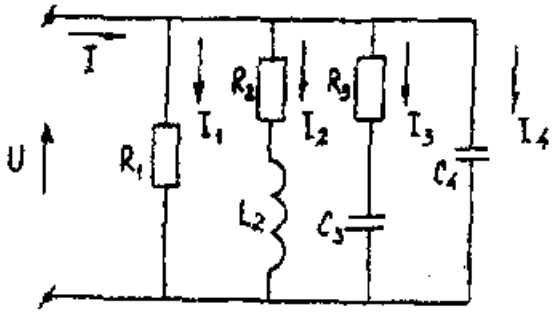


Рис. 2.2. Разветвленная
электрическая цепь

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

$$S = \dot{U}\dot{I}^{*} = U\left[I_{a1} + \left(I_{a2} + jI_{L2}\right) + \left(I_{a3} - jI_{C3}\right) + jI_{C4}\right] = \quad (2.9)$$
$$= P_1 + \left(P_2 + jQ_{L2}\right) + \left(P_3 - jQ_{C3}\right) - jQ_{C4}$$

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 $\dot{U} = U$ ($\psi_u$=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.

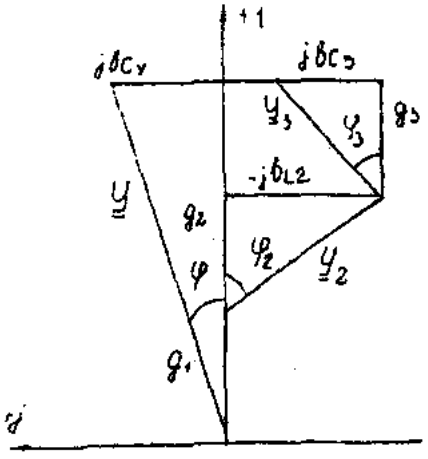



Рис. 2.2.а

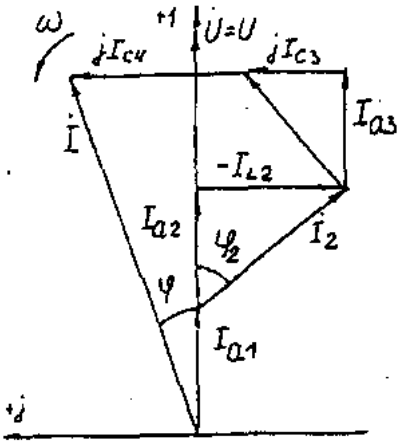



Рис. 2.2.в

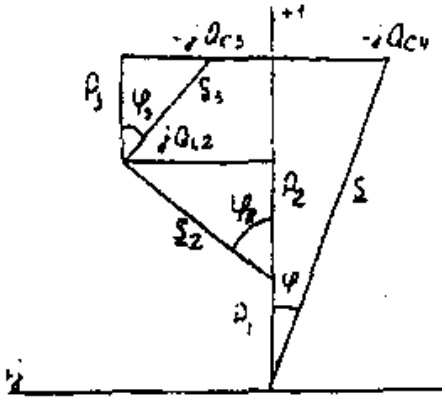



Рис. 2.2.с

## 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.

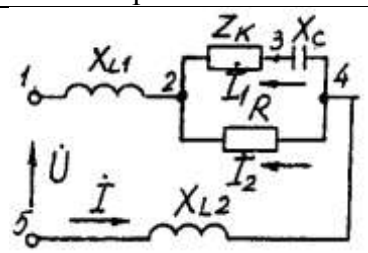
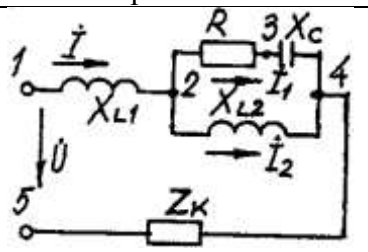
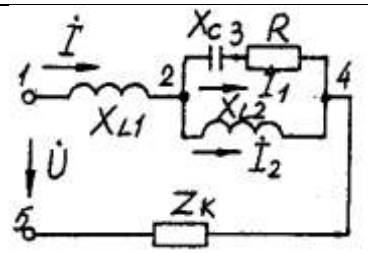
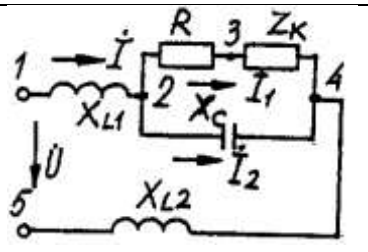
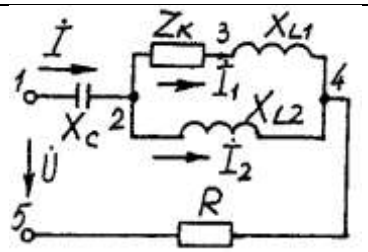
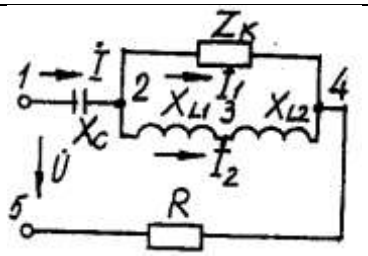
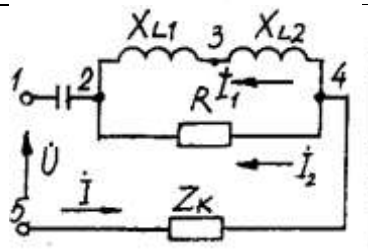
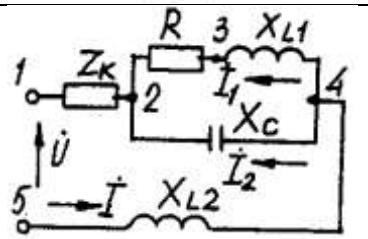
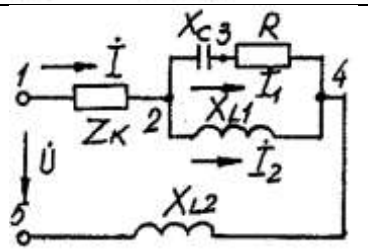
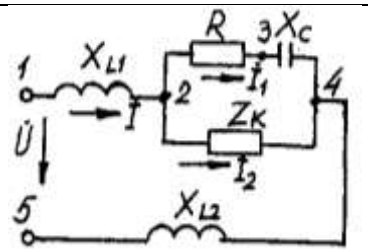
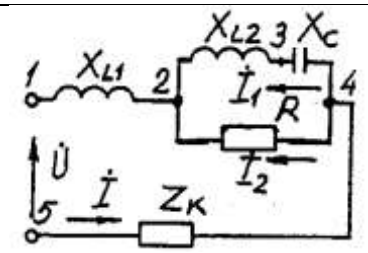
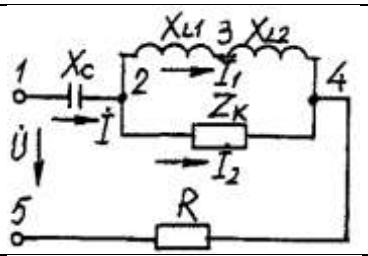
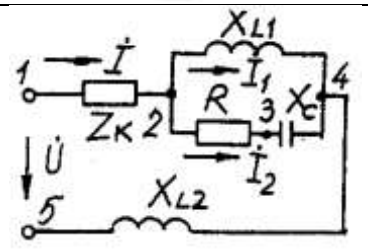
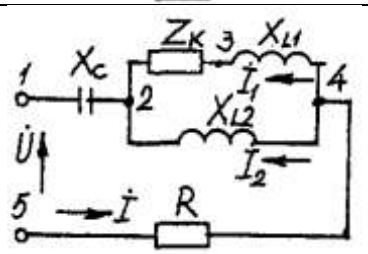
**Методические указания.**

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 |  |

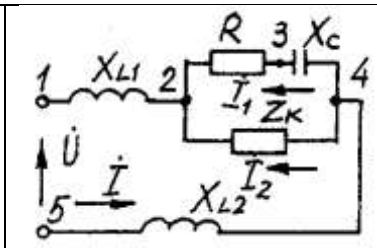
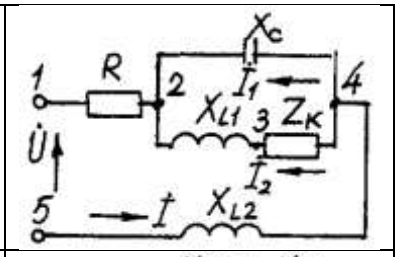
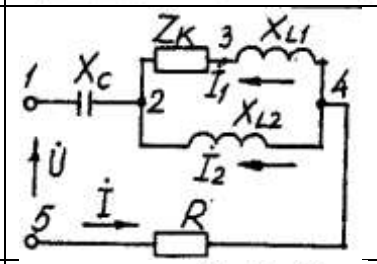
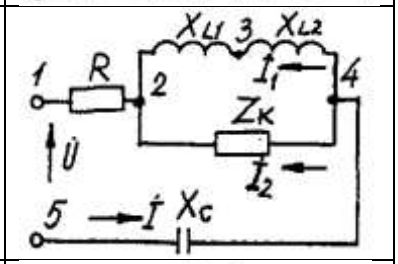
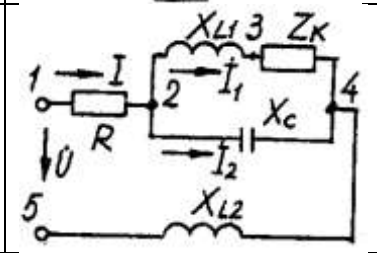
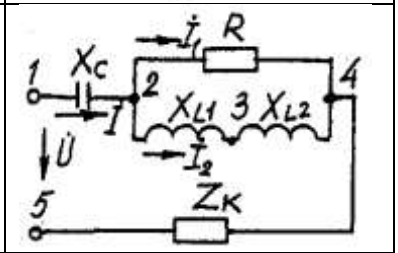
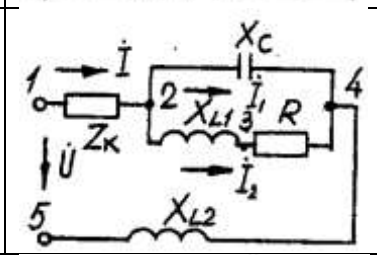
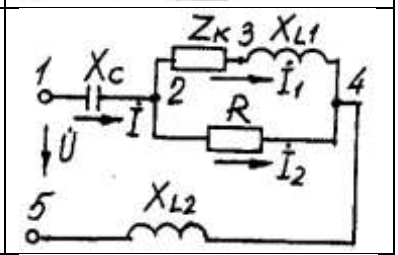
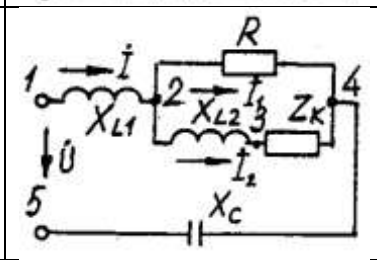
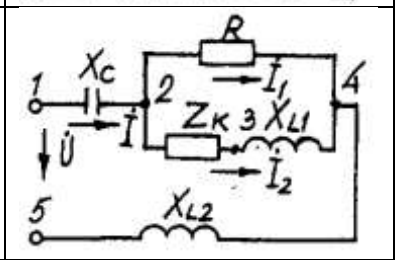
| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 |  | 20 |  |
| 9 |  | 21 |  |
| 10 |  | 22 |  |
| 11 |  | 23 |  |
| 12 |  | 24 |  |

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.

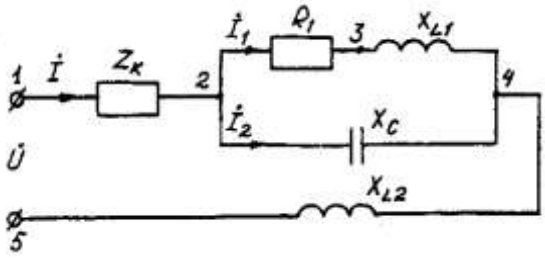



Рис. 2.3. Схема электрической цепи

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:

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(R_к + jX_{Lк}) + \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) + \dot{I}\,jX_{L2} = \dot{U}; \\ \dot{I}_1(R_1 + jX_{L1}) - \dot{I}_2(-jX_C) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.10)$$

$$\left.\begin{array}{c} \dot{I} - \dot{I}_1 - \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}(6 + j6) + \dot{I}_1(8 + j6) + \dot{I}\,j11 = 100; \\ \dot{I}_1(8 + j6) - \dot{I}_2(-j10) = 0. \end{array}\right\} \quad (2.11)$$

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).

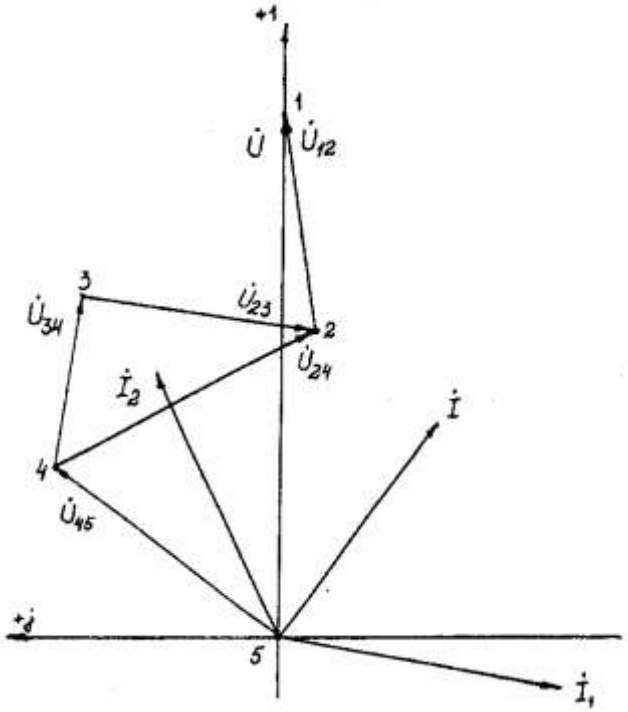



Рис. 2.4. Векторная диаграмма токов и напряжений

# 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.

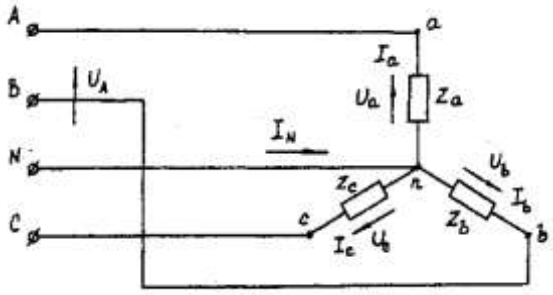



Рис. 3.1. Соединение фаз приемника звездой

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.

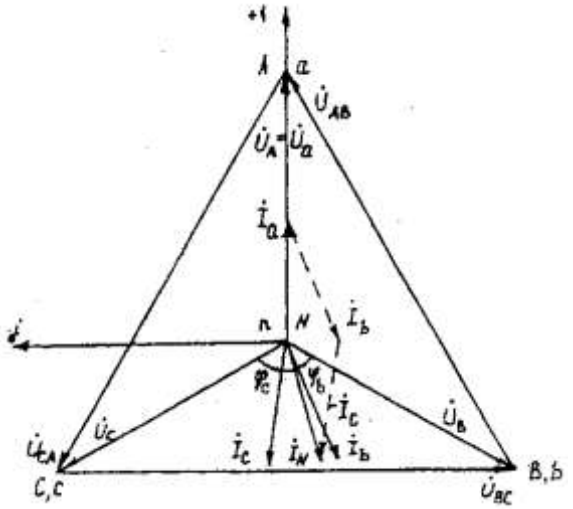



Рис. 3.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

*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)] = $11,44e^{-j165^\circ}/0,1154e^{j5^\circ}=99e^{-j170^\circ}$ = (-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.

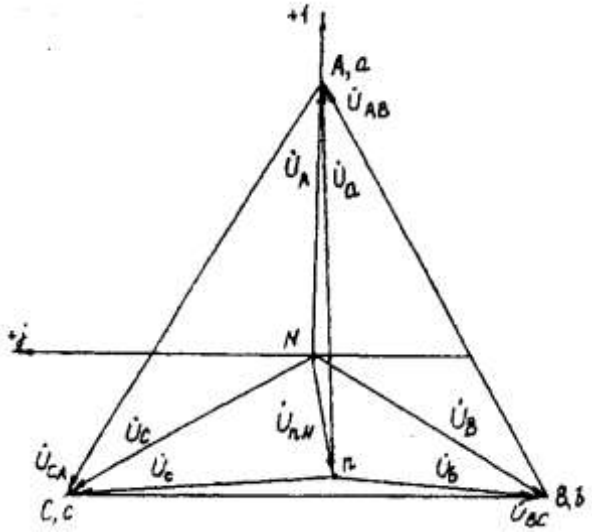



Рис. 3.3. Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки

## 3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником

| Номер вариа-нта | Значения параметров | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $U_A$, В | Сопротивлени е 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.

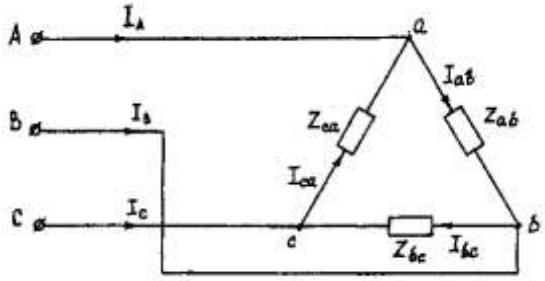



Рис. 3.4. Соединение фаз приемника треугольником

**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:

$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})=Re(380\cdot17,3)+Re(380e^{-j120°}\cdot19e^{j157°})+Re(380e^{j120°}\cdot19e^{-j157°})=6600+5776+5776=18152.$

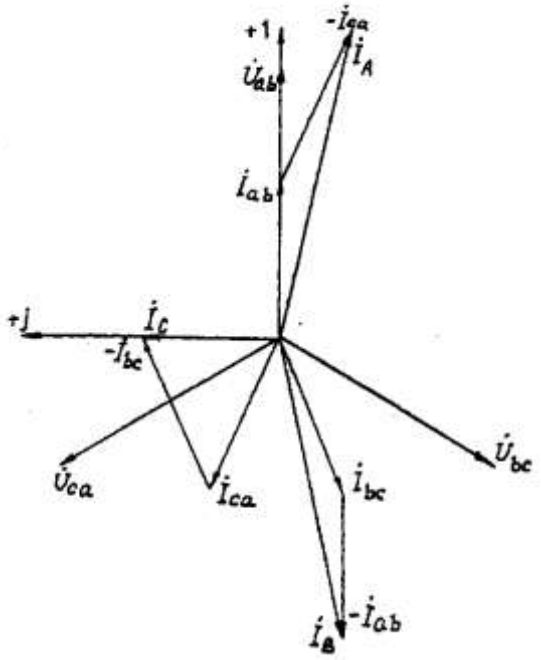



Рис. 3.5. Векторная диаграмма напряжений и токов

# 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 | О,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 $Z_{Л2}$.

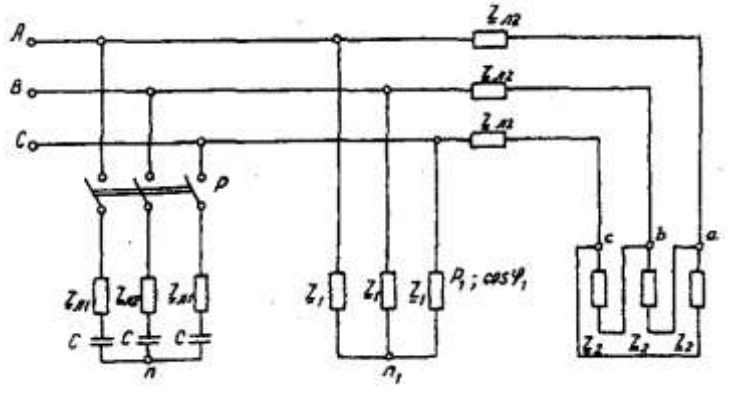



Рис. 4.1. Электрическая схема трехфазных потребителей

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 $\varphi_1$=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

$$U_ф=\frac{U_Л}{\sqrt{3}}=\frac{220}{\sqrt{3}}=127.$$

Вектор фазного напряжения источника венных чисел, тогда, В

$\mathring{U}_A$ направим по оси вещественных чисел, тогда, В

$$\mathring{U}_A=\mathring{U}_Ф=127;$$
$$\mathring{U}_B=\mathring{U}_A\cdot e^{-j120°}=127\cdot e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_C=\mathring{U}_A\cdot e^{-j120°}=127\cdot e^{j120°};$$
$$\mathring{U}_{AB}=\mathring{U}_A-\mathring{U}_B=127\cdot 127\cdot e^{-j120°}=220e^{j30°};$$
$$\mathring{U}_{CA}=\mathring{U}_C-\mathring{U}_A=127\cdot e^{j120°}-127=220e^{j150}.$$

2. Преобразуем треугольник сопротивлений *a,b, c* второго приемника (рис. 4.2) в эквивалентную звезду, Ом

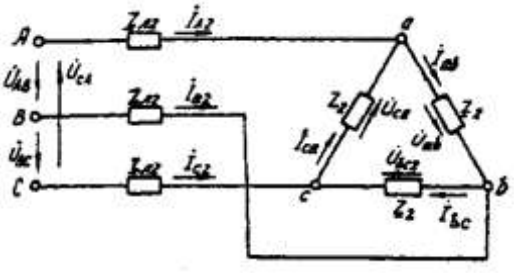


Рис. 4.2. Треугольник сопротивлений второго приемника

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).

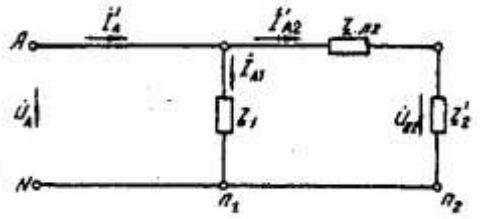


Рис. 4.3. Расчетная схема токов в фазе А

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).

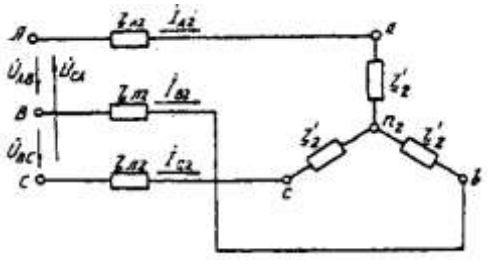


Рис. 4.4. Эквивалентная звезда второго приемника

Фазные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{a2}=\dot{U}_A-\dot{I}_{A2}\cdot\underline{Z}_{л2}=127\text{-}21{,}52e^{-j41°48'}\cdot 2{,}13e^{j48°49'}=81{,}59-j5{,}58=81{,}78e^{-j3°55'};$

$\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j123°55'};$

$\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{j116°05'}.$

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:

$\underline{Z}=\underline{Z}_{л1}-jX_C = 1{,}7 - j4{,}41 = 4{,}73e^{-j68°55'}$.

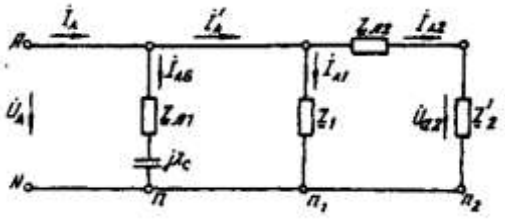


Рис. 4.5. Расчетная схема токов в фазе А с учетом батареи конденсаторов

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;

$$\dot{I}_A=\dot{I}_{Аб}+\dot{I}'_A=9{,}66+j25+26{,}5-j25=36{,}16;$$
$$\dot{I}_B=36{,}16e^{-j120°};\ \dot{I}_C=36{,}16e^{j120°}.$$

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).

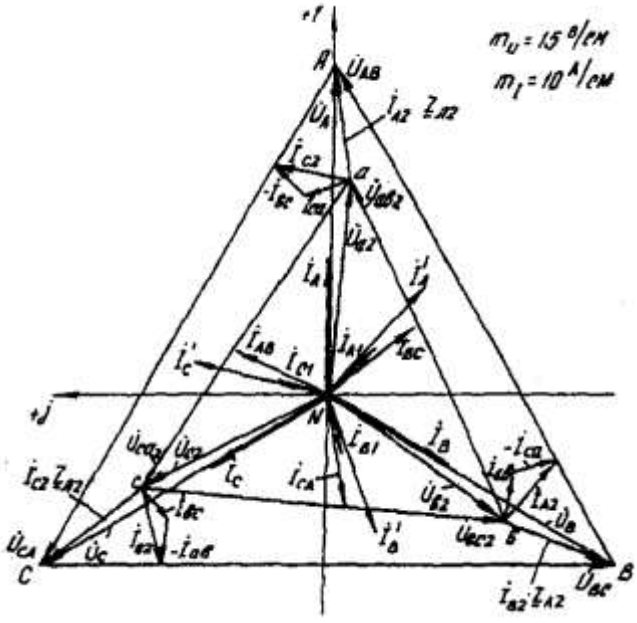


Рис. 4.6. Векторная диаграмма

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 $u_L = L\, di/dt$, $i = C du_c/dt$.

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

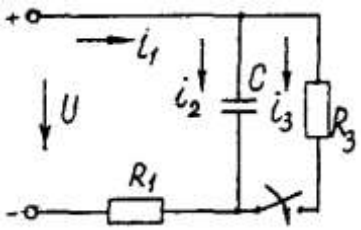
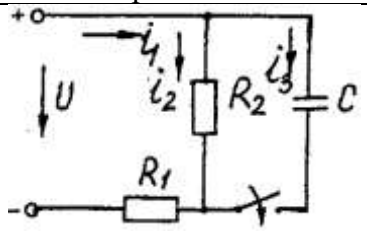
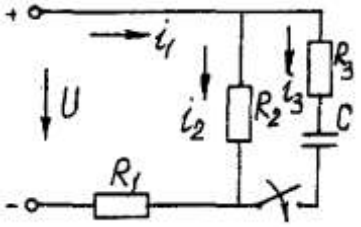
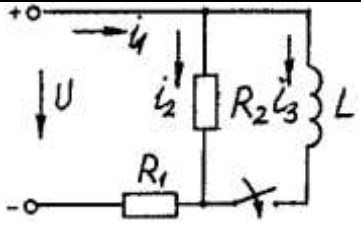
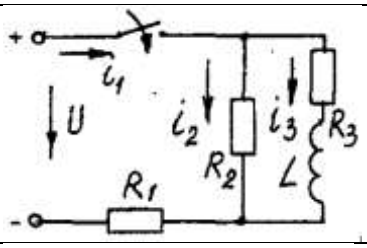
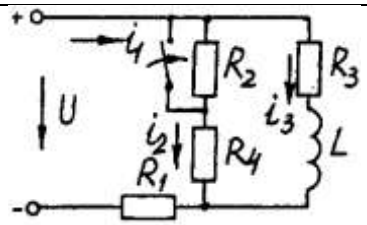
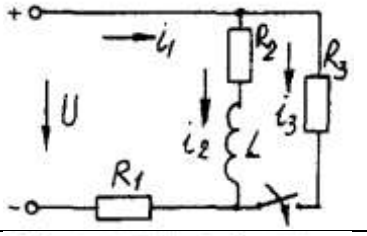
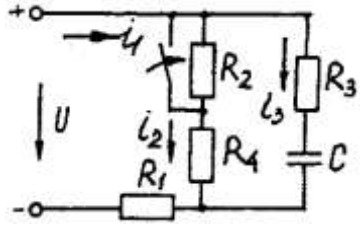
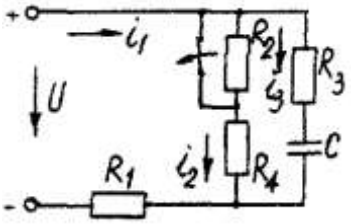
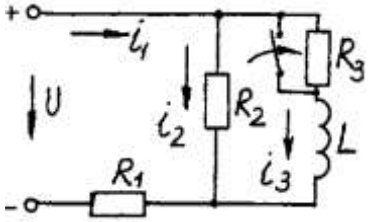
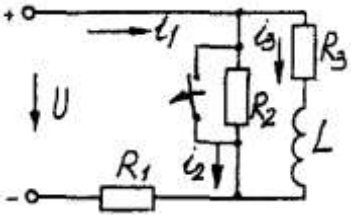
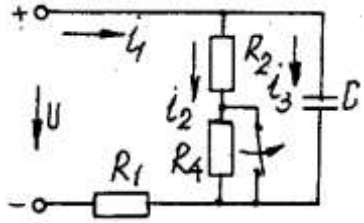
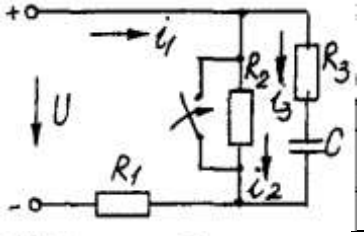
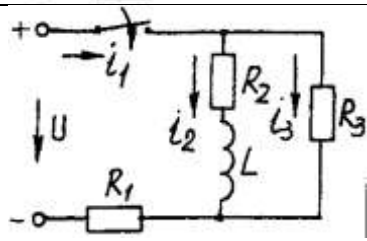
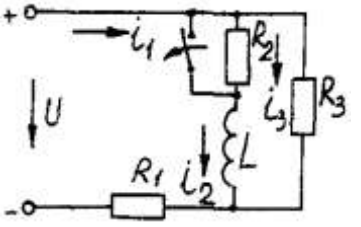
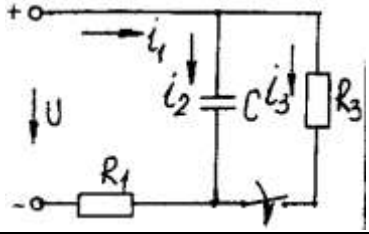
$$Ae^{pt}$$

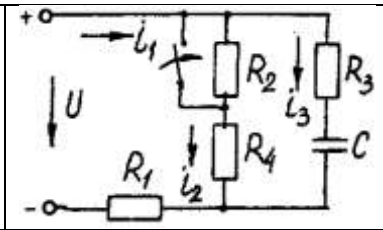
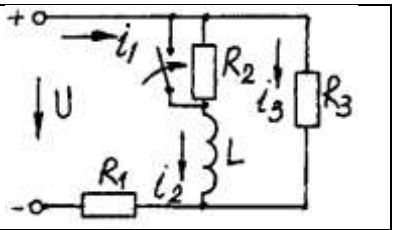
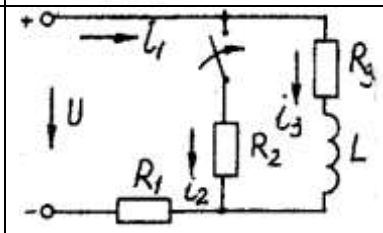
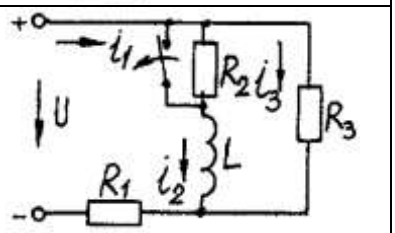
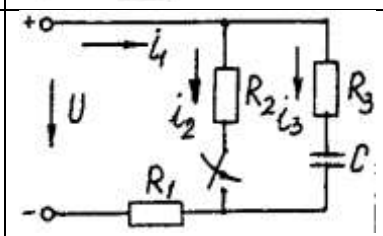
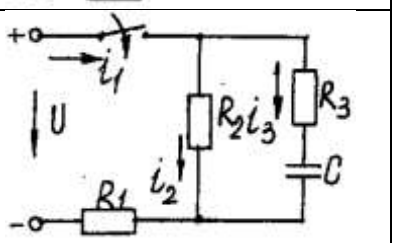
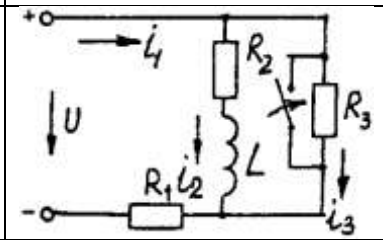
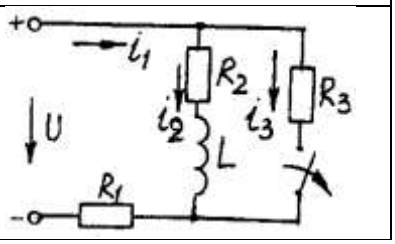
где $A$ - постоянная интегрирования; $p$ - корень характеристического уравнения.

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.

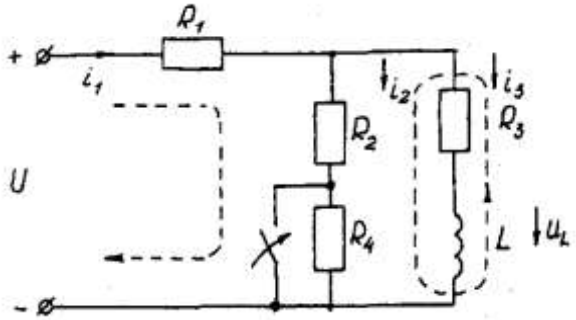


Рис. 5.1. Схема электрической цепи

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 $i_1$)

$$(R_1+R_2)\, u_L + [R_1 R_2 + R_1(R_1 + R_2)] i_3 = R_2 U$$

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; $\tau$ - постоянная времени электрической цепи, $\tau$ = 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)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + I_3(p); \\ I_1(p)R_1 + I_2(p)R_2 = U/p; \\ I_2(p)R_2 - L[pI_3(p) - i_3(0)] - I_3(p)R_3 = 0. \end{cases} \quad (5.10)$$

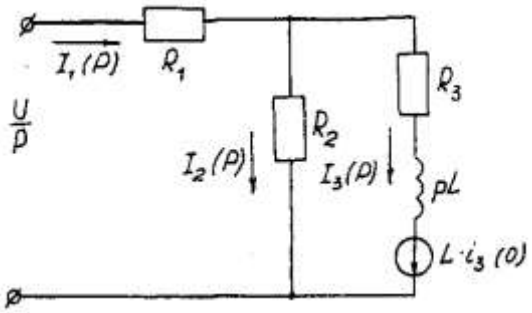


Рис. 5.2. Операторная схема замещения электрической цепи

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.

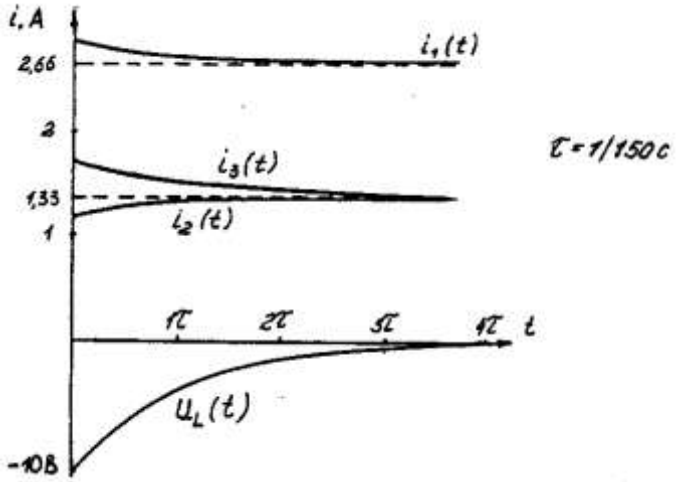



Рис. 5.3. Временные диаграммы токов и напряжения иа индуктивности

**Пример расчета цепи содержащей емкость (рис. 5.4).**

Исходные данные: $U$ = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3$ = 50 Ом; С = 100 мкФ.

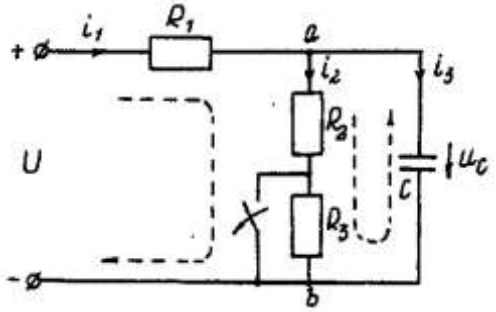


Рис. 5.4. Схема электрической цепи

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

$$u_C(t) = u_C(t)_{\text{пр}} + u_C(t)_{\text{св}}. \quad (5.16)$$

Принужденная составляющая напряжения равна

$$u_C(t)_{\text{пр}} = 20000/300 = 66{,}7 \text{ В}.$$

Свободную составляющую напряжения находим из уравнения

$$u_C(t)_{\text{СВ}} = A e^{pt},$$

где $(p + 300) = 0$ - характеристическое уравнение; $p = -300$ - корень характеристического уравнения; $\tau$ - 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.

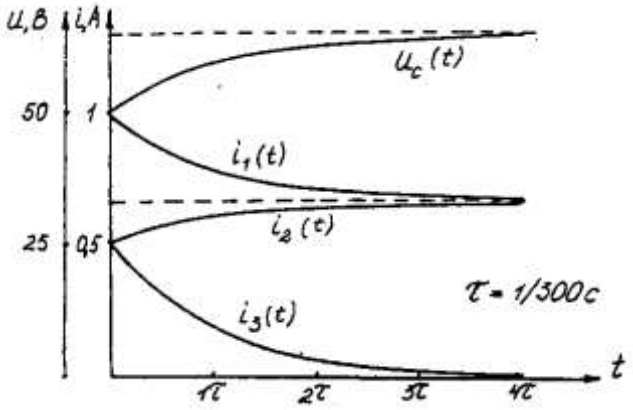



Рис. 5.5. Временные диаграммы токов и напряжения на емкости

**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)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + 100 \cdot 10^{-6}[pU_C(p) - u_C(0)]; \\ I_1(p)50 + [I_2(p)(50+50)] = \frac{100}{p}; \\ [I_2(p)(50+50)] - U_C(p) = 0. \end{cases} \quad (5.17)$$

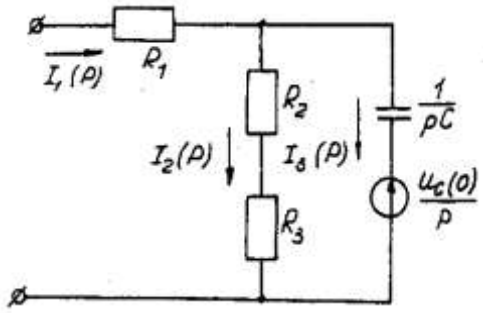



Рис. 5.6. Операторная схема замещения электрической цепи

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.

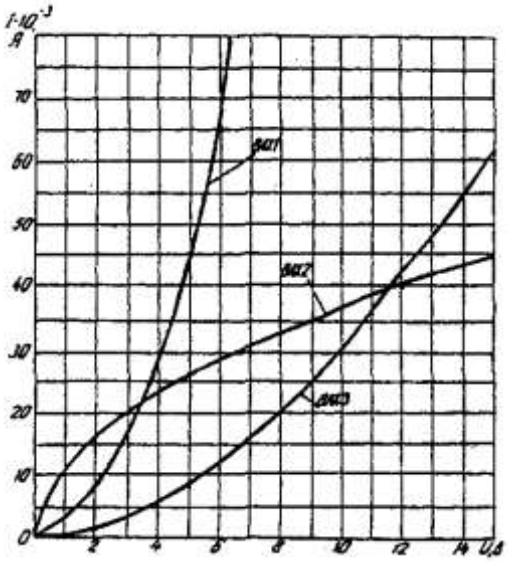


Рис. 6.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

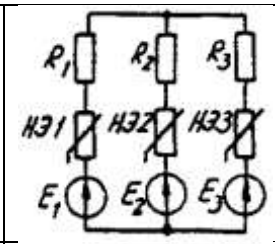
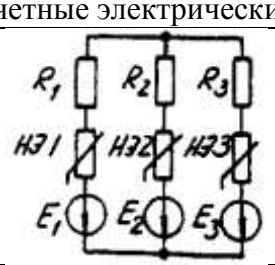
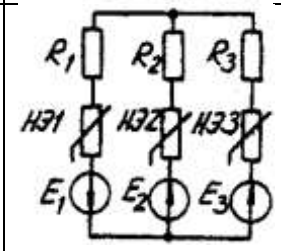
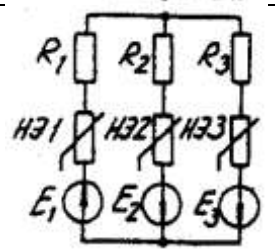
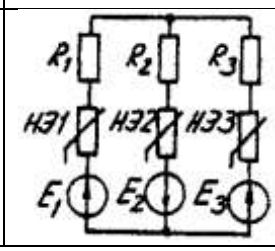
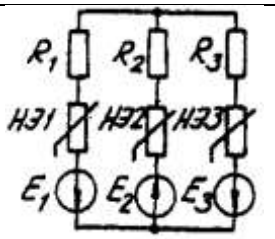
**Методические указания.**

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 |  |

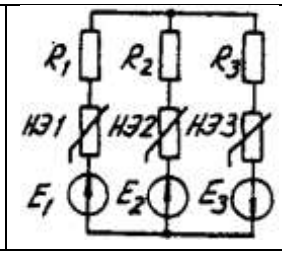
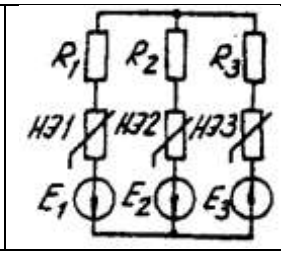
| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 |  R1 R2 R3<br>НЭ1 НЭ2 НЭ3<br>E1 E2 E3 | 8 |  R1 R2 R3<br>НЭ1 НЭ2 НЭ3<br>E1 E2 E3 |

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.

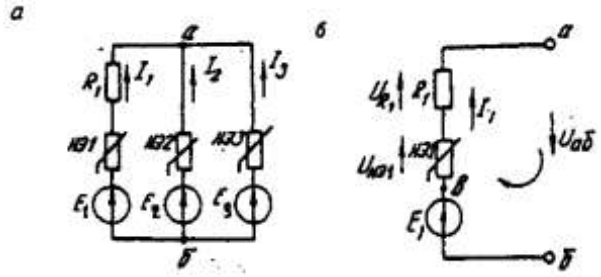



Рис. 6.2. Заданная *(а)* и расчетная (б) электрические схемы

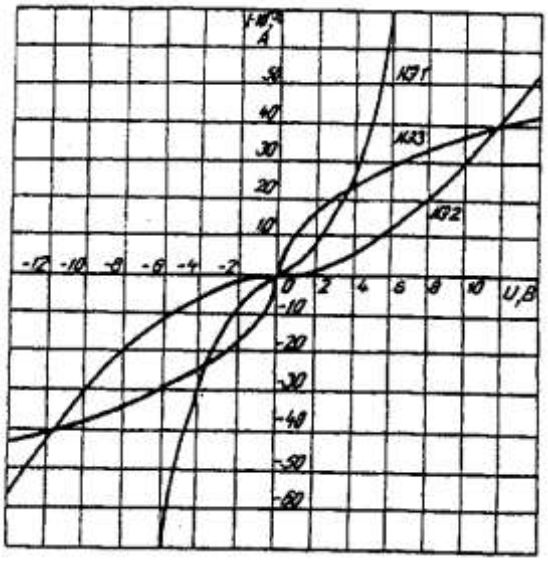



Рис. 6.3. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

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 $I_1=f(U_{аб})$.

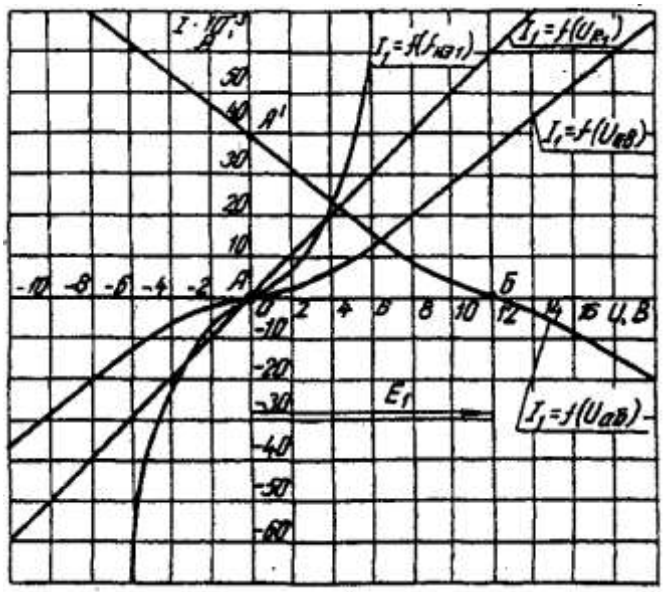



Рис. 6.4. Вольт-амперные характеристики первого нелинейного элемента

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

$$I_1 = 15 \cdot 10^{-3};$$
$$I_2 = 5 \cdot 10^{-3};$$
$$I_3 = -20 \cdot 10^{-3}.w$$

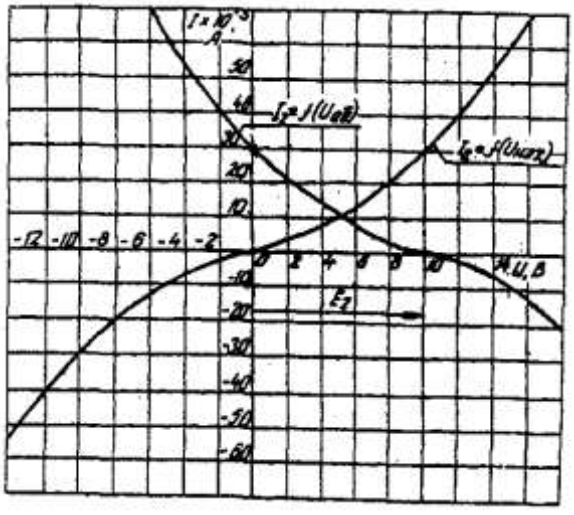



Рис. 6.5. Вольт-амперные характеристики второго нелинейного элемента

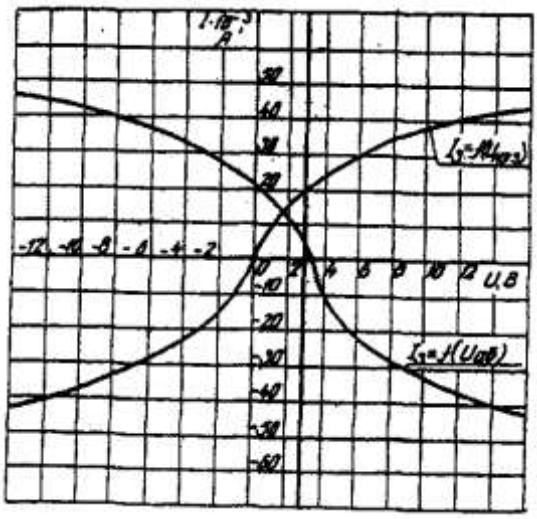


Рис 6.6. Вольт-амперные характеристики третьего нелинейного элемента

Сделаем проверку

$$I_1 + I_2 + I_3 = 15 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ A}.$$

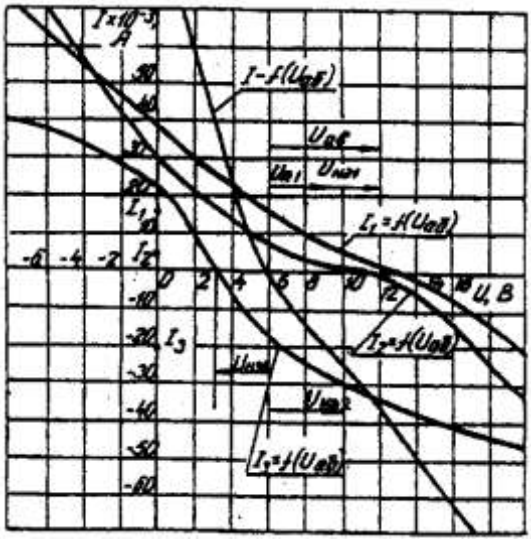


Рис. 6.7. Результирующие вольт-амперные характеристики

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).

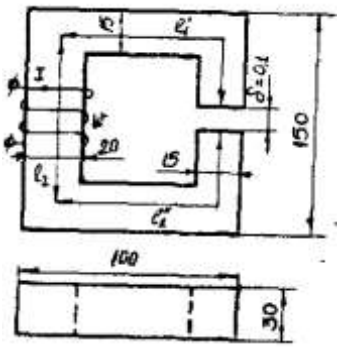



Рис. 7.1. Неразветвленная магнитная цепь

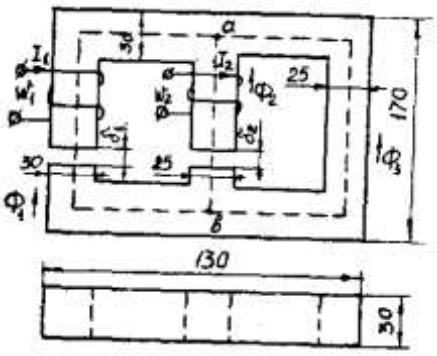



Рис. 7.2. Разветвленная магнитная цепь

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 $\mu_0$ — постоянная, характеризующая свойства вакуума,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

$\mu$ — 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

$$\Phi = \int_S BdS$$

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 $B_\delta$=1 Тл.

Решение. Магнитную цепь разбиваем на три участка:

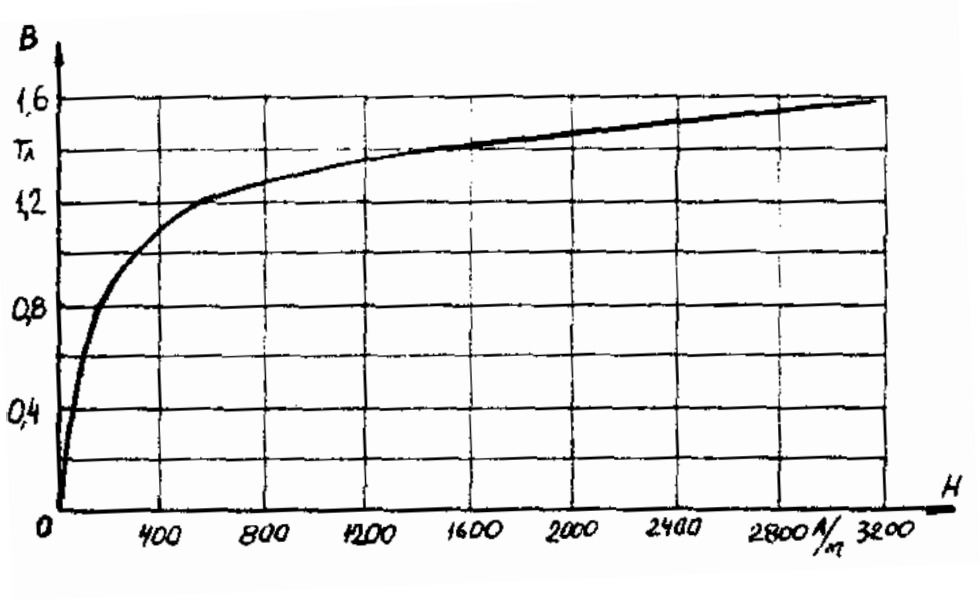



Рис. 7.4. Кривая намагничивания

$$l_1 = l`_1 + l``_1 = 30 \quad см$$

$$S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

$$l_2 = 13{,}5 \quad см$$

$$S_2 = 6 \quad см^2$$

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 $B_2$;

$H_1 = 300$ А/м; $H_2 = 115$ 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 $B_\delta$; 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

| $B_\delta$, 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 |
| $H_\delta$, 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 | $22{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $49{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $54 \cdot 10^{-5}$ | $58{,}5 \cdot 10^{-5}$ |

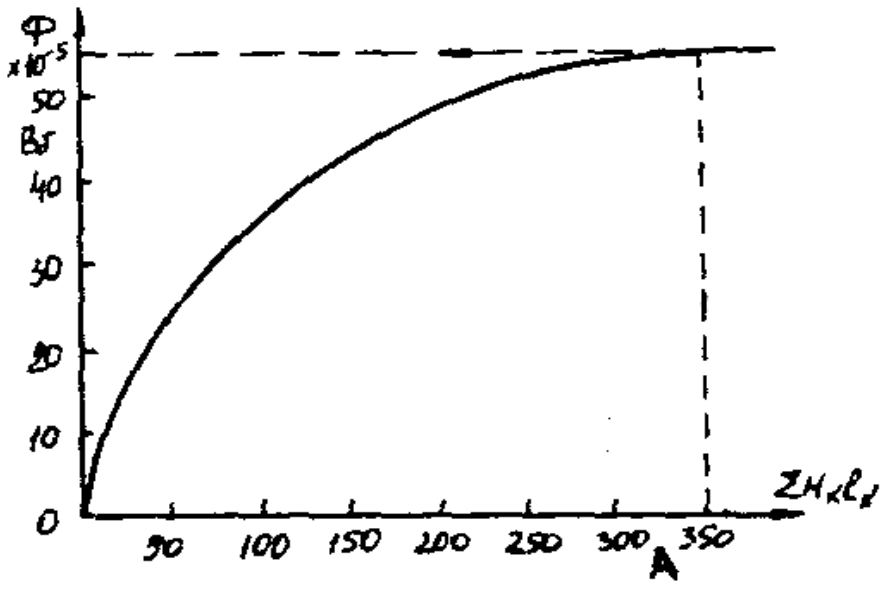



Рис. 7.5. Вебер-амперная характеристика цепи

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 $\delta_1 = 0{,}05$ мм и $\delta_2 = 0{,}22$ мм.

Решение. Составам электрическую схему замещения магнитной цепи (рис. 7.6). Узловые точки обозначим буквами «a» и «b».

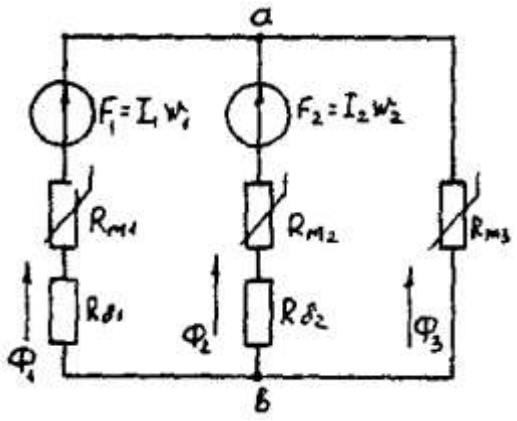



Рис. 7.6. Схема замещения магнитной цепи

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 $\Phi_1$, $\Phi_2$ и $\Phi_3$ к узлу «a».

Построим зависимость потока от падения магнитного напряжения первой ветви $U_{M1}$. Для этого произвольно задаемся рядом числовых значений $\Phi_1$, 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 $\Phi_1$ 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)

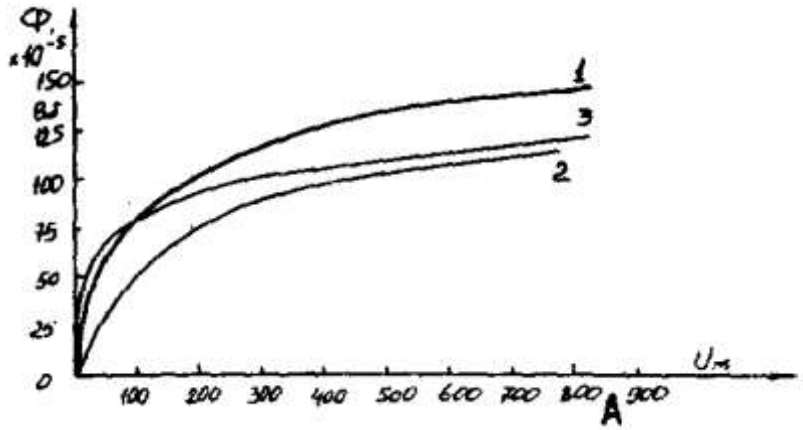



Рис. 7.7. Вебер-амперные характеристики ветвей

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 $\Phi_1$, $\Phi_2$ и $\Phi_3$ 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

$$I_2 w_2 = U_{M2} + U_{Mab}$$

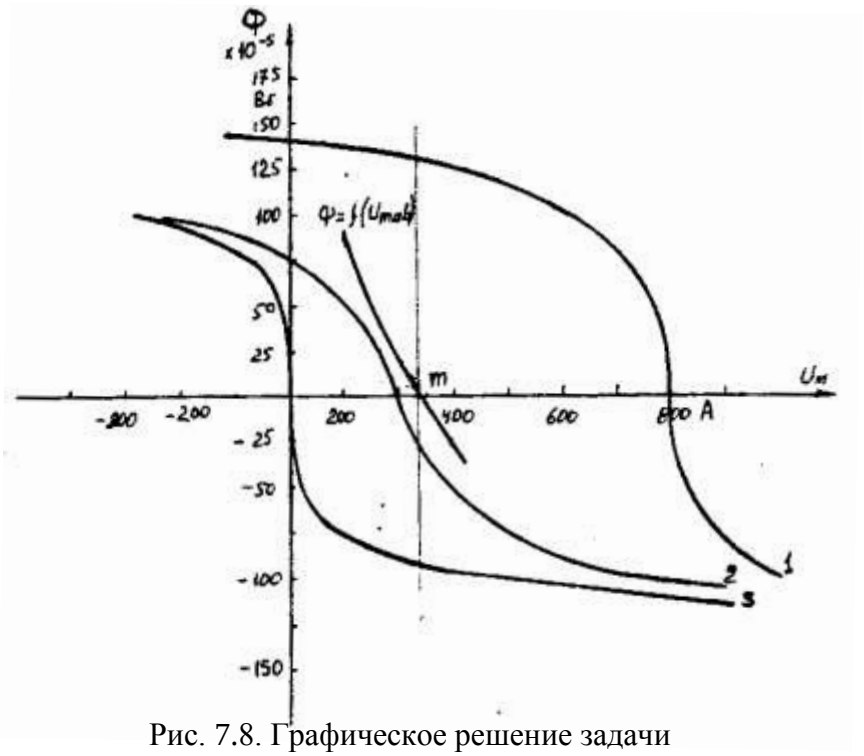



Рис. 7.8. Графическое решение задачи

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)

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;

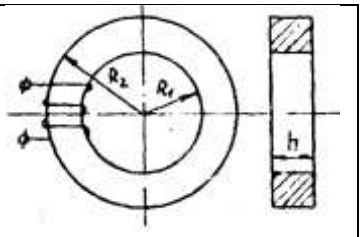
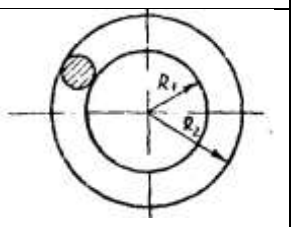
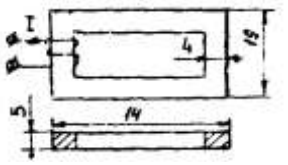
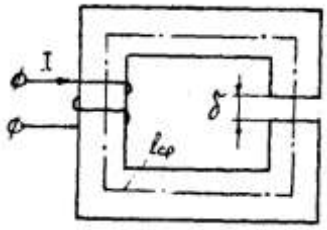
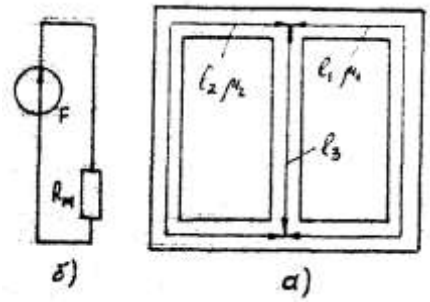
$\Phi_1 = 126{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_2 = -25 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_3 = -101{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб.

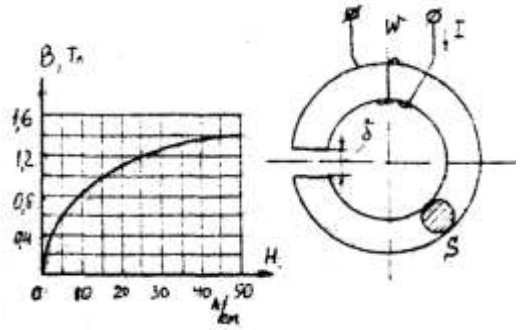
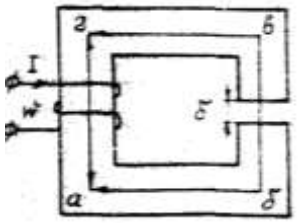
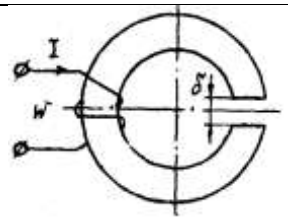
В результате расчета потоки $\Phi_2$ и $\Phi_3$, оказались отрицательными. Это означает, что в действительности они направлены противоположно выбранным ранее для них направлениям, показанным на рис. 7.2 и рис. 7.6.

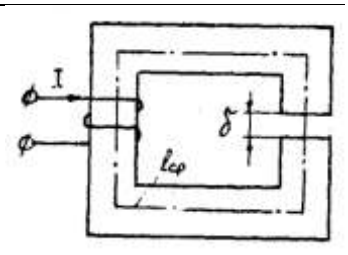
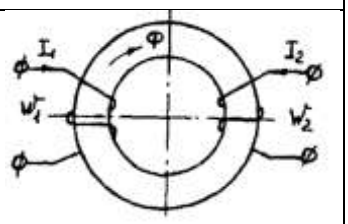
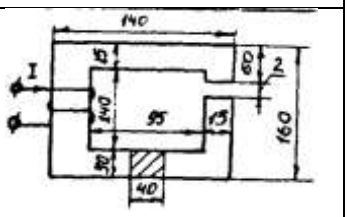
Задания к задаче 7.1.

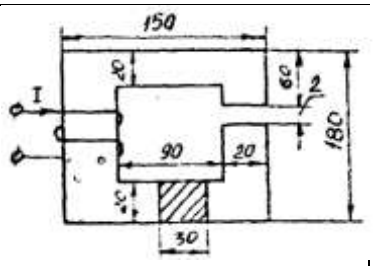
Таблица 7.3

| Номер вари-анта | Содержание задания |
|---|---|

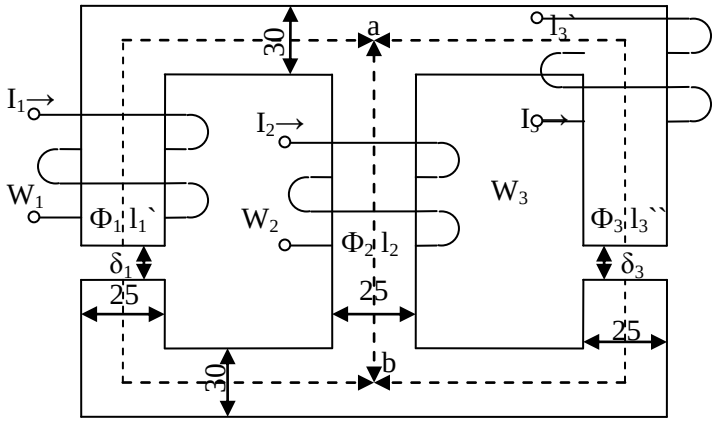
| | | |
|---|---|---|
| 1 | Катушка с количеством витков w = 1000 равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами: $R_1$ = 8 см; $R_2$ = 12 см, h = 15 см. Значение магнитного потока Ф = 0,025 Вб, магнитная проницаемость μ = 2080. Определить ток в катушке. |  |
| 2 | На ферромагнитный сердечник 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; $\mu_1$=200; $\mu_2$=100; $\mu_3$=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.<br>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.<br>  |
| 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 участка *аг*, если величина воздушного зазора δ=0,1 мм.<br>  |
| 12 | Найти , $R_м$ воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,5 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора<br>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.<br>  |

| | | |
|---|---|---|
| 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 Ф=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 намагничивающую 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 $B_\delta$= 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 $S_\delta$=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$^2$ | $\Phi = \int(U_{ab})$ |
| $l_3$`` = 0,14 м | $S_3$`` = 7,5 см$^2$ | $\Phi_1$, $\Phi_2$, $\Phi_3$ - ? |
| $l_3$` = 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 | $\delta_1$, мм | $\delta_2$, мм | $\delta_3$, 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 $R_K$, $X_K$, $Z_К$, $u_{ка}$ (%), $u_{кр}$(%).

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

$Z_К = R_К + jX_К$.

*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 2p ;
- 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 | 2p | $P_{2Н}$, 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 и$_н$;
- номинальный к. п. д. %;
- сопротивление обмотки добавочных полюсов *$R_{in}$.;*
- сопротивление обмотки параллельного возбуждения *$г_в$;*
- 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 $c\Phi_{,}$ 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; $\Omega_H$ - 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.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# *МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ*

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Направление

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ ..... 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ..... 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ..... 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса ..... 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам ..... 5
Подготовка и написание контрольной работы ..... 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) ..... 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ..... 8
Подготовка к зачёту ..... 8
Подготовка к экзамену ..... 8

# ВВЕДЕНИЕ

*Самостоятельная работа студентов* – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

*Аудиторная самостоятельная работа* по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

*Внеаудиторная самостоятельная работа* – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

## ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

*для подготовки ко всем видам текущего контроля:*

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

*для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:*

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

*для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

## Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

*Практические занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

*Лабораторные занятия* по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

*для овладения знаниями:*

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

*для формирования навыков и умений:*

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

**Подготовка и написание контрольной работы**

*Контрольная работа* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

*для овладения знаниями:*

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

*для закрепления и систематизации знаний:*

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

*для формирования навыков и умений:*

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

*Доклад с презентацией* – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

*для овладения знаниями:*

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

*для закрепления и систематизации знаний:*

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

*для формирования навыков и умений:*

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

**Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)**

*Курсовая работа (проект)* – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

*для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

*для закрепления и систематизации знаний:*

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

*для формирования навыков и умений:*

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

*Тест* – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

### Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

*Теоретический вопрос* – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

*Практико-ориентированное задание* – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению контрольной работы по дисциплине

# Б1.О.20 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***
Год набора: ***2022***

Автор: Позднякова О.Б., доцент, к.э.н.

| | |
|---|---|
| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
| Экономики и менеджмента | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Мочалова Л.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 09.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов бакалавриата по направлению подготовки *15.03.02 Технологические машины и оборудование* при организации самостоятельной работы по дисциплине «ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы в виде реферата, требования к его оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

### Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата студент может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Студент для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

### Выбор темы реферата

Студенту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем студенту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

**Формулирование цели и составление плана реферата**

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

**Цель** – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Заключение (выводы).

} Основная часть

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

**Титульный лист** оформляется в соответствии с Приложением.

**Оглавление** (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

**Введение.** В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

**Основная часть** реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

**Заключение** (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме, рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

**Библиография** (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

**Приложения** могут включать графики, таблицы, расчеты.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

### Общие требования к оформлению реферата

Рефераты, как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется студентом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

### Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для

различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «…в табл. 2.2».

## Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

## Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

**Схема** – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

**Диаграмма** – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

**График** – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

## Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

## Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

**Статья одного, двух или трех авторов из журнала**

*Зотова Л. А., Еременко О. В.* Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

**Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами**

*Валютный курс и экономический рост* / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

**Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами**

*Иохин В. Я.* Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

**Книга, написанная более чем тремя авторами**

*Экономическая теория:* учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

**Сборники**

*Актуальные проблемы экономики и управления*: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

**Статья из сборника**

*Данилов А. Г.* Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

**Статья из газеты**

*Крашаков А. С.* Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

**Библиографические ссылки**

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

**Пример оформления затекстовой ссылки**

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1.Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.

2.Ответы студента на вопросы преподавателя.

3.Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

**Советы студенту:**

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.

- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## ТЕМЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

1. Стратегический анализ потенциала организации.
2. Анализ внешней и внутренней среды организации.
3. Функционально-стоимостной анализ на примере горного предприятия
4. Технологии и трудовые процессы горного предприятия.
5. Изменение численности работников при реинженеринге бизнес-процессов на горном предприятии.
6. Использование норм при планировании основных технико-экономических показателей предприятия.
7. Философия оплаты труда на современном промышленном предприятии.
8. Философия оплаты труда на современном машиностроительном предприятии.
9. Государственное регулирование патентов.
10. Почему при организации оплаты следует учитывать нематериальные факторы?

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

**Проверяемые компетенции:** ОК-3

- способность использовать основы экономических знаний в различных сферах деятельности;

ПК-7

- умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений;

ПК-8

- умение проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых проектных решений и их патентоспособности с определением показателей технического уровня проектных решений;

ПК-17

- умение подготавливать исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономических расчетов.

**Критерии оценивания:**

достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);

уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);

личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);

культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);

знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;

степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);

использование профессиональной терминологии;

использование литературных источников.

**Правила оценивания:**

Каждый показатель оценивается в 1 балл

**Критерии оценки:**

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»

7-8 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»

5-6 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»

0-4 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

Приложение

**Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра экономики и менеджмента

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (РЕФЕРАТ)**

по дисциплине
«**Экономика и управление машиностроительным производством**»

на тему:

# АНАЛИЗ ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ОРГАНИЗАЦИИ

**Руководитель:**
доц., к. э. н. Позднякова О.Б.
**Студент** гр. ТМО-18
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2019

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

**Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков**

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Учебно-методическое пособие*
*для самостоятельной работы студентов*

**Екатеринбург**
**2017**

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

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горно-механического факультета
«15» декабря 2017 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Учебно-методическое пособие*
*для самостоятельной работы студентов*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

В 67

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от 19.12.2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета.

**Волков Е. Б., Казаков Ю. М.**

В67 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов. / Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков, Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 156 с.

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Статика твердого тела. Равновесие произвольной плоской и пространственной систем сил», «Кинематика вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек твёрдого тела», «Сложное движение точки», «Динамика точки. Дифференциальные уравнения движения точки. Гармонические и вынужденные колебания точки. Применение теоремы об изменении кинетической энергии при исследовании движения точки», «Применение общих теорем динамики к исследованию движения механической системы», «Принципы механики. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы», «Уравнения Лагранжа II рода».

Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей очной формы обучения.

© Волков Е. Б., Казаков Ю. М., 2017
©Уральский государственный горный университет, 2017

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 С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел ..... 8
1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил ..... 17
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА ..... 26
2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки ..... 26
2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси ..... 28
2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела ..... 29
2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях ..... 32
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении ..... 38
2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении ..... 46
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ ..... 57
3.1. Основные понятия сложного движения точки ..... 57
3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении 60
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ ..... 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. ..... 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки ... 73
4.3. Колебания материальной точки ..... 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки ..... 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. ..... 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии ..... 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ..... 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы. 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы ..... 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. ..... 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии ..... 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА ..... 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики ..... 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики ..... 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода ..... 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа ..... 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 155

# 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. 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*).

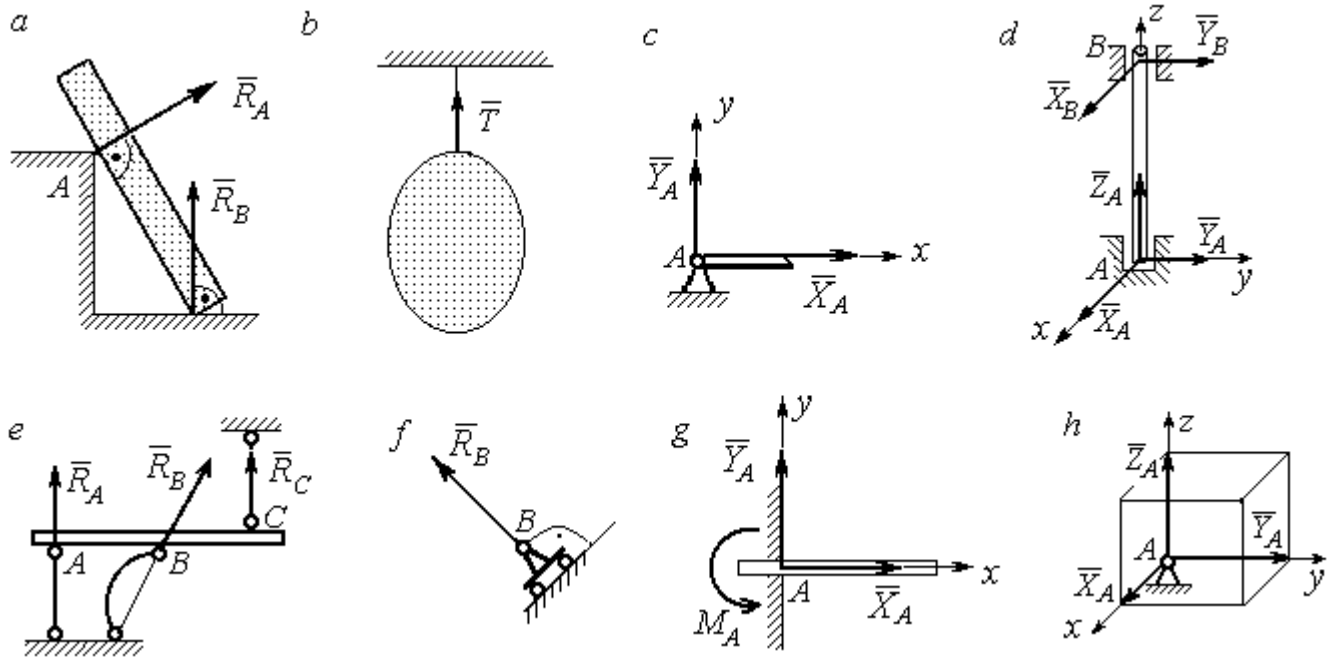



Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
*a* – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой 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*). 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. Величина реакции определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. **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* $M_O(\vec{F})$, 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.

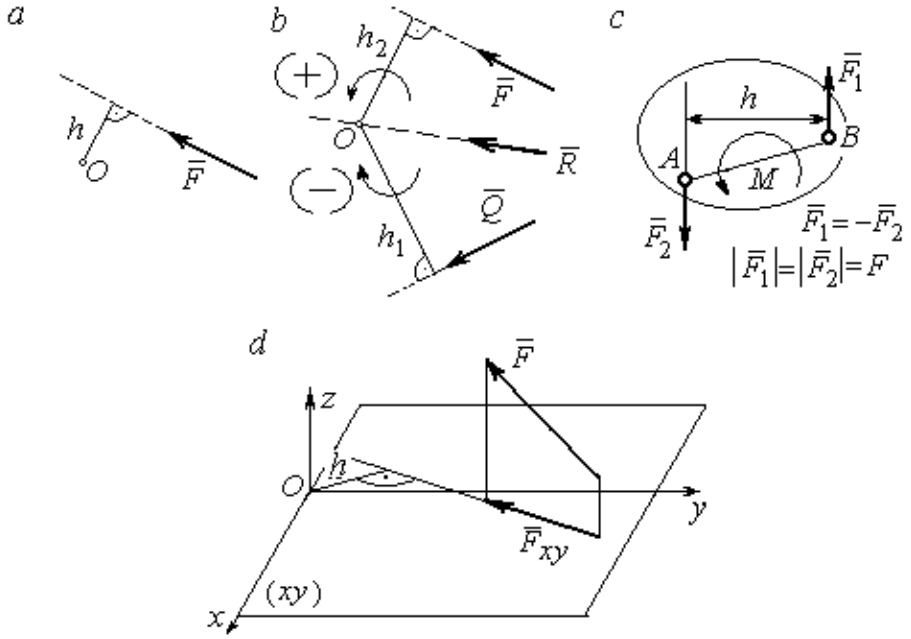



Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
*a*, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
*d* – момент силы относительно оси

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 С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

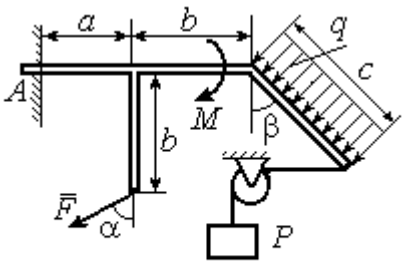
Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

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.

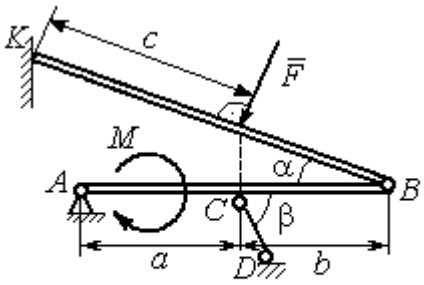
**Варианты № 1, 11, 21**

Задача 1




Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$

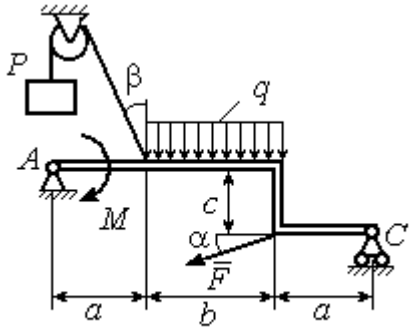
Задача 2




Найти реакции шарниров $A$, $B$, реакцию стержня $CD$ и реакцию опоры в точке $K$

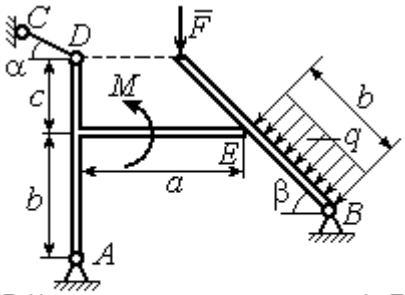
**Варианты № 2, 12, 22**

Задача 1




Найти реакции шарниров $A$ и $C$

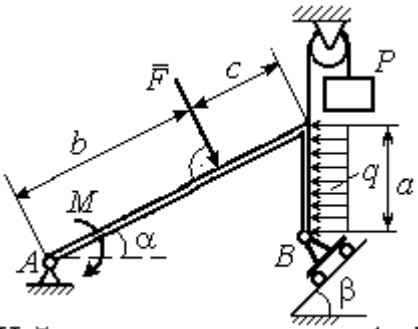
Задача 2




Найти реакции шарниров $A$, $B$, реакцию опоры в точке $E$ и реакцию стержня $CD$

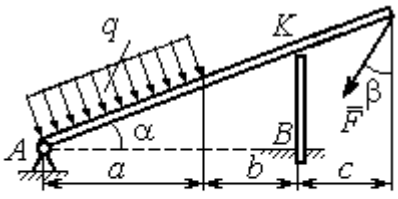
**Варианты № 3, 13, 23**

Задача 1




Найти реакцию шарниров $A$ и $B$

Задача 2

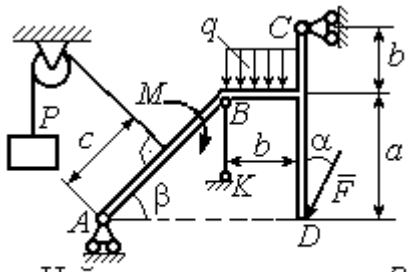



Найти реакцию шарнира $A$, реакцию опоры в точке $K$ и реакцию жесткой заделки в точке $B$

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

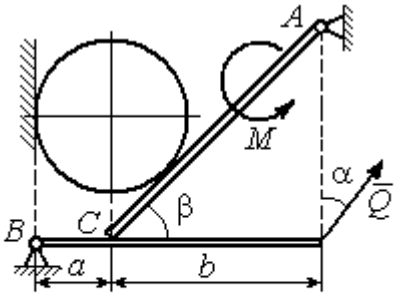
**Варианты № 4, 14, 24**

Задача 1




Найти усилие в стержне $BK$ и реакцию шарниров $A, C$

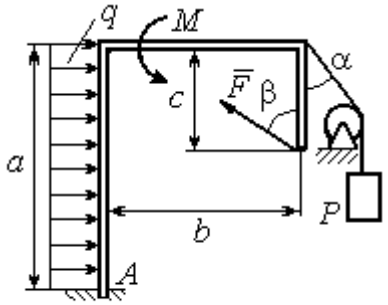
Задача 2




Вес шара $P$. Найти реакцию шарниров $A, B$, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке $C$ и уравновешивающую силу $Q$

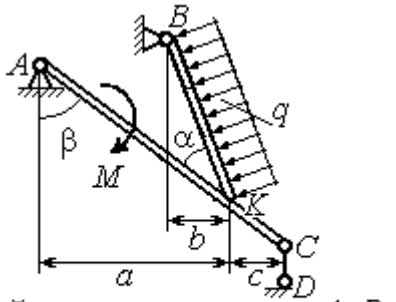
**Варианты № 5, 15, 25**

Задача 1




Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$

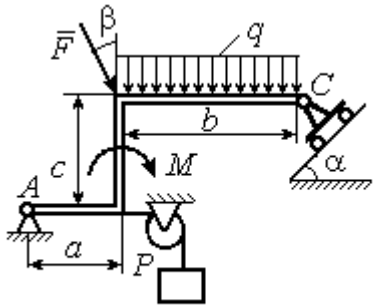
Задача 2




Найти реакцию шарнирв $A, B$, реакцию стержня $CD$ и реакцию опоры в точке $K$

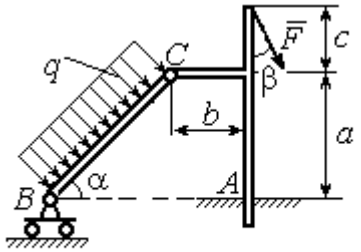
**Варианты № 6, 16, 26**

Задача 1




Найти реакции шарниров $A$ и $C$

Задача 2

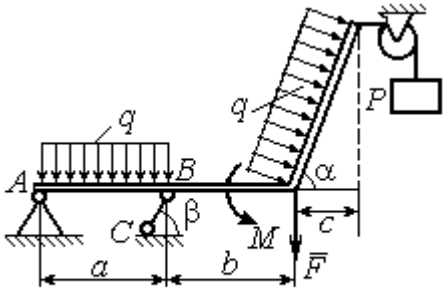



Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$ и реакции шарниров $B$ и $C$

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

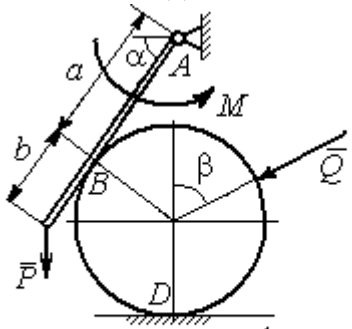
**Варианты № 7, 17, 27**

Задача 1




Найти реакцию стержня $BC$ и реакцию шарнира $A$

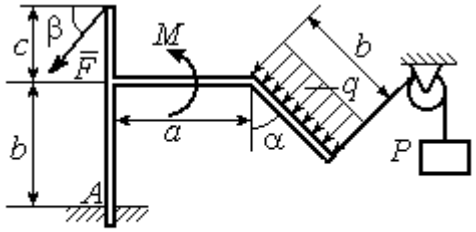
Задача 2




Найти реакцию шарнира $A$, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке $D$ и уравновешивающую силу $Q$

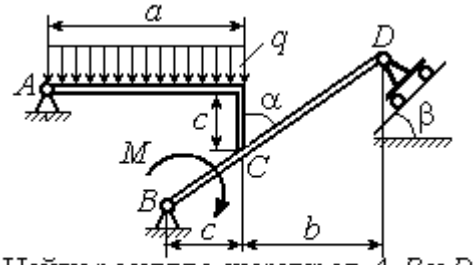
**Варианты № 8, 18, 28**

Задача 1




Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$

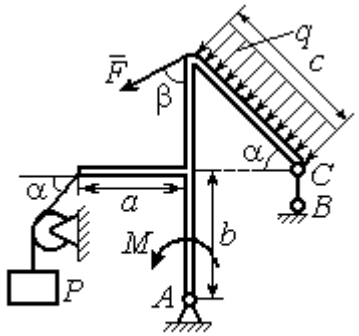
Задача 2




Найти реакцию шарниров $A$, $B$ и $D$ и реакцию опоры в точке $C$

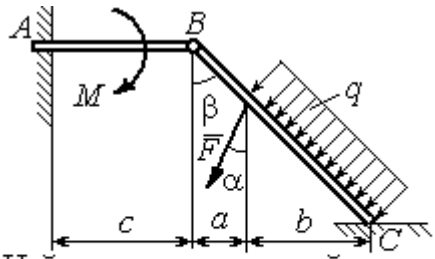
**Варианты № 9, 19, 29**

Задача 1




Найти реакцию стержня $BC$ и реакцию шарнира $A$

Задача 2



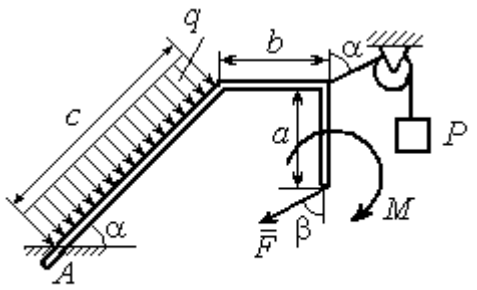

Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$, реакцию шарнира $B$ и реакцию опоры в точке $C$

Рис. 1.5. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

*Окончание вариантов задания С1*

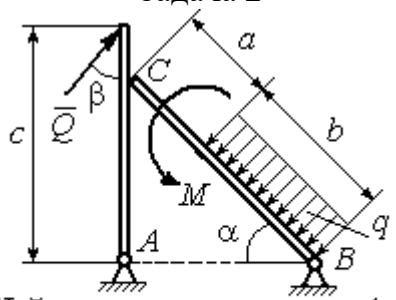
**Варианты № 10, 20, 30**

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 С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 1.1

**Исходные данные задания С1. 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 |
| $\alpha$, град | 45 | 60 | 30 | 60 | 30 | 30 | 45 | 60 | 30 | 30 | 45 | 30 | 60 | 45 | 60 |
| $\beta$, 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 |
| $\alpha$, град | 60 | 60 | 30 | 45 | 60 | 30 | 60 | 45 | 30 | 60 | 45 | 30 | 30 | 30 | 45 |
| $\beta$, 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 С1. 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 $M = 8$ Нм, 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.

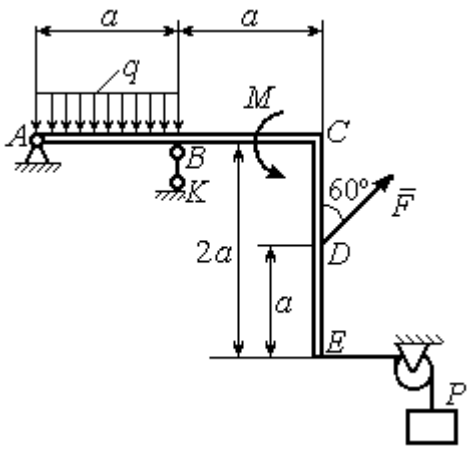



Рис. 1.7. Конструкция рамы

*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 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 равна $Q = qa = 4$ Н. Действие груза *P* на раму изображается реакцией $\vec{T}$, равной по величине весу груза.

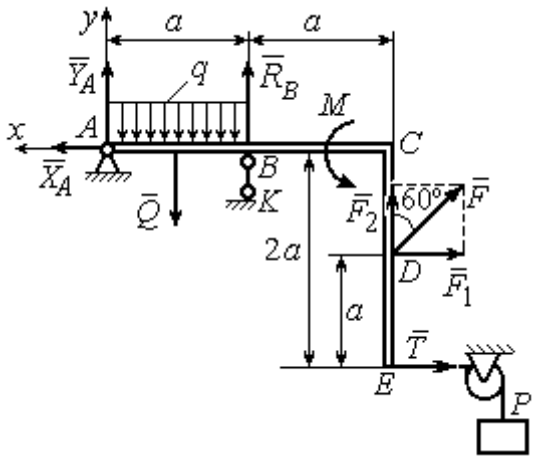



Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

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*, уравнения равновесия получим 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.

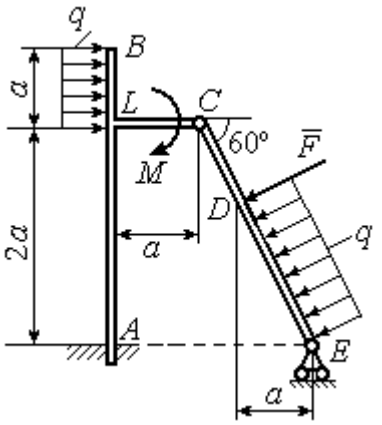



Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

*Решение*

Разделяем 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 $ABLC$ (рис. 1.10, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, приложенной в середине отрезка $BL$, направленной в сторону действия нагрузки и равной $Q_1 = q \cdot a =$ 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:

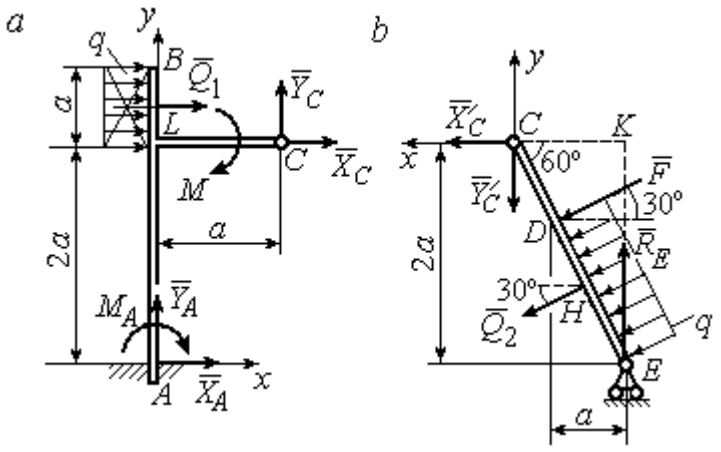



Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
*a* - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
*b* - силы и реакции связей, действующие на балку $CE$

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0.$$

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* и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ – 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:

$$X_A = 11{,}59 \text{ кН},\ Y_A = -2{,}76 \text{ кН},\ M_A = 42{,}87 \text{ кН·м},$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН},\ Y_C = 2{,}76 \text{ кН},\ R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Модули реакций жесткой заделки *A* и шарнира *C*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83 \text{ кН}.$$

## 1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил

В заданиях рассматривается равновесие однородной плиты или вала (прямого или с «ломаной» осью) с насаженным на него шкивом.

Вал закреплен подпятником и подшипником и удерживается в равновесии. На вал действуют сила $\vec{F}$, пара сил с моментом $M$ и сила $\vec{P}$. На шкив вала намотана нить, к свободному концу которой, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом $Q$. Для вала определить реакции подшипника и подпятника и величину уравновешивающей силы $Q$ (или момента $M$).

Плита весом $P$ закреплена пространственным шарниром, подшипником и удерживается в заданном положении невесомым стержнем. На плиту действуют силы $\vec{F}$, $\vec{Q}$ и пара сил с моментом $M$. Для плиты найти реакции сферического и цилиндрического шарниров и реакцию стержня.

Варианты задания даны на рис. 1.11 – 1.13. Исходные данные для выполнения задания приведены в табл. 1.2.

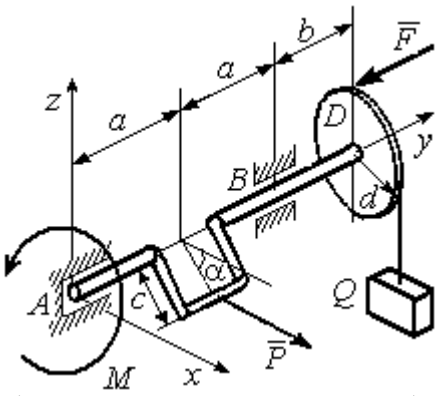
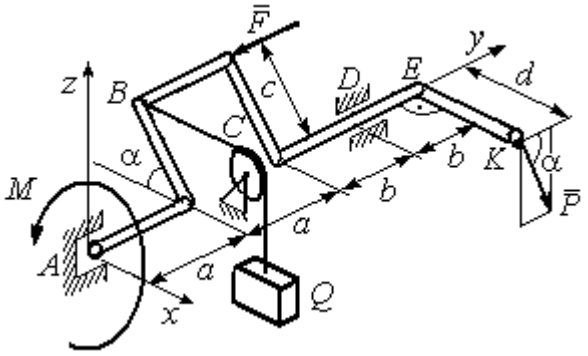
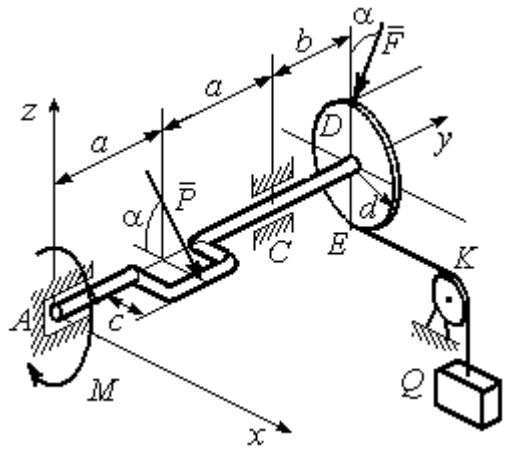
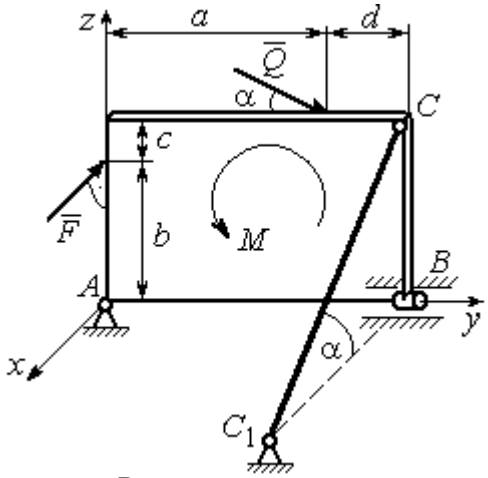
| **Варианты № 1, 11, 21** | **Варианты № 2, 12, 22** |
|---|---|
|  |  |
| Сила $\vec{F}$ параллельна оси $Ay$; сила $\vec{P}$ параллельна оси $Ax$; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально. Найти реакции подпятника и подшипника в точках $A$ и $B$ и величину уравновешивающего груза $Q$ | Сила $\vec{F}$ параллельна оси $Ay$; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной $zAy$; отрезок нити $BC$ параллелен оси $Ax$; рукоять вала $EK$ параллельна оси $Ax$. Найти реакции подпятника и подшипника в точках $A$ и $D$ и величину уравновешивающего момента $M$ |

Рис. 1.11. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 1 – 2, 11 – 12, 21 – 22

| **Варианты № 3, 13, 23** | **Варианты № 4, 14, 24** |
|---|---|
|  |  |
| Сила $\vec{F}$ , лежит в плоскости *zAy*; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной *zAx*, отрезок нити *EK* параллелен оси *Ax*.<br>Найти реакции подпятника и подшипника в точках *A* и *C*, а также величину уравновешивающего груза *Q* | Плита весом *P* расположена в плоскости *zAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; стержень $CC_1$ расположен в плоскости, параллельной *zAx*; сила $\vec{Q}$ действует в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ перпендикулярна плоскости плиты.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ |

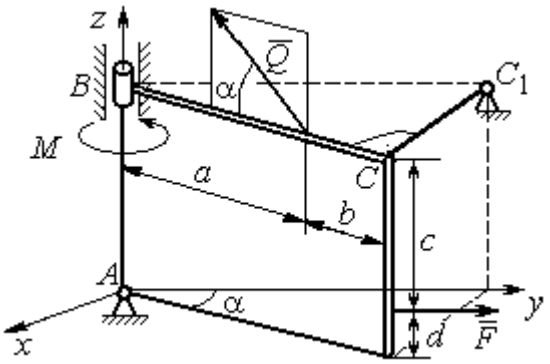
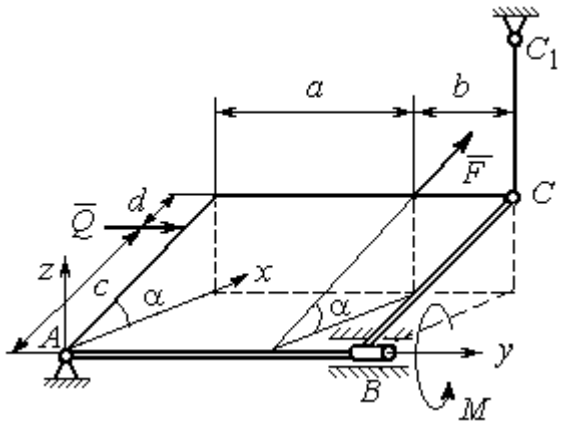
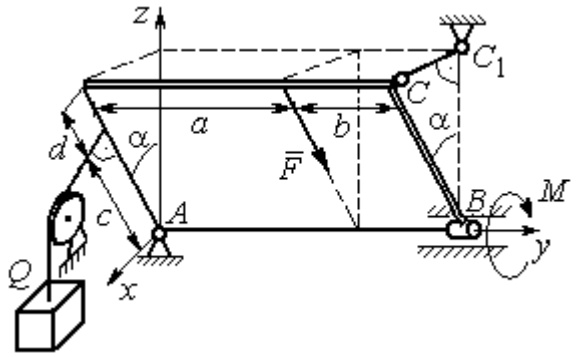
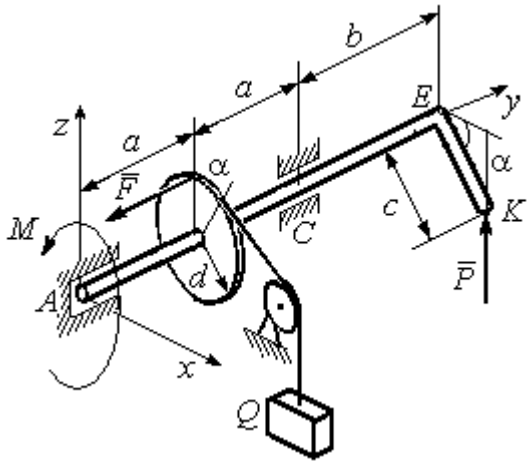
| **Варианты № 5, 15, 25** | **Варианты № 6, 16, 26** |
|---|---|
|  |  |
| Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; сила $\vec{Q}$ лежит в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ параллельна оси *Ay*; стержень $CC_1$ перпендикулярен плоскости плиты.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ | Плита весом *P* отклонена на угол α от горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна боковой стенке плиты и параллельна оси *Ay*; сила $\vec{F}$ расположена в плоскости плиты и параллельна её боковым стенкам; стержень $CC_1$ параллелен оси *Az*.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ |

Рис. 1.12. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 3 – 6, 13 – 16, 23 – 26

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  |  |
| Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; нить, удерживающая груз *Q*, находится плоскости *zAx*, прикреплена к боковой стенке плиты и перпендикулярна ей; сила $\vec{F}$ параллельна боковым стенкам плиты; стержень $CC_1$ перпендикулярен плоскости *zAy*.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ | Рукоять *EK* перпендикулярна оси вала и наклонена под углом α к горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{P}$ параллельна оси *Az*; сила $\vec{F}$ параллельна оси A*y*; нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива по касательной.<br>Найти реакции подпятника *A*, подшипника *C*, и величину уравновешивающего груза *Q* |

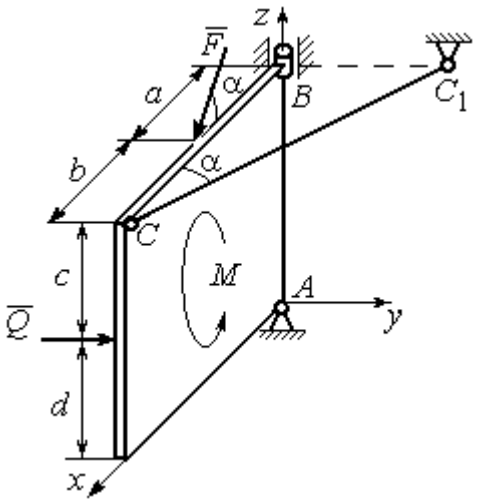
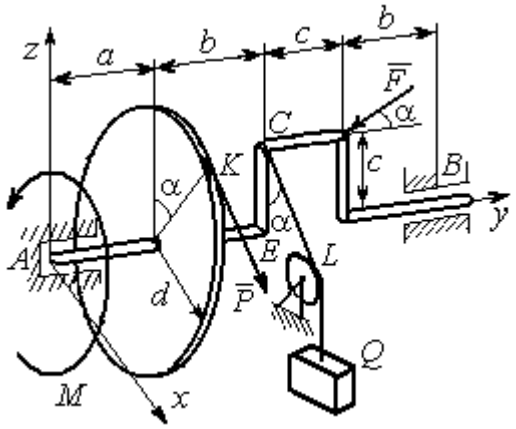
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |
| Плита весом *P* находится в вертикальной плоскости *zAx*; стержень $CC_1$ расположен в плоскости, параллельной *xAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\vec{F}$ лежит в плоскости плиты.<br>Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня $CC_1$ | Сила $\vec{F}$ находится в плоскости *zAy*; стойка *CE* находится в плоскости *zAy*; отрезок *CL* нити, удерживающей груз, находится в плоскости параллельной *xAz*; сила $\vec{P}$ находится в плоскости шкива и направлена по касательной к ободу в точке *K*.<br>Найти реакции подпятника *A*, подшипника *B* и величину уравновешивающего момента *M* |

Рис. 1.13. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 1.2

**Исходные данные для задания С2.**
**Равновесие пространственной системы сил**

| Номер варианта задания | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *P*, кН | 5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 15 | 12 | 10 | 15 | 14 |
| *F*, кН | 8 | 6 | 12 | 6 | 10 | 10 | 8 | 12 | 12 | 10 |
| *Q*, кН | – | 12 | – | 12 | 8 | 12 | 10 | – | 10 | 12 |
| *M*, кН·м | 12 | – | 10 | 8 | 12 | 6 | 8 | 6 | 8 | – |
| α, град | 60 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 60 | 30 | 30 | 60 |
| *a*, м | 1,2 | 0,8 | 1,4 | 0,6 | 1,2 | 0,9 | 1,4 | 0,4 | 0,8 | 0,8 |
| *b*, м | 1,0 | 0,6 | 1,1 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 1,2 | 0,2 | 0,6 |
| *c*, м | 0,8 | 0,5 | 0,8 | 0,3 | 1,4 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 0,4 | 0,4 |
| *d*, м | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |

| Номер варианта задания | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *P*, кН | 8 | 10 | 10 | 15 | 14 | 10 | 16 | 9 | 10 | 12 |
| *F*, кН | 6 | 12 | 16 | 8 | 12 | 14 | 10 | 15 | 8 | 10 |
| *Q*, кН | – | 14 | – | 10 | 10 | 12 | 14 | – | 12 | 14 |
| *M*, кН·м | 10 | – | 12 | 12 | 12 | 8 | 10 | 10 | 10 | – |
| α, град | 30 | 60 | 60 | 60 | 30 | 30 | 30 | 60 | 60 | 30 |
| *a*, м | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 0,5 | 1,3 | 1,2 | 1,6 | 0,6 | 0,9 | 1,2 |
| *b*, м | 0,6 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 0,3 | 0,8 |
| *c*, м | 0,4 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | 0,9 | 1,2 | 0,4 | 0,6 | 0,6 |
| *d*, м | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 0,8 |

| Номер варианта задания | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *P*, кН | 10 | 12 | 5 | 8 | 10 | 14 | 18 | 12 | 14 | 10 |
| *F*, кН | 12 | 8 | 15 | 10 | 12 | 8 | 10 | 15 | 9 | 8 |
| *Q*, кН | – | 10 | – | 12 | 14 | 10 | 16 | – | 12 | 6 |
| *M*, кН·м | 12 | – | 16 | 14 | 8 | 10 | 8 | 12 | 10 | – |
| α, град | 90 | 30 | 60 | 30 | 45 | 30 | 30 | 60 | 60 | 30 |
| *a*, м | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 0,9 |
| *b*, м | 0,8 | 0,6 | 0,9 | 1,0 | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 1,4 | 0,6 | 0,4 |
| *c*, м | 0,4 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 1,5 | 0,9 | 1,1 | 0,5 | 0,8 | 0,6 |
| *d*, м | 0,4 | 1,5 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,5 |

## Примеры решения задания С2. Равновесие пространственной системы сил

**Задача 1**. Горизонтальный вал (рис. 1.14) закреплен в подпятнике *C* и подшипнике *K*. Вал имеет шкив I радиуса *R* и шкив II радиуса *r*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*. Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива I по касательной вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*, закручивающая вал вокруг оси *Cy*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в точке *B* шкива II, определяемой центральным углом 30º, и направлена по касательной. Определить величину уравновешивающего момента *M* и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН, $F = 2$ кН, $Q = 3$ кН, $R = 0{,}6$ м, $r = 0{,}3$ м, $a = 0{,}8$ м, $b = 0{,}4$ м.

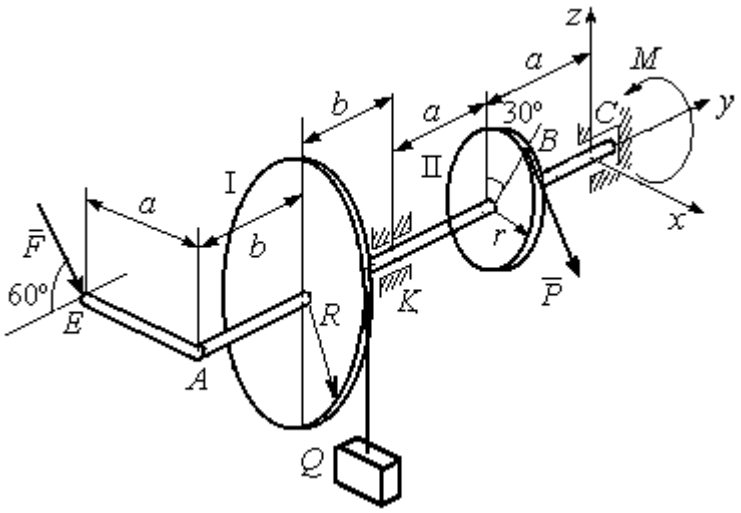


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

*Решение*

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют внешние силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом *Q*, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию подпятника *C* раскладываем на три со-

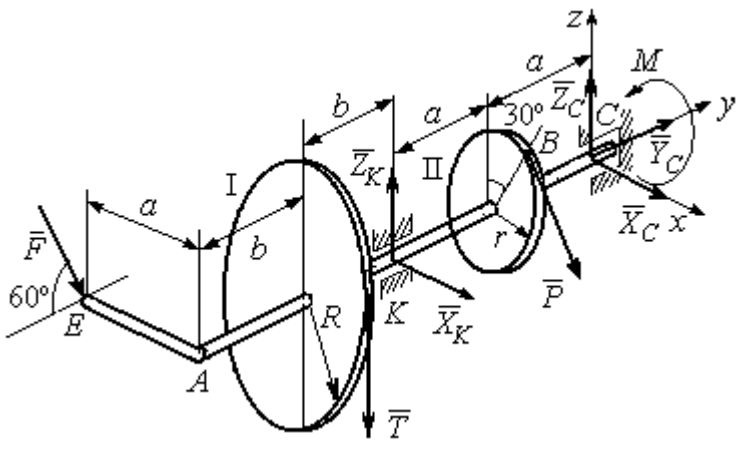


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

ставляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника *K* лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *K* и по модулю равна весу груза. Действие на вал внешних сил и реакций связи показано на рис. 1.15.

Внешние силы, действующие на вал, и реакции связей составляют произвольную пространственную систему сил, эквивалентную нулю ($\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_K, \vec{Z}_K, \vec{T}, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{Z}_C, M$) ∞ 0, для которой уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

Для удобства при составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.16)

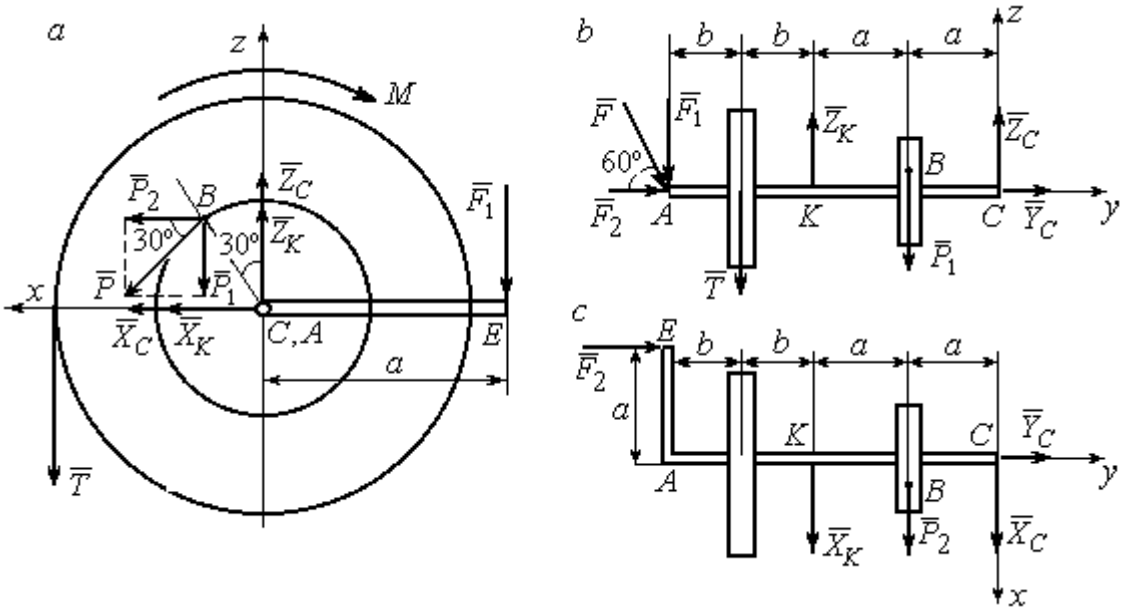



Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
*a* – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
*b* – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
*c* – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*.

На рис. 1.16, *а* показаны проекции всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций этих сил относительно точки *C*, получим значения моментов исходных сил относительно оси *y*.

Для вычисления моментов сил относительно оси *x* достаточно найти моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (см. рис. 1.16, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси $z$.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P_2 + X_K + X_C = 0,\ \sum F_{ky} = F_2 + Y_C = 0,$$

$$\sum F_{kz} = -P_1 + Z_K - T + Z_C - F_1 = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = P_1 a - Z_K 2a - T(2a + b) + F_1(2a + 2b) = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F_1 a + TR + Pr - M = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = P_2 a + X_K 2a - F_2 a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, с учётом того, что

$$P_1 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P,\ P_2 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,$$

$$F_1 = F\cos 30^\circ = 0{,}87F,\ F_2 = F\cos 60^\circ = 0{,}5F$$ (см. рис. 1.16 *а*, *b*),

получим систему уравнений:

$$0{,}87 \cdot 4 + X_K + X_C = 0,\ \ 2 \cdot 0{,}5 + Y_C = 0,\ -4 \cdot 0{,}5 + Z_K - 3 + Z_C - 2 \cdot 0{,}87 = 0,$$

$$0{,}5 \cdot 4 \cdot 0{,}8 - 1{,}6Z_K - 3 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 0{,}4) + 2 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}4) = 0,$$

$$-0{,}87 \cdot 0{,}8 + 3 \cdot 0{,}6 + 4 \cdot 0{,}3 - M = 0,\ 0{,}87 \cdot 4 \cdot 0{,}8 + 1{,}6 \cdot X_K - 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8 = 0.$$

Решая систему, найдём: $X_C = -2{,}24$ кН, $Y_C = -1$ кН, $Z_C = 6{,}39$ кН, $X_K = -1{,}24$ кН, $Z_K = 0{,}35$ кН, $M = 2{,}3$ кН·м.

Окончательно, реакция подпятника $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 6{,}84$ кН,

реакция подшипника $R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 1{,}29$ кН.

**Задача 2**. Плита весом $P$ расположена в вертикальной плоскости $zAy$. В точке А плита закреплена пространственным шарниром, а в точке $B$ на оси $y$ опирается на цилиндрический шарнир (подшипник). Плита удерживается в равновесии при помощи невесомого стержня $CC_1$, прикреплённого шарниром к плите в её верхнем углу, в точке $C$ перпендикулярно плоскости плиты (рис. 1.17).

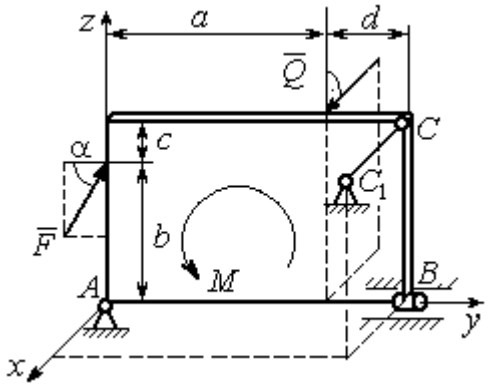



Рис. 1.17. Равновесие плиты

На плиту действует сила $\vec{Q}$, приложенная на краю плиты перпендикулярно её плоскости, и сила $\vec{F}$, лежащая в плоскости плиты и направленная под углом $\alpha$ к горизонту (см. рис. 1.17). Кроме того, в плоскости плиты на неё действует пара сил с моментом $M$. Найти реакции шарниров $A$ и $B$ и усилие в стержневой подпорке $CC_1$ при равновесии плиты, если параметры нагрузки: $P$ = 1 кН, $Q$ = 500 Н, $F$ = 400 Н, $M$ = 300 Н·м, $\alpha = 35^\circ$, $a$ = 2 м, $b$ = 1,5 м, $c$ = 0,2 м, $d$ = 0,4 м.

*Решение*

Заменим связи плиты их реакциями. Реакция шарнира $A$ раскладывается на три составляющие: $\vec{X}_A$ $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Направления координатных осей показаны на рис. 1.17. Реакция подшипника $B$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси подшипника, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_B, \vec{Z}_B$, направленные вдоль координатных осей $x$, $z$. Реакция стержня $\vec{T}$ направлена вдоль стержня. Действие сил и реакций показано на рис.1.18.

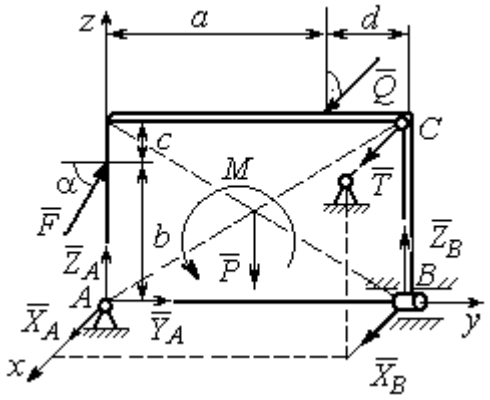



Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

Пространственная система сил, действующих на плиту, является уравновешенной: $(\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_B, \vec{Z}_B, \vec{T}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A, M) \infty 0$. Уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

В вычислениях моментов сил относительно осей будем считать момент положительным, если при взгляде со стороны положительного направления оси, сила вращает тело (плиту) против хода часовой стрелки. Получим:

$$\sum F_{kx} = 0,\ X_A + Q + X_B + T = 0,$$

$$\sum F_{ky} = 0,\ Y_A + F\cos\alpha = 0,$$

$$\sum F_{kz} = 0,\ Z_A + F\sin\alpha - P + Z_B = 0$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ -F\cos\alpha \cdot b - P \cdot 0{,}5(a+d) + Z_B(a+d) + M = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ Q \cdot (b+c) + T \cdot (b+c) = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = 0,\ -Q \cdot a - T \cdot (a+d) - X_B \cdot (a+d) = 0.$$

Подставив исходные данные задачи, получим систему уравнений:

$$X_A + 500 + X_B + T = 0,\ Y_A + 400 \cdot 0{,}82 = 0,\ Z_A + 400 \cdot 0{,}57 - 1000 + Z_B = 0,$$

$$-400 \cdot 0{,}82 \cdot 1{,}5 - 1000 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}4 + Z_B \cdot 2{,}4 + 300 = 0,$$

$$500 \cdot 1{,}7 + T \cdot 1{,}7 = 0,\quad -500 \cdot 2 - T \cdot 2{,}4 - X_B \cdot 2{,}4 = 0,$$

откуда находим значения составляющих реакций:

$$T = -500\ \text{Н},\ X_B = 83{,}33\ \text{Н},\ Z_B = 580\ \text{Н},$$

$$X_A = -83{,}33\ \text{Н},\ Y_A = -328\ \text{Н},\ Z_A = 192\ \text{Н}.$$

Полные реакции пространственного шарнира *A*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 389{,}09\ \text{Н},$$

цилиндрического шарнира *B*: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 585{,}95\ \text{Н}$.

# 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 измене-

ния 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 равен: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

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 $\tau$ 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: $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, где $\rho$ – 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 $a_\tau$ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй производной от заданно-

го 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

$\varphi$, 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 $\omega$ – 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 $\omega$, $\varepsilon$ – 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 $\omega$ – 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*).

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.

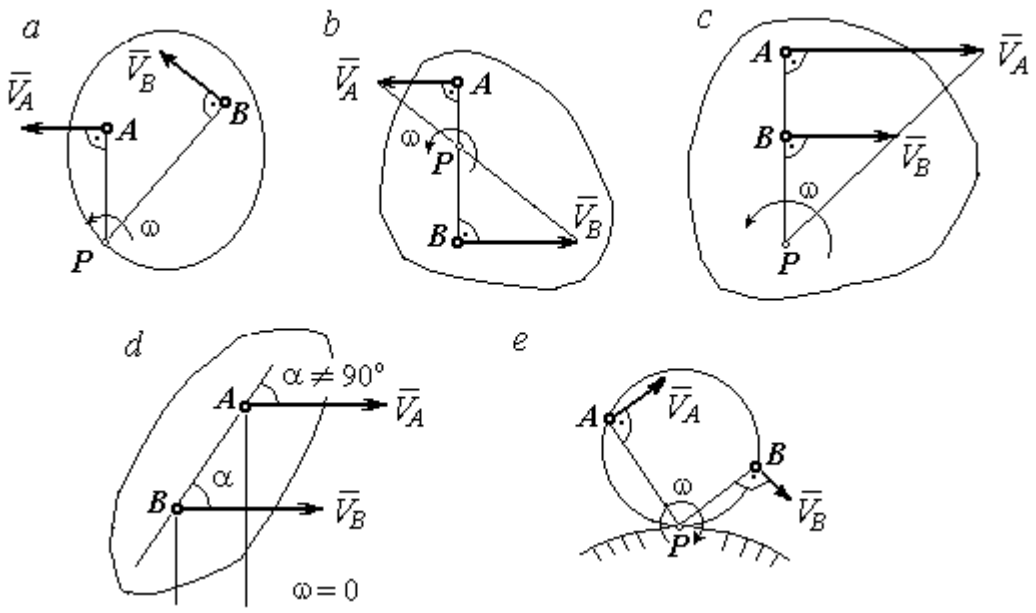



Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

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 $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); $AM$ – расстояние от точки $M$ до полюса $A$ (см. рис. 2.2).

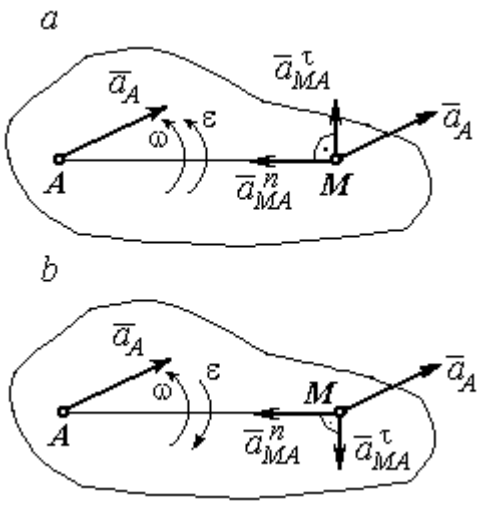



Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
*a* – ускоренное движение;
*b* – замедленное движение

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса $A$ и точки $M$, то для определения ускорения точки $M$ используется векторное равенство

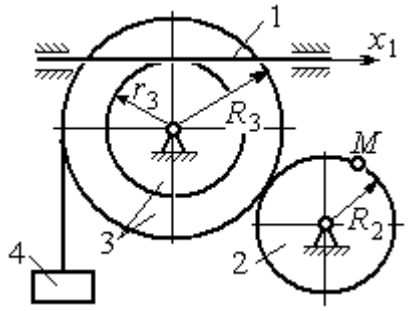
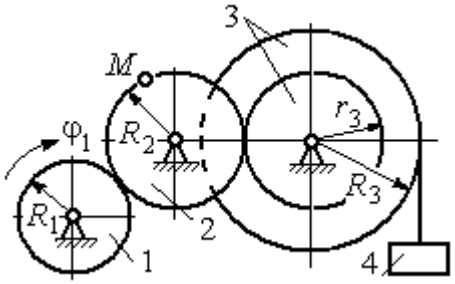
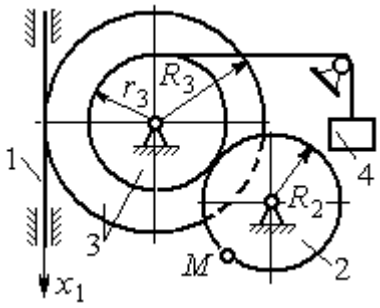
$$\vec{a}^{\,\tau}_{M} + \vec{a}^{\,n}_{M} = \vec{a}^{\,\tau}_{A} + \vec{a}^{\,n}_{A} + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA},$$

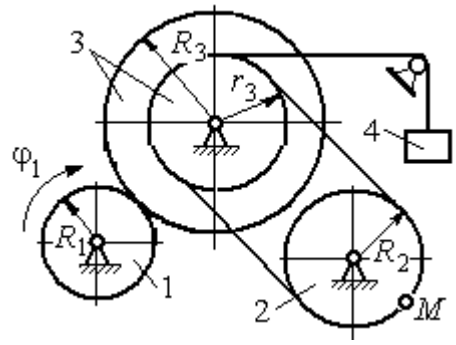
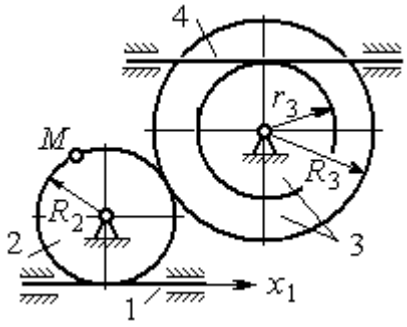
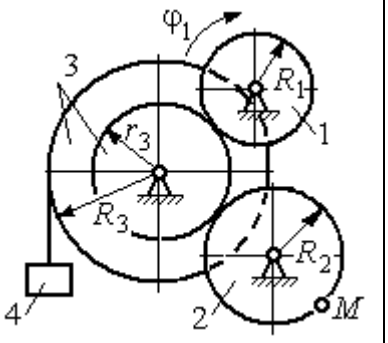
где $\vec{a}^{\,\tau}_{M}$, $\vec{a}^{\,n}_{M}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{A}$, $\vec{a}^{\,n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $M$ и полюса $A$ при движении их по заданным траекториям.

## 2.4. Задание К1. 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 |
|---|---|---|
|  |  |  |

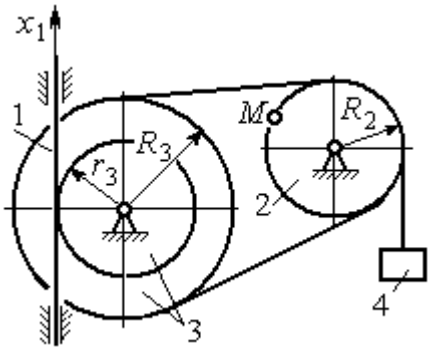
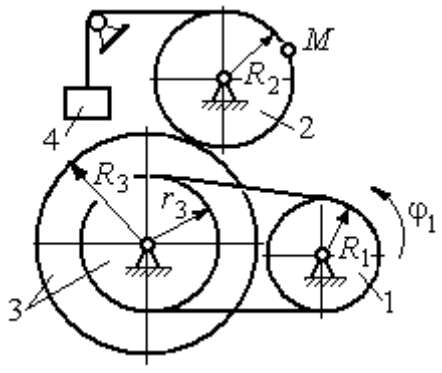
| Варианты № 7, 17, 27 | Варианты № 8, 18, 28 |
|---|---|
|  |  |

Рис. 2.3. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 1 – 8, 11 – 18, 21 – 28

*Окончание вариантов задания К1*

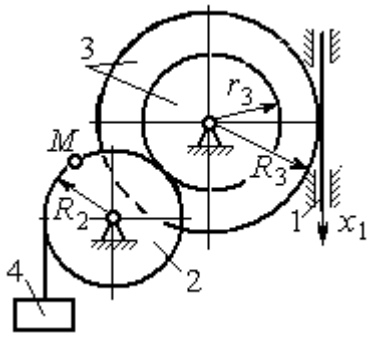
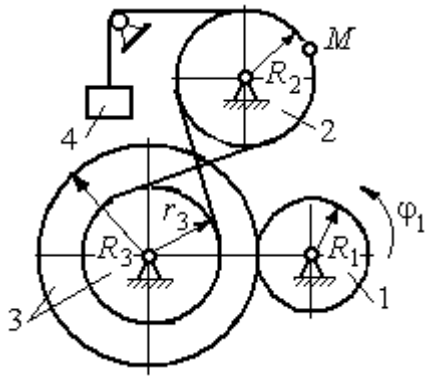
| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  |  |



Рис. 2.4. Задание К1. 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 К1. 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<br>$\varphi_1(t)$, 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<br>$\varphi_1(t)$, 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 К1. 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.

Направления показаны на рис 2.5, *b* дуговыми стрелками $\varphi_2$, $\varphi_3$, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси $x_4$.

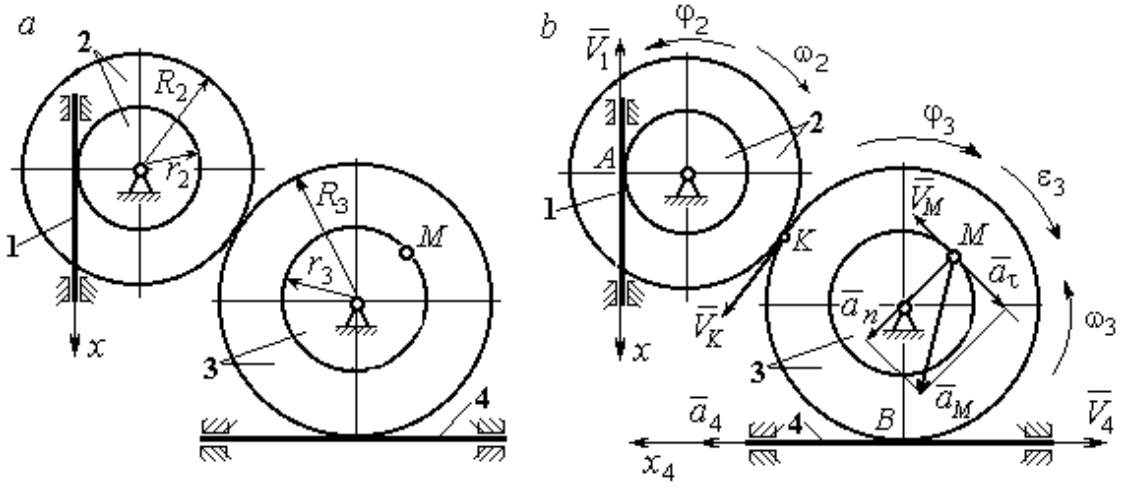



Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
*a* – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

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 $\omega_2$ – угловая скорость диска 2. Отсюда угловая скорость диска: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r_2} = \dfrac{|4t-5|}{5} = |\dot{\varphi}_2|$ 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 $\omega_2$ в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла $\varphi_2$. 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 $\varphi_3$, 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 $\omega_3$ 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 $\varphi_3$, диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение $a_\tau$ 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 $\vec{a}_\tau$.

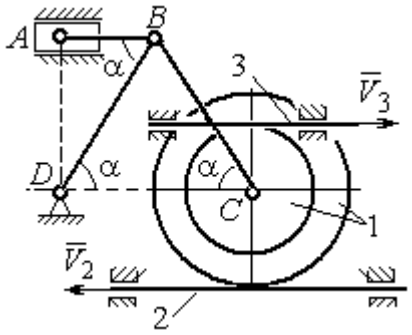
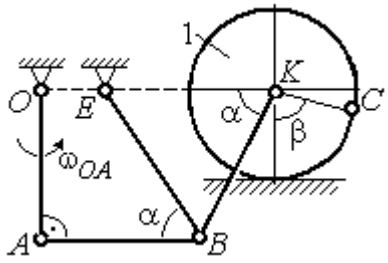
Ускорение $a_4$ звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

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.

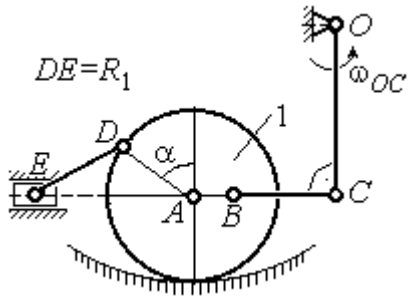
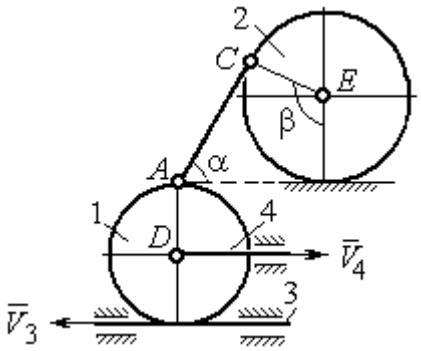
## 2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

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** | **Варианты № 2, 12, 22** |
|---|---|
|  <br>Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$ |  <br>Найти: $V_A, V_B, V_K$, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, $\omega_{BE}, \omega_{BK}$ |

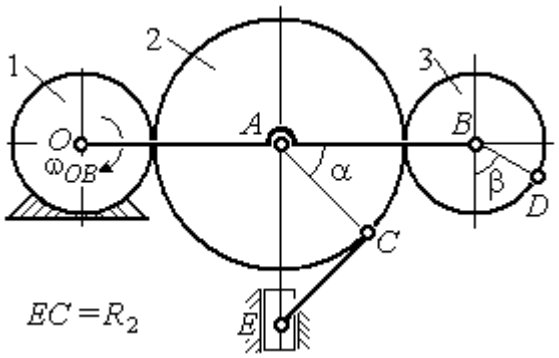
| Номер варианта задания | $R_1$, см | $r_1$, см | $AD$, см | α, град | $V_2$, см/с | $V_3$, см/с | Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | $OE$, см | α, град | β, град | $V_C$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 10 | 5 | 20 | 30 | 8 | 10 | **2** | 3 | 5 | 4 | 30 | 60 | 10 |
| **11** | 12 | 8 | 25 | 45 | 10 | 4 | **12** | 4 | 8 | 6 | 45 | 90 | 8 |
| **21** | 10 | 6 | 15 | 60 | 5 | 5 | **22** | 5 | 12 | 2 | 60 | 120 | 12 |

| **Варианты № 3, 13, 23** | **Варианты № 4, 14, 24** |
|---|---|
|  <br>Найти: $V_A, V_B, V_C$, $V_D, V_E$, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$ |  <br>Найти: $V_A, V_C, V_E$, $\omega_1, \omega_2, \omega_{AC}$ |

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OC$, см | $AB$, см | $BC$, см | α, град | $\omega_{OC}$, рад/с | Номер варианта задания | $R_1$, см | $R_2$, см | α, град | β, град | $V_3$, см/с | $V_4$, см/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | 12 | 18 | 10 | 35 | 60 | 4 | **4** | 10 | 15 | 30 | 60 | 8 | 4 |
| **13** | 10 | 15 | 10 | 25 | 90 | 8 | **14** | 6 | 10 | 45 | 90 | 4 | 6 |
| **23** | 15 | 20 | 5 | 20 | 120 | 6 | **24** | 10 | 12 | 60 | 120 | 3 | 3 |

Рис. 2.6. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

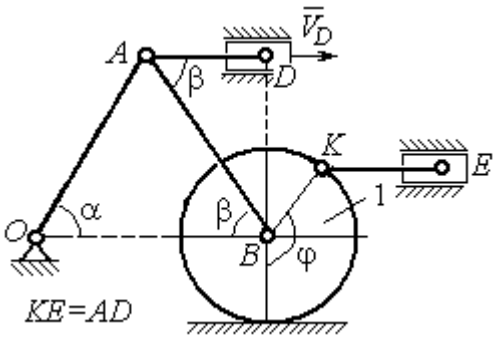
**Варианты № 5, 15, 25**




Найти: $V_A$, $V_B$, $V_C$, $V_D$, $V_E$, $\omega_2$, $\omega_3$, $\omega_{EC}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $R_2$, см | $R_3$, см | α, град | β, град | $\omega_{OB}$, рад/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | 10 | 20 | 12 | 60 | 0 | 6 |
| **15** | 6 | 18 | 10 | 90 | 90 | 8 |
| **25** | 20 | 25 | 15 | 120 | 180 | 4 |

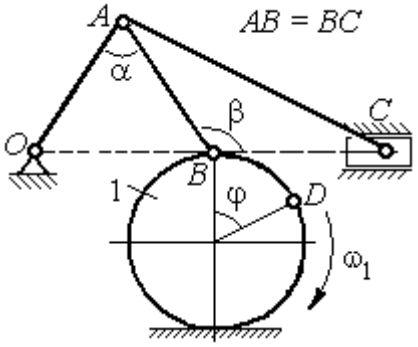
**Варианты № 6, 16, 26**




Найти: $V_A, V_B, V_K, V_E,$ $\omega_1$, $\omega_{OA}$, $\omega_{AB}$, $\omega_{AD}$, $\omega_{KE}$

| 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 |

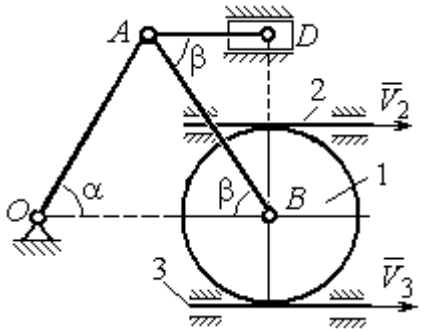
**Варианты № 7, 17, 27**




Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AC}$

| 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**

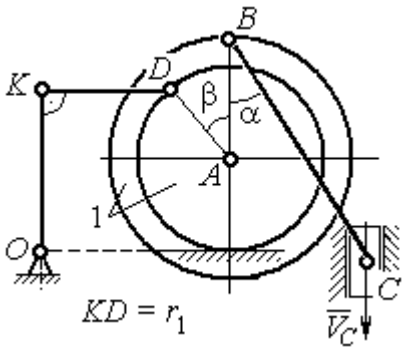
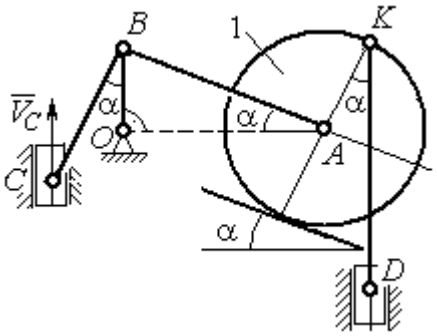



Найти: $V_A, V_B, V_D$, $\omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AD}$

| 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 К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

*Окончание вариантов задания К2*

| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  Найти: $\omega_{OK}, \omega_{KD}, \omega_{BC}, \omega_1,$ $V_A, V_B, V_K, V_D$ |  Найти: $V_A, V_B, V_D, V_K,$ $\omega_{CB}, \omega_1, \omega_{OB}, \omega_{AB}, \omega_{KD}$ |

| 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 К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

## Пример выполнения задания К2. 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 $\omega_{OC}$. Диск 2, увлекаемый стержнем $OC$, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом $r_1$. Диск 3, также увлекаемый стержнем $OC$, катится без проскальзыва-

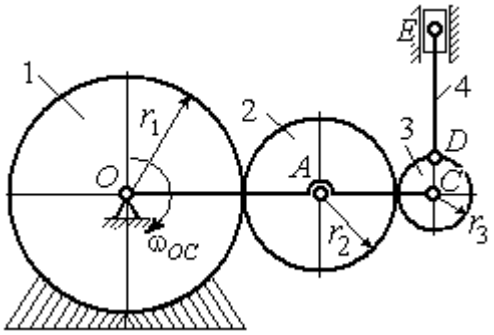


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

ния по подвижному диску 2. В точке *D*, расположенной на краю диска 3, шарнирно прикреплен 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, $\omega_{OC}$ = 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 (рис. 2.10).

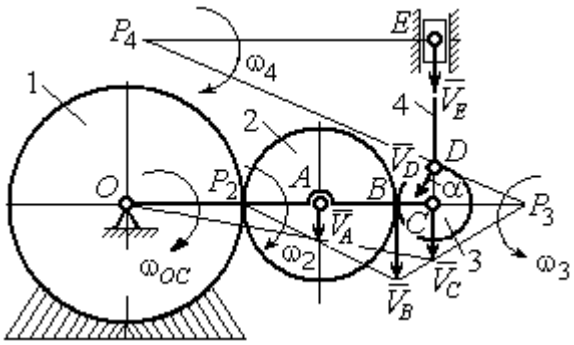



Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

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 $\omega_2$ следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как $V_A$ = 10 см/с, получим $\omega_2$ = 2,5 рад/с.

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 (см. 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 $\alpha$ 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, $\omega_4 = 0{,}4$ 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.

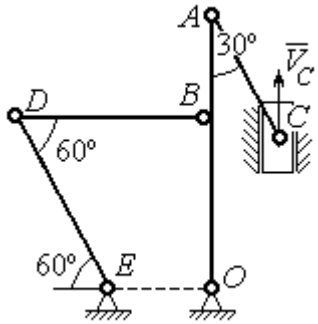


Рис. 2.11. Стержневой механизм

*Решение*

Кривошипы $OA$ и $ED$ совершают вращательные движения вокруг неподвижных центров. Скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ точек $A$ и $B$ перпендикулярны кривоши-

пу $OA$, а скорость $\vec{V}_D$ точки $D$ перпендикулярна кривошипу $ED$. Направления векторов скоростей точек показаны на рис. 2.12.

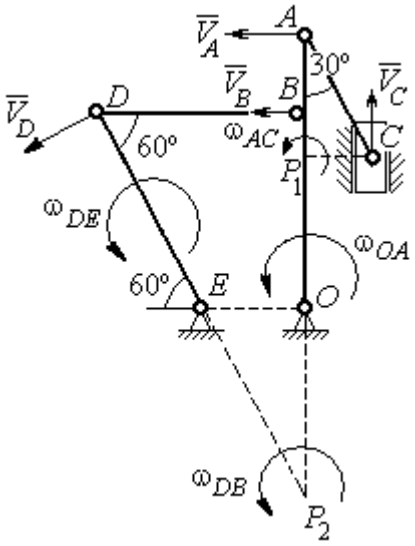



Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

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 $AC$ равна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{P_1C} = \dfrac{V_C}{AC \cdot \sin 30^\circ} = \dfrac{4}{3}$ рад/с. Далее, полагая, что точка $A$ принадлежит шатуну $AC$, найдем её скорость:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с.}$$

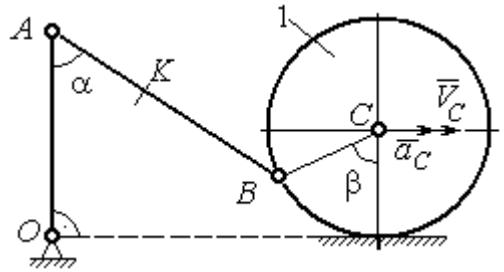
Теперь, исходя из того, что точка $A$ принадлежит как шатуну $AC$, так и кривошипу $OA$, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки $B$ кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

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.

## 2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить ускорения точек звеньев механизма и угловые ускорения звеньев. Варианты заданий и исходные данные приведены на рис. 2.13 – 2.15.

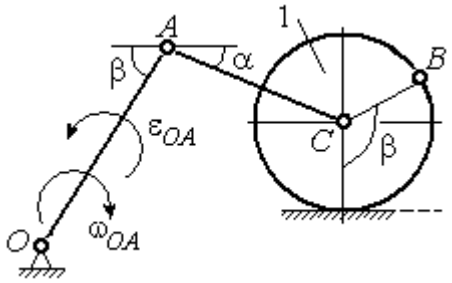
**Варианты № 1, 11, 21**




Найти: $a_A, a_K, \varepsilon_{AB}$

| Номер варианта задания | $AB$, см | $AK$, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 16 | 10 | 60 | 120 | 10 | 12 | 6 |
| **11** | 20 | 16 | 30 | 60 | 8 | 10 | 8 |
| **21** | 18 | 10 | 60 | 180 | 6 | 8 | 4 |

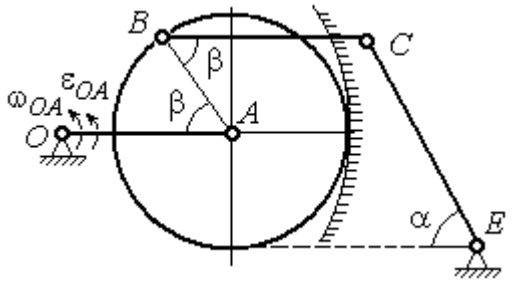
**Варианты № 2, 12, 22**




Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AC}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | $AC$, см | α, град | β, град | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2** | 5 | 10 | 12 | 30 | 60 | 2 | 4 |
| **12** | 8 | 24 | 20 | 30 | 120 | 1 | 2 |
| **22** | 6 | 12 | 15 | 60 | 90 | 2 | 3 |

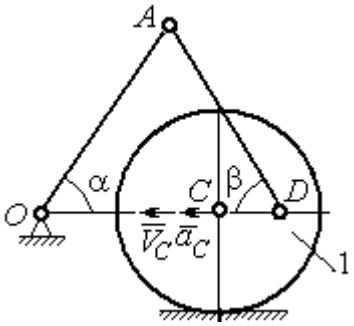
**Варианты № 3, 13, 23**




Найти: $a_C$, $a_B$, $\varepsilon_{BC}$

| Номер варианта задания | $BC$, см | $AO$, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **3** | 16 | 15 | 60 | 90 | 10 | 2 | 3 |
| **13** | 18 | 12 | 90 | 60 | 8 | 3 | 2 |
| **23** | 14 | 12 | 30 | 120 | 10 | 2 | 4 |

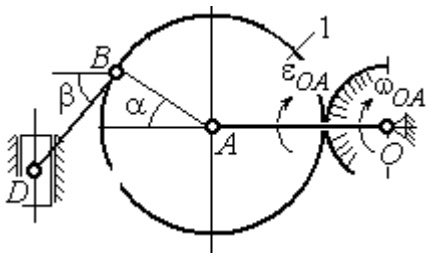
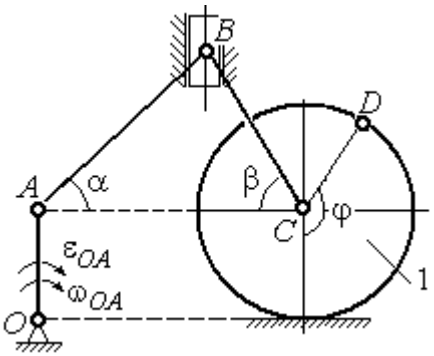
**Варианты № 4, 14, 24**



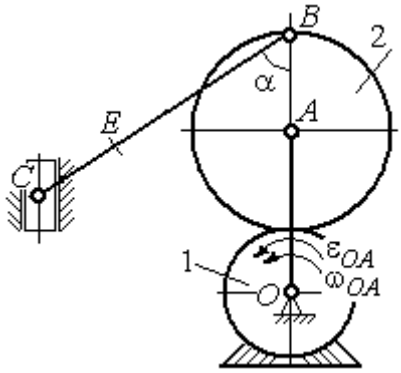
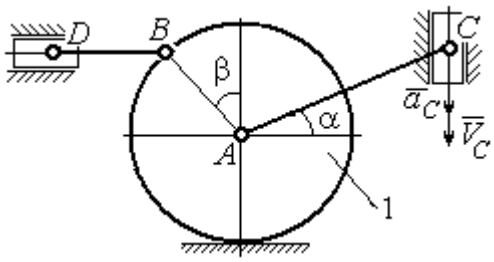

Найти: $a_A, a_D, \varepsilon_{DA}$

| Номер варианта задания | $R_1$, см | $OA$, см | $DC$, см | α, град | β, град | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | 10 | 28 | 5,78 | 60 | 30 | 10 | 2 |
| **14** | 8 | 24 | 4,62 | 30 | 90 | 8 | 3 |
| **24** | 6 | 20 | 6 | 45 | 45 | 12 | 2 |

Рис. 2.13. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

| **Варианты № 5, 15, 25** | **Варианты № 6, 16, 26** |
|---|---|
|  <br>Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$ |  <br>Найти: $a_B, a_D, \varepsilon_{BC}$ |

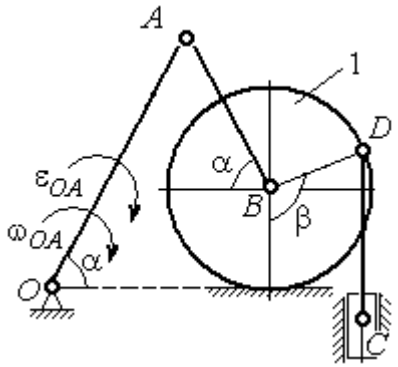
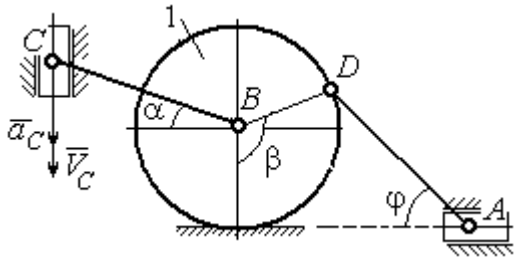
| Номер варианта задания | *OA*, см | *BD*, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ | Номер варианта задания | $R_1$, см | *AB*, см | φ, град | α, град | β, град | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5** | 16 | 10 | 60 | 30 | 10 | 4 | 3 | **6** | 6 | 18 | 60 | 30 | 30 | 2 | 3 |
| **15** | 18 | 8 | 90 | 45 | 12 | 2 | 4 | **16** | 8 | 20 | 90 | 60 | 30 | 2 | 4 |
| **25** | 14 | 12 | 30 | 60 | 8 | 3 | 2 | **26** | 5 | 16 | 120 | 30 | 60 | 3 | 4 |

| **Варианты № 7, 17, 27** | **Варианты № 8, 18, 28** |
|---|---|
|  <br>Найти: $a_E, a_C, \varepsilon_{BC}$ |  <br>Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$ |

| Номер варианта задания | *BC*, см | *BE*, см | α, град | $R_1$, см | $R_2$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ | Номер варианта задания | $R_1$, см | *BD*, см | *AC*, см | α, град | β, град | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **7** | 22 | 10 | 60 | 2 | 10 | 2 | 3 | **8** | 4 | 5 | 12 | 60 | 60 | 12 | 5 |
| **17** | 28 | 15 | 30 | 3 | 6 | 3 | 4 | **18** | 6 | 10 | 16 | 45 | 90 | 10 | 8 |
| **27** | 20 | 8 | 45 | 4 | 8 | 2 | 2 | **28** | 8 | 8 | 16 | 30 | 120 | 8 | 6 |

Рис. 2.14. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

*Окончание вариантов задания К3*

| **Варианты № 9, 19, 29** | **Варианты № 10, 20, 30** |
|---|---|
|  Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AB}$ |  Найти: $a_A, a_B, \varepsilon_{CB}$ |

| Номер варианта задания | $OA$, см | $DC$, см | α, град | β, град | $R_1$, см | $\omega_{OA}$, рад/с | $\varepsilon_{OA}$, рад/с$^2$ | Номер варианта задания | $R_1$, см | $BC$, см | φ, град | α, град | β, град | $V_C$, см/с | $a_C$, см/с$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **9** | 18 | 10 | 30 | 120 | 4 | 2 | 3 | **10** | 6 | 14 | 60 | 30 | 120 | 15 | 3 |
| **19** | 20 | 12 | 60 | 60 | 6 | 3 | 4 | **20** | 5 | 18 | 45 | 60 | 90 | 10 | 5 |
| **29** | 18 | 8 | 60 | 90 | 4 | 2 | 3 | **30** | 4 | 16 | 30 | 45 | 60 | 12 | 4 |

Рис. 2.15. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

## Примеры решения задания К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении

**Задача 1**. Ступенчатый барабан 1 с радиусами ступенек $R$ = 0,5 м и $r$ = 0,3 м катится окружностью малой ступеньки по горизонтальной поверхности без скольжения (рис. 2.16). Барабан приводится в движение шатуном $AC$, один конец которого соединён с центром барабана в точке $A$, а другой – с ползуном $C$, перемещающимся вертикально. В положении механизма, когда шатун $AC$ отклонён от вертикали на угол 60°, найти ускорение точки $B$ барабана, лежащей на его горизонтальном диаметре, если заданы скорость и ускорение ползуна $C$: $V_C$ = 9м/с, $a_C$ = 4 м/с$^2$.

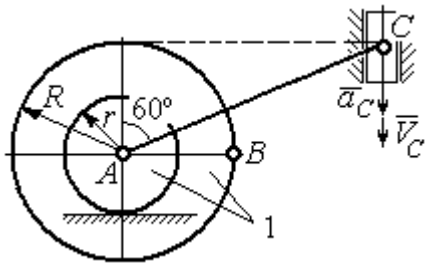



Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

*Решение*

Найдём угловые скорости $\omega_{AC}$, $\omega_1$ шатуна $AC$ и барабана 1. Шатун совершает плоское движение. Его мгновенный центр скоростей $P_2$ находится на пересечении перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (рис. 2.17). По условию, скорость точки $C$ направлена вертикально вниз. Точка $A$ принадлежит как шатуну $AC$, так и барабану 1. При качении барабана по горизонтальной поверхности скорость его центра – точки $A$ параллельна поверхности качения барабана.

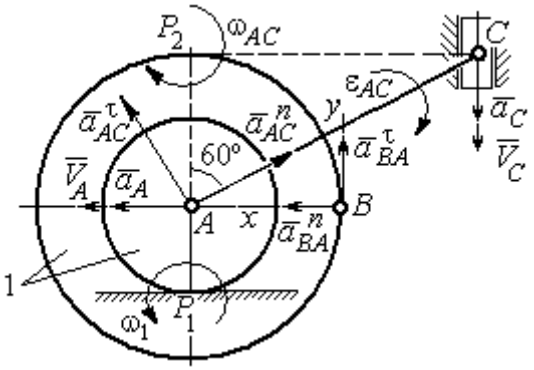


Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\text{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки $A$ шатуна $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2 = 3\sqrt{3}$ м/с. Угловая скорость барабана 1 $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 10\sqrt{3}$ рад/с.

При расчёте угловой скорости барабана учтено, что качение барабана по неподвижной поверхности представляет собой плоское движение, при котором мгновенный центр скоростей находится в точке касания с поверхностью (в точке $P_1$ на рис. 2.17).

Выразим ускорение $\vec{a}_A$ точки $A$ через полюс $C$ на основании векторного равенства: $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,\tau}_{AC} + \vec{a}^{\,n}_{AC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки $C$, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,\tau}_{AC}$, $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $A$ при вращении шатуна $AC$ вокруг полюса $C$. Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ направлен вдоль шатуна $AC$ от точки $A$ к полюсу $C$ и равен по величине $a^n_{AC} = \omega^2_{AC} \cdot AC = (6\sqrt{3})^2 \cdot 2R = 108$ м/с$^2$. Вектор касательного ускорения

$\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$, модуль которого вычисляется по формуле $a_{AC}^{\tau} = \varepsilon_{AC} \cdot AC$, направлен перпендикулярно отрезку $AC$.

На данном этапе величина вектора касательного ускорения не может быть вычислена, поскольку угловое ускорение шатуна $AC$ $\varepsilon_{AC}$ неизвестно. На рис. 2.17 направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$ выбрано из предположения, что вращение шатуна ускоренное и направление углового ускорения совпадает с направлением его угловой скорости.

Направление вектора $\vec{a}_A$ ускорения точки $A$ определяется из того, что центр барабана движется по прямой, параллельной горизонтальной поверхности качения. На рис. 2.17 направление вектора ускорения $\vec{a}_A$ выбрано из предположения, что качение барабана ускоренное.

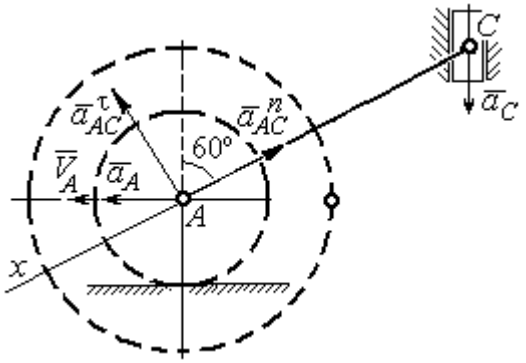


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

Выберем ось $x$ вдоль линии $AC$ (рис. 2.18) и спроектируем векторное равенство $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}_{AC}^{\,\tau} + \vec{a}_{AC}^{\,n}$ на эту ось. При таком выборе оси проекция неизвестного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$ обращается в нуль. Получим $a_A \cos 30^\circ = a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}$. Отсюда найдём ускорение центра барабана $a_A = \dfrac{1}{\cos 30^\circ}\left(a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}\right) = -\,122{,}4$ м/с$^2$. Отрицательное значение ускорения точки $A$ означает, что на рис. 2.17, 2.18 вектор ускорения $\vec{a}_A$ должен иметь противоположное направление. Таким образом, вектор ускорения $\vec{a}_A$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_A$, и движение барабана замедленное.

Для того чтобы найти ускорение точки $B$, выразим его через полюс $A$ на основании векторного равенства $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение

точки $A$, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$, $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $B$ при вращении барабана вокруг полюса $A$.

Модуль вектора нормального ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ равен по величине $a_{BA}^{n} = \omega_1^2 \cdot BA = (10\sqrt{3})^2 \cdot R = 150$ м/с$^2$. Вектор направлен вдоль радиуса барабана от точки $B$ к полюсу $A$ (см. рис. 2.17).

Модуль вектора касательного ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ вычисляется по формуле $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA$, где $\varepsilon_1$ – угловое ускорение барабана. Значение углового ускорения катящегося барабана (в отличие от углового ускорения $\varepsilon_{AC}$ шатуна $AC$) может быть найдено. Расчёт основан на том, что при движении барабана расстояние $AP_1$ от точки $A$ до центра скоростей барабана $P_1$ остаётся постоянным, равным $r$. Тогда выражение $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 \cdot r$ для расчёта скорости точки $A$ можно продифференцировать. Получим $\dfrac{dV_A}{dt} = \dfrac{d\omega_1}{dt} \cdot r$. Так как точка $A$ движется по прямой, производная от скорости точки равна её полному ускорению, а производная от угловой скорости барабана равна его угловому ускорению. Тогда имеем: $a_A = \varepsilon_1 \cdot r$, откуда находим угловое ускорение $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A}{r} = 40{,}8$ рад/с$^2$, а затем и модуль вектора касательного ускорения $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA = 20{,}4$ м/с$^2$.

Заметим, что для вычисления углового ускорения $\varepsilon_{AC}$ шатуна $AC$ подобные рассуждения неприменимы. Формулу $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2$ невозможно продифференцировать, так как при движении механизма расстояние $AP_2$ от точки $A$ до центра скоростей $P_2$ шатуна $AC$ является неизвестной функцией времени.

Выберем систему координат $xBy$ как показано на рис. 2.17, и спроецируем на эти оси векторное равенство $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n}$. Полагая, что движение барабана ускоренное (т. е. вектора ускорений $\vec{a}_A$ и $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ направлены, как показано на рис. 2.17), получим значения составляющих ускорения точки $B$:

$a_{Bx} = a_A + a_{BA}^n$, $a_{By} = a_{BA}^\tau$. Подставляя значения ускорений, найдём $a_{By} = 20{,}4$ м/с$^2$, $a_{Bx} = -122{,}4 + 150 = 27{,}6$ м/с$^2$. Вектор полного ускорения точки $B$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_{Bx}$, $\vec{a}_{By}$. Величина ускорения точки $B$: $a_B = \sqrt{a_{Bx}^2 + a_{By}^2} = 34{,}32$ м/с$^2$.

**Задача 2**. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип $OA$ вращается вокруг оси $O$ с угловой скоростью $\omega_{OA}$ и угловым ускорением $\varepsilon_{OA}$. Диск 2, шарнирно присоединённый к кривошипу в точке $A$, катится без проскальзывания по неподвижному диску 1. Радиусы дисков $R_1$ и $R_2$. На краю диска 2 в точке $B$ шарнирно прикреплен стержень $BC$, соединенный с центром $C$ диска 3. Радиус диска 3 равен радиусу диска 2: $R_3 = R_2$. Диск 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности, по прямой. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить ускорение точки $D$ и угловое ускорение стержня $BC$, если $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с$^2$, $R_1 = 4$ см, $R_2 = 8$ см. Длина стержня $BC = 20$ см.

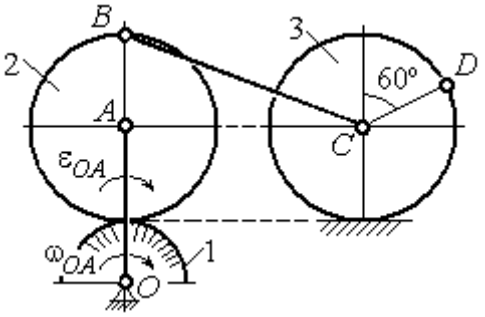


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

*Решение*

**Определение угловых скоростей звеньев механизма**.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$. Скорость точки $A$: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону движения кривошипа (рис. 2.20).

При движении диска 2 точка $P_2$ соприкосновения второго диска с неподвижным первым является мгновенным центром скоростей диска 2. Угловая скорость диска 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = \dfrac{48}{8} = 6$ рад/с.

Скорость точки $B$ диска 2: $V_B = \omega_2 BP_2 = 6 \cdot 16 = 96$ см/с.

Для определения угловой скорости стержня $BC$ заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки $B$ и $C$ не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня $BC$ отсутствует (бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю: $\omega_{BC} = 0$, а стержень совершает мгновенное поступательное движение. В результате имеем: $V_C = V_B = 96$ см/с.

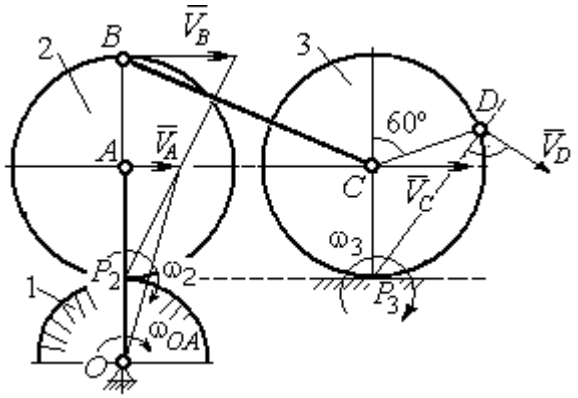



Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка $P_3$ касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей. Тогда угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Скорость точки $D$ диска 3: $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$. Величину $DP_3$ находим из треугольника $P_3DC$. В результате $DP_3 = 2R_3\cos 30^\circ = 13{,}8$ см и $V_D = 165{,}6$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ направлен в сторону движения диска 3 перпендикулярно линии $DP_3$ и (см. рис. 2.20).

**Определение ускорений точек механизма**.

Представим ускорение $\vec{a}_C$ точки $C$ векторной суммой $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение точки $B$, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $C$ при вращении стержня $BC$ вокруг полюса $B$, $a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB$, $a^{\tau}_{CB} = \varepsilon_{CB} \cdot CB$.

Нормальная составляющая ускорения точки $C$ $a^n_{CB} = 0$, так как стержень $CB$ совершает мгновенное поступательное движение и $\omega_{BC} = 0$.

Направление касательной составляющей $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ неизвестно, так как неизвестно направление углового ускорения стержня $\varepsilon_{CB}$. Для определённости выберем направление углового ускорения стержня $BC$ в сторону против хода часовой стрелки. На рис. 2.21 это направление показано дуговой стрелкой $\varepsilon_{CB}$.

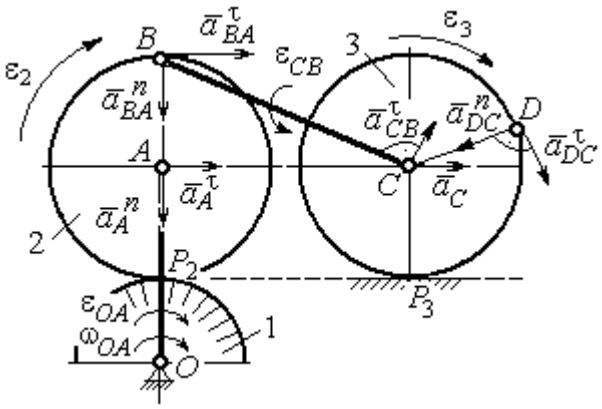



Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

В соответствии с выбранным направлением углового ускорения вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня $BC$ в сторону углового ускорения $\varepsilon_{CB}$ (см. рис. 2.21).

Выразим ускорение точки $B$ через полюс $A$: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $B$ при вращении диска 2 вокруг полюса $A$. Величина нормальной составляющей ускорения точки $B$ $a^{n}_{BA} = \omega_2^2 \cdot BA = 288$ см/с$^2$. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса $BA$ от точки $B$ к полюсу $A$ (см. рис. 2.21). Касательное ускорение точки $B$ при вращении диска 2 вокруг полюса $A$ вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_2 \cdot BA$. Для определения углового ускорения $\varepsilon_2$ диска 2 заметим, что во время движения диска 2 расстояние $AP_2$ остается постоянным, равным $R_2$. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 R_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} R_2$, или $a^{\tau}_A = \varepsilon_2 R_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a^{\tau}_A}{R_2}$.

Для того чтобы найти величину $a^{\tau}_A$, рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$ вокруг неподвижной оси $O$. Ускорение точки $A$ представляется в виде векторного равенства $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A$, где $\vec{a}^{n}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_A$ – известные

нормальная и касательная составляющие ускорения точки $A$ кривошипа $OA$: $a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 192$ см/с$^2$, $a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 24$ см/с$^2$. Направления векторов нормального ускорения $\vec{a}_A^n$ и касательного ускорения $\vec{a}_A^\tau$ показаны на рис. 2.21.

Теперь найдём величину углового ускорения диска 2 и модуль касательного ускорения $a_{BA}^\tau$ точки $B$ при вращении диска 2 вокруг полюса $A$: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_A^\tau}{R_2} =$ $= 3$ рад/с$^2$, $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 24$ см/с$^2$.

Для определения ускорения точки $C$ имеем векторное равенство $\vec{a}_C = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau + \vec{a}_{CB}^\tau$. Выберем оси $Cx$, $Cy$, как показано на рис. 2.22, – вдоль отрезка $BC$ и перпендикулярно ему и спроецируем на них имеющееся векторное равенство. Получим:

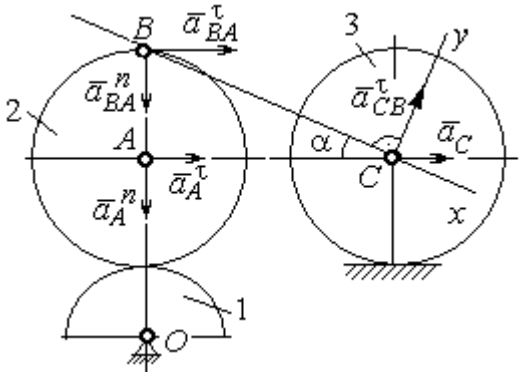


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки С

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha + a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где $\alpha$ – угол между стержнем $BC$ и линией центров $AC$; $\sin\alpha = \dfrac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$. Решая систему, найдём: $a_C = 256{,}7$ см/с$^2$, $a_{CB}^\tau = -358{,}12$ см/с$^2$.

Модуль углового ускорения стержня $BC$: $\varepsilon_{CB} = \dfrac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 17{,}9$ рад/с$^2$.

Знак «минус» величины $a_{CB}^\tau$ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ на рис. 2.21 – 2.22 следует направить в противоположную сторону. Направление углового ускорения стержня $BC$, показанное на рис. 2.21 дуговой стрелкой $\varepsilon_{CB}$, также следует заменить на противоположное.

Выразим ускорение точки $D$ через полюс $C$: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,n}_{DC} + \vec{a}^{\,\tau}_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – известное ускорение точки $C$; $\vec{a}^{\,n}_{DC}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки $D$ при вращении диска 3 вокруг полюса $C$. Величина нормального ускорения точки $D$: $a^n_{DC} = \omega_3^2 \cdot DC = 1152$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}^{\,n}_{DC}$ направлен по радиусу от точки $D$ к полюсу $C$ (рис. 2.23).

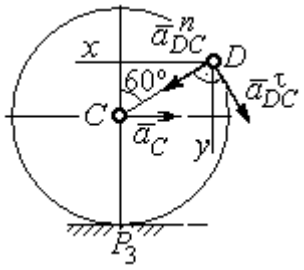



Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки $D$

Для расчёта касательной составляющей $a^{\tau}_{DC}$ ускорения точки $D$ найдём угловое ускорение диска 3. Продифференцируем по времени равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 R_3$. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} R_3$, или $a_C = \varepsilon_3 R_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{R_3} = 32{,}09$ рад/с$^2$. Тогда величина касательной составляющей ускорения точки $D$: $a^{\tau}_{DC} = \varepsilon_3 \cdot DC = 256{,}7$ см/с$^2$. Направление вектора $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ соответствует ускоренному движению диска 3.

Проведём оси $Dx$ и $Dy$, как показано на рис. 2.23, и спроецируем векторное равенство ускорения точки $D$ на оси:

$$a_{Dx} = -a_C + a^n_{DC}\cos 30^\circ - a^{\tau}_{DC}\cos 60^\circ, \quad a_{Dy} = a^n_{DC}\cos 60^\circ + a^{\tau}_{DC}\cos 30^\circ.$$

Решая систему, находим значения проекций модуля ускорения $a_{Dx} = 612{,}5$ см/с$^2$, $a_{Dy} = 798{,}3$ см/с$^2$. Величина ускорения точки $D$:

$$a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 1006{,}2 \text{ см/с}^2.$$

# 3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

## 3.1. Основные понятия сложного движения точки

В неподвижной системе координат рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Траектория точки в её движении относительно тела называется **относительной траекторией.** Скорость точки в этом движении называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Траектория точки, перемещающейся вместе с телом, называется переносной траекторией точки, скорость точки при таком её движении – **переносной скоростью**, а ускорение – **переносным ускорением**.

Суммарное движение точки вместе с телом и относительно тела называется **сложным движением**. Траектория точки относительно неподвижной системы координат называется **абсолютной траекторией точки**, скорость и ускорение – **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **при сложном движении абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

В случае, когда относительное движение точки задается естественным способом в виде закона изменения пути $S = S(t)$, величина относительной скорости точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right|$. Если переносное движение точки есть вращение тела вокруг неподвижной оси, скорость точки в переносном движении будет: $V_e = \omega_e h_e$, где $\omega_e$ – величина угловой скорости вращения тела; $h_e$ – кратчайшее расстояние от места положения точки на теле до оси вращения тела.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **при сложном движении абсолютное ускорение точки равно геометрической сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_к$ – вектор ускорения Кориолиса. (Иногда его называют поворотным ускорением.)

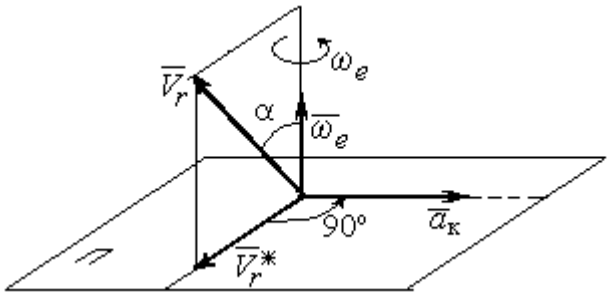



Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением $\vec{a}_к = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_к| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где $\alpha$ – угол между вектором угловой скорости переносного движения и вектором относительной скорости точки (см. рис. 3.1). Направление вектора ускорения Кориолиса может быть получено по правилу построения вектора векторного произведения.

На рис. 3.1 показана последовательность выбора направления вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем: пусть имеется точка, движущаяся с относительной скоростью $\vec{V}_r$. Построим плоскость П, перпендикулярную вектору переносной угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроецируем вектор $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости П вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Относительное ускорение $\vec{a}_r$ представляется как сумма векторов относительного касательного $\vec{a}_r^{\tau}$ и относительного нормального $\vec{a}_r^{n}$ ускорений: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n}$. Переносное ускорение точки $\vec{a}_e$ тела имеет своими составляющими переносное касательное $\vec{a}_e^{\tau}$ и переносное нормальное $\vec{a}_e^{n}$ ускорения так, что $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n}$.

Таким образом, абсолютное ускорение точки в сложном движении можно представить в виде векторного равенства

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Модули относительного касательного и относительного нормального ускорений при естественном способе задания относительного движения точки равны: $a_r^{\tau} = \left|\dot{V}_r\right|$, $a_r^{n} = \dfrac{V_r^2}{\rho}$, где $\rho$ – радиус кривизны относительной траектории. При движении точки по окружности радиус кривизны равен радиусу окружности, при движении по прямой – бесконечности, и в этом случае $a_r^{n} = 0$.

При вращательном переносном движении точки значения переносного касательного и нормального ускорений вычисляются по формулам: $a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e$, $a_e^{n} = \omega_e^2 h_e$, где $\varepsilon_e$ – угловое ускорение вращательного переносного движения, $\varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|$; $h_e$ – расстояние от точки до оси вращения тела; $\omega_e$ – величина угловой скорости вращения тела.

Вектора ускорений строятся по общим правилам построения векторов нормального и касательного ускорений.

При поступательном переносном движении ускорение Кориолиса и переносное нормальное ускорение равны нулю: $a_{\text{к}} = 0,\ a_e^n = 0$. Абсолютное ускорение точки при поступательном переносном движении можно представить в виде векторного равенства $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$.

### 3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении

Задание включает две задачи с вращательным и поступательным видами переносного движения точки.

**Задача 1.** Вращение тела относительно неподвижной оси задается законом изменения угла поворота: $\varphi_e = \varphi_e(t)$ или законом изменения его угловой скорости: $\omega_e = \omega_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке $C$ и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = S_r = S_r(t)$.

Определить абсолютные скорость и ускорение точки в заданный момент времени $t_1$.

**Задача 2.** Поступательное движение тела, несущего точку, задается законом изменения координаты $x_e = x_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке $C$ и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = y_r = y_r(t)$.

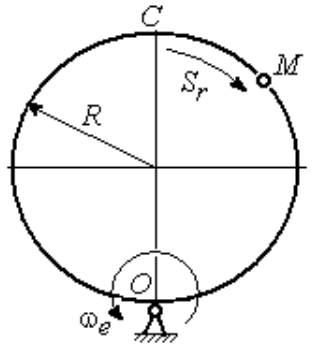
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в момент времени $t_2$, который либо задаётся в исходных данных задачи, либо на схемеописаны условия, из которых он находится.

Номера вариантов заданий даны на рис. 3.2 – 3.5.

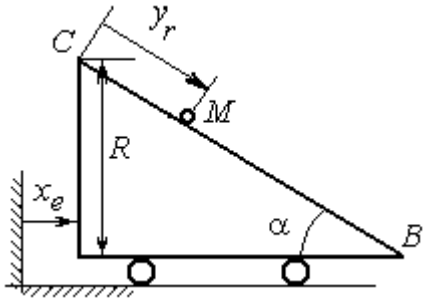
Варианты исходных данных приведены в табл. 3.1.

**Варианты № 1, 11, 21**

Задача 1



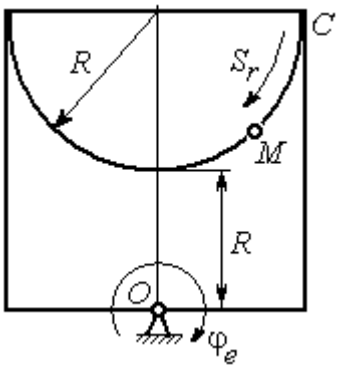

Задача 2



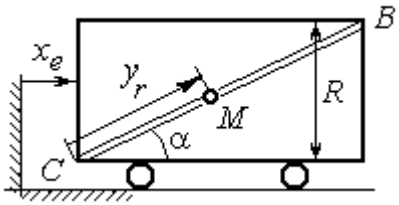

В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла половину пути $CB$

**Варианты № 2, 12, 22**

Задача 1



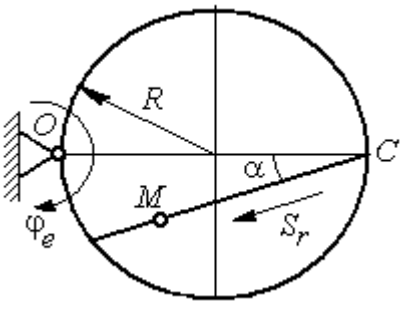

Задача 2




В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла 2/3 пути $CB$

**Варианты № 3, 13, 23**

Задача 1




Задача 2

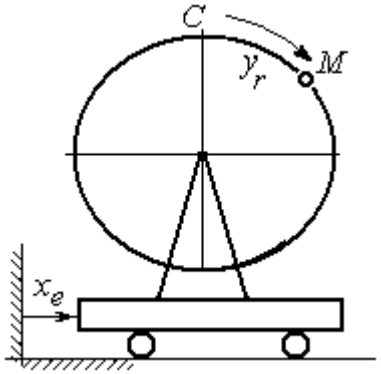
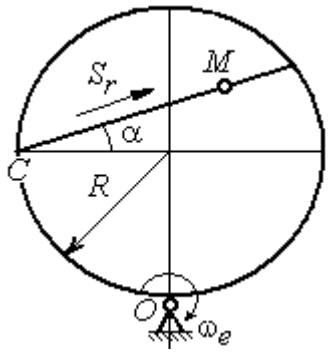


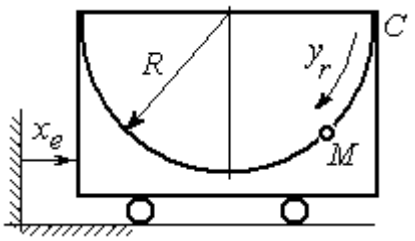

Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

**Варианты № 4, 14, 24**

Задача 1

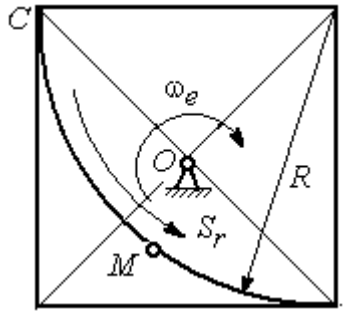



Задача 2

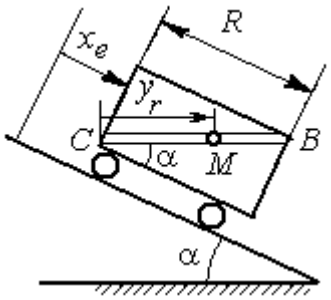



**Варианты № 5, 15, 25**

Задача 1



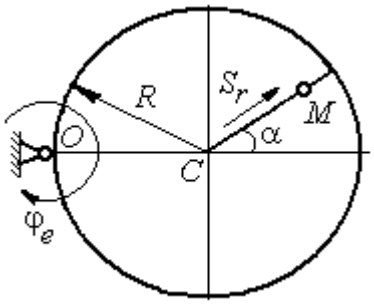

Задача 2




В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла путь $CB$

**Варианты № 6, 16, 26**

Задача 1




Задача 2

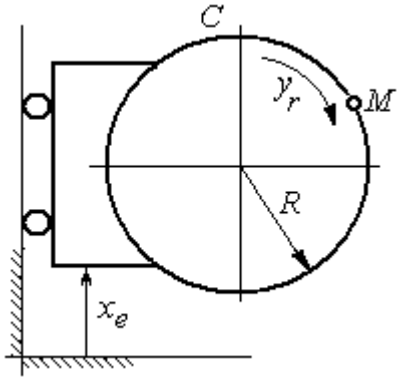
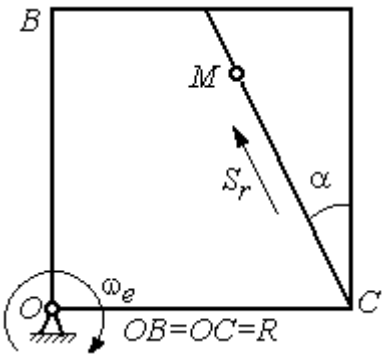


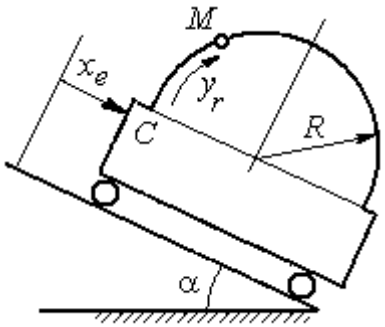

Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

**Варианты № 7, 17, 27**

Задача 1

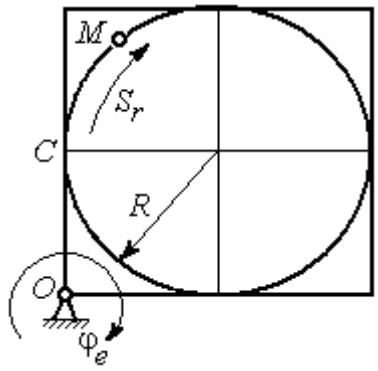



Задача 2

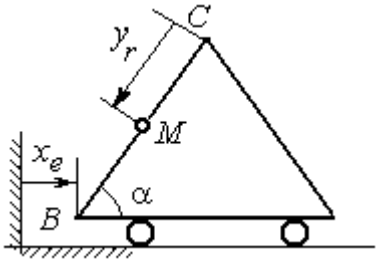



**Варианты № 8, 18, 28**

Задача 1



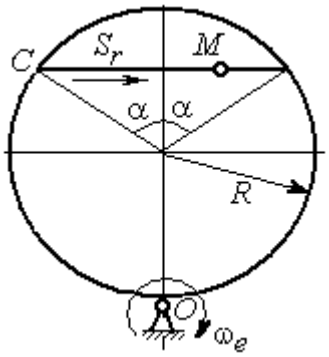

Задача 2




В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла половину пути $CB = R$

**Варианты № 9, 19, 29**

Задача 1




Задача 2

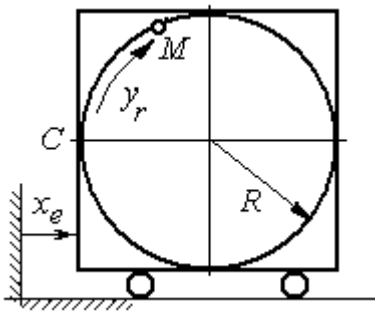
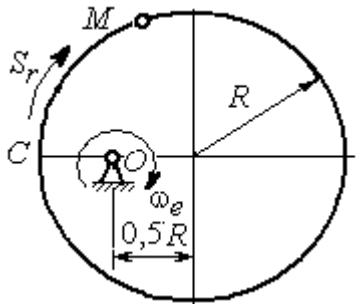



Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

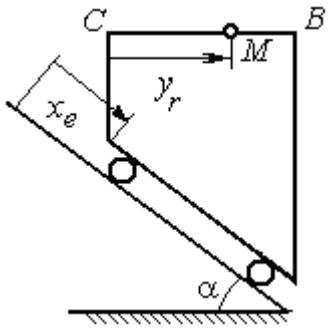
*Окончание вариантов задания К4*

**Варианты № 10, 20, 30**

Задача 1




Задача 2




В момент $t = t_2$ точка $M$ прошла половину пути $CB = R$

Рис. 3.5. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 3.1

**Исходные данные для заданий по сложному движению точки**

| Номер варианта задания | Номер задачи | $R$, см | α, град | $C\breve{M} = S_r(t)$, см<br>$C\breve{M} = y_r(t)$, см | $\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с<br>$x_e(t)$, см | $t_1$, с<br>$t_2$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 1 | 3 | – | $S_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$ | $\omega_e = 4t^2$ | 1 |
| | 2 | 4 | 30 | $y_r = 4t^2$ | $x_e = 2\cos(\pi t/6)$ | – |
| **2** | 1 | 2 | – | $S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$ | $\varphi_e = 6\cos(\pi t/3)$ | 1 |
| | 2 | 3 | 60 | $y_r = t^2 + t$ | $x_e = 1 + \cos(\pi t)$ | – |
| **3** | 1 | 4 | 30 | $S_r = 2\sqrt{3}[t + \sin(\pi t/2)]$ | $\varphi_e = 4t - t^2$ | 1 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = \pi[2t + \sin\pi t]$ | $x_e = 5t - t^2$ | 1 |
| **4** | 1 | 4 | 60 | $S_r = 2(t^3 + t)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = \pi[2t + \cos(\pi t/2)]$ | $x_e = t^3 - 4t$ | 1 |
| **5** | 1 | 6 | – | $S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/3)$ | 1 |
| | 2 | 2 | 30 | $y_r = t^2 + 2t$ | $x_e = t^2 - 4t$ | – |
| **6** | 1 | 6 | 60 | $S_r = t + 10\sin(\pi t/6)$ | $\varphi_e = 2t^2 - 5t$ | 1 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$ | $x_e = [1 - \cos(\pi t/4)]$ | 1 |
| **7** | 1 | 8 | 30 | $S_r = 2(t^3 + 3t)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 4 | 30 | $y_r = 2\pi t^2$ | $x_e = t^3 - 5t$ | 1 |

*Продолжение табл. 3.1*

| Номер варианта задания | Номер задачи | $R$, см | $\alpha$, град | $C\breve{M} = S_r(t)$, см<br>$C\breve{M} = y_r(t)$, см | $\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с<br>$x_e(t)$, см | $t_1$, с<br>$t_2$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **8** | 1 | 8 | – | $S_r = 2\pi\left[t^2 + \sin\pi t\right]$ | $\varphi_e = t^2 - 5t$ | 2 |
| | 2 | 6 | 30 | $y_r = t(t+1)$ | $x_e = \cos\pi t$ | – |
| **9** | 1 | 8 | 30 | $S_r = 2t^2$ | $\omega_e = \cos(\pi t/8)$ | 2 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$ | $x_e = (3-2t)^2$ | 1 |
| **10** | 1 | 6 | – | $S_r = \pi(2t^3 + \sin\pi t)$ | $\omega_e = 5t - 2t^3$ | 1 |
| | 2 | 4 | 30 | $y_r = t^2 + 2t$ | $x_e = 1 + \cos\pi t$ | – |
| **11** | 1 | 6 | – | $S_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$ | $\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$ | 2 |
| | 2 | 6 | 60 | $y_r = 4\sin\pi t$ | $x_e = t^2 - 2t$ | – |
| **12** | 1 | 18 | – | $S_r = \pi(2t^2 + 2t)$ | $\varphi_e(t) = 3t - t^2$ | 2 |
| | 2 | 6 | 30 | $y_r = 2t^2 + t$ | $x_e = 1 + \cos(\pi t)$ | – |
| **13** | 1 | 10 | 60 | $S_r = t^3 + t$ | $\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 2 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$ | $x_e = t(t+1)$ | 1 |
| **14** | 1 | 4 | 30 | $S_r = 8\sqrt{3}\sin(\pi t/12)$ | $\omega_e = (3-2t)^2$ | 2 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$ | $x_e = 2t^2 - 5t$ | 1 |
| **15** | 1 | 8 | – | $S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$ | $\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$ | 1 |
| | 2 | 5 | 60 | $y_r = 5t + t^2$ | $x_e = \cos(\pi t/6)$ | – |
| **16** | 1 | 12 | 90 | $S_r = 3\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$ | $\varphi_e = 2t - 3t^2$ | 1 |
| | 2 | 15 | – | $y_r = \pi(4t + t^2)$ | $x_e = 6\sin(\pi t/3)$ | 1 |
| **17** | 1 | 6 | 45 | $S_r = 3\sqrt{2}\left[t^2 + 2\sin\pi t\right]$ | $\omega_e(t) = 4t^2 - 6$ | 1 |
| | 2 | 6 | 60 | $y_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$ | $x_e = \sqrt{2}\sin(\pi t/8)$ | 2 |
| **18** | 1 | 8 | – | $S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$ | $\varphi_e = 18t - 4t^2$ | 2 |
| | 2 | 8 | 60 | $y_r = 3t + 2t^2$ | $x_e = \sin\pi t$ | – |
| **19** | 1 | 8 | 60 | $S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$ | $\omega_e = 5t - t^2$ | 1 |
| | 2 | 9 | – | $y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$ | $x_e = \cos(\pi t/6)$ | 1 |
| **20** | 1 | 4 | – | $S_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$ | $\omega_e = 3t - 5$ | 1 |
| | 2 | 6 | 60 | $y_r = 3t + 2t^2$ | $x_e = \pi\sin\pi t$ | – |
| **21** | 1 | 3 | – | $S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$ | $\omega_e = 6t - 14$ | 2 |
| | 2 | 8 | 45 | $y_r = (t^2 + 3t)$ | $x_e = t + 2\sin\pi t$ | – |

*Окончание табл. 3.1*

| Номер варианта задания | Номер задачи | $R$, см | $\alpha$, град | $C\breve{M} = S_r(t)$, см<br>$C\breve{M} = y_r(t)$, см | $\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с<br>$x_e(t)$, см | $t_1$, с<br>$t_2$, с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **22** | 1 | 4 | – | $S_r = 2\pi(t^2 + 2t)$ | $\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 9 | 60 | $y_r = 8\sin\pi t$ | $x_e = 5t - t^2$ | – |
| **23** | 1 | 6 | 45 | $S_r = 12\sin(\pi t/8)$ | $\varphi_e = t^2 + \cos(\pi t/4)$ | 2 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = 6\pi[t + \sin(\pi t/6)]$ | $x_e = 5t - t^2$ | 1 |
| **24** | 1 | 6 | 45 | $S_r = 12\sin(\pi t/8)$ | $\omega_e = t + 4\cos(\pi t/4)$ | 2 |
| | 2 | 6 | – | $y_r = \pi(t^2 + 2t)$ | $x_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| **25** | 1 | 6 | – | $S_r = 2\pi t^2$ | $\omega_e = 3\sin(\pi t/3)$ | 1 |
| | 2 | 4 | 45 | $y_r = 2t(t + 3t)$ | $x_e = 2(t^3 - 3t)$ | – |
| **26** | 1 | 6 | 120 | $S_r = t^2 + t$ | $\varphi_e = 12\cos(\pi t/12)$ | 2 |
| | 2 | 9 | – | $y_r = \pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$ | $x_e = 2(t^2 - 3t)$ | 1 |
| **27** | 1 | 10 | 60 | $S_r = \sqrt{3}(t^2 + t)$ | $\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$ | 2 |
| | 2 | 9 | 30 | $y_r = \sqrt{3}\pi\sin(\pi t/3)$ | $x_e = t + 4\cos(\pi t/4)$ | 1 |
| **28** | 1 | 2 | – | $S_r = 6\pi\sin(\pi t/6)$ | $\varphi_e = 2t + \cos(\pi t/2)$ | 1 |
| | 2 | 6 | | $y_r = 2t + 3t^2$ | $x_e = t + \sin\pi t$ | – |
| **29** | 1 | 8 | 30 | $S_r = (t^2 + 2t)$ | $\omega_e = 6\sin(\pi t/12)$ | 2 |
| | 2 | 3 | – | $y_r = 2\pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$ | $x_e = 5t - t^2$ | 1 |
| **30** | 1 | 2 | – | $\pi(t^2 + 2t)$ | $\omega_e(t) = 6\cos(\pi t/6)$ | 1 |
| | 2 | 3 | 60 | $y_r = t + t^2$ | $x_e = t + \sin\pi t$ | – |

## Пример выполнения задания К4. Сложное движение точки

**Задача 1**. Фигура, состоящая из половины диска и равнобедренного треугольника (рис. 3.6), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину $A$ треугольника. Вращательное движение задается законом изменения угла поворота фигуры $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад.

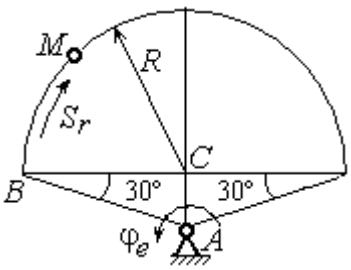



Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой $\varphi_e$. По ободу диска от точки *B* движется точка *M*. Движение точки относительно диска задается законом изменения длины дуги окружности: $\overset{\cup}{BM} = S_r = 9\pi t^2$ см. Положительное направление движения точки *M* на рис. 3.6 показано дуговой стрелкой $S_r$. Радиус диска $R = 9$ см.

Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки *M* в момент времени $t_1 = 1$ с.

*Решение*

Вращение фигуры будет для точки *M* переносным движением. Относительное движение точки *M* – её движение по окружности обода диска.

Для определения **положения точки** *M* на ободе диска вычислим расстояние, которое она прошла на заданный момент времени. Длина дуги окружности, пройденной точкой за 1 с: $S_r(1) = 9\pi$ см. Положение точки *M* определяется центральным углом $\alpha = \dfrac{S_r(1)}{R} = \dfrac{9\pi}{9} = \pi$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.7 точкой $M_1$.

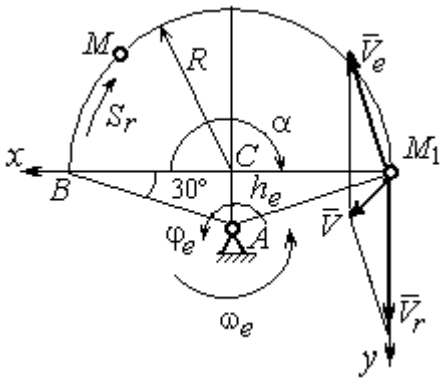


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

Для определения **скорости переносного движения** точки вычисляем значение производной: $\dot{\varphi}_e = 5 - 4t$. Угловая скорость вращения фигуры: $\omega_e = |\dot{\varphi}_e|$. При $t_1 = 1$ с $\dot{\varphi}_e(1) = 1$ рад/с. Положительная величина производной $\dot{\varphi}_e(1)$ показывает, что вращение фигуры в данный момент происходит в положительном направлении, что отмечено дуговой стрелкой $\omega_e$ на рис. 3.7.

В момент времени $t_1 = 1$ с точка *M* находится в положении $M_1$. Скорость $V_e$ переносного движения точки в момент времени $t_1 = 1$ с $V_e(1) = \omega_e(1)h_e$, где

расстояние от точки $M_1$ до оси вращения фигуры $h_e = AM_1 = \dfrac{R}{\cos 30^\circ} = 6\sqrt{3}$ см.

Тогда $V_e(1) = 6\sqrt{3}$ см/с.

Вектор скорости переносного движения точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен линии $AM_1$ и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.7).

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги *BM*. В этом случае **скорость относительного движения** точки $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = \left|18\pi t\right|$. При $t_1$ = 1 с $V_r(1) = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 18\pi$ = 56,5 см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r(1)$ указывает, что относительное движение точки в положении $M_1$ происходит в положительном направлении, указанном на рис. 3.7 дуговой стрелкой $S_r$. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении $M_1$ направлен по касательной к траектории относительного движения в сторону положительного направления движения (см. рис. 3.7).

**Абсолютную скорость точки** находим по теореме сложения скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Направление вектора абсолютной скорости, полученное по правилу сложения векторов, показано на рис. 3.5. Для определения величины абсолютной скорости выбираем прямоугольные оси координат $M_1xy$ (см. рис. 3.7) и проецируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси. Получим:

$$V_x = V_e \cos 60^\circ = 3\sqrt{3} = 5{,}2 \text{ см/с};$$

$$V_y = -V_e \cos 30^\circ + V_r = -6\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 56{,}5 = 29{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5{,}2^2 + 29{,}5^2} = 29{,}95$ см/с.

**Абсолютное ускорение точки** определяем по теореме Кориолиса, которая при вращательном переносном движении имеет вид:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

**Относительное касательное ускорение** $a_r^\tau$ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$. По условию задачи вторая производная $\ddot{S}_r = 18\pi$ = 56,5 см/с$^2$ – постоянная величина. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^\tau$ направлен по касательной к траектории относительного движения в точке $M_1$ в сторону положительного направления относительного движения, отмеченного дуговой стрелкой $S_r$.

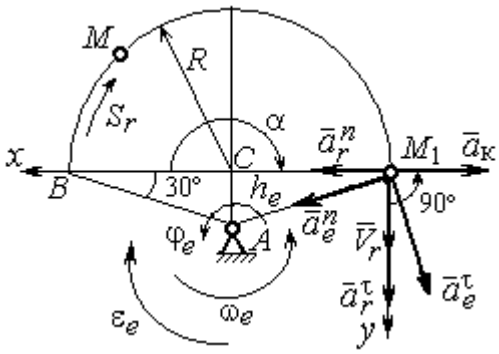


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

**Относительное нормальное ускорение** точки вычисляется по формуле $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно: $a_r^n(1) = \dfrac{V_r^2(1)}{R} = \dfrac{(18\pi)^2}{9} = 355{,}3$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_r^n$ направлен по радиусу диска к центру $C$ (см. рис. 3.8).

**Переносное касательное ускорение** вычисляется по формуле: $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e$, где угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$. Вычислим производную $\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с$^2$. Угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right| = 4$ рад/с$^2$ постоянно и не зависит от времени.

Отрицательное значение производной $\ddot{\varphi}_e < 0$ при условии, что расчетная величина угловой скорости положительна: $\dot{\varphi}_e > 0$, означает, что вращательное движение замедленное и переносное угловое ускорение $\varepsilon_e$ направлено в сторону, противоположную направлению вращения.

Вектор $\vec{a}_e^\tau$ переносного касательного ускорения точки в её положении $M_1$ перпендикулярен линии $AM_1$ и направлен противоположно вектору переносной скорости $\vec{V}_e$ (см. рис. 3.8). Модуль переносного касательного ускорения: $a_e^\tau = a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = 24\sqrt{3} = 41{,}6$ см/с$^2$.

**Переносное нормальное ускорение** $a_e^n$ рассчитывается по формуле: $a_e^n = \omega_e^2 h_e$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $a_e^n(1) = \omega_e^2(1)h_e = 6\sqrt{3} = 10{,}4$ см/с$^2$. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен по линии $AM_1$ к оси вращения (см. рис. 3.8).

По условию задачи вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, то есть перпендикулярен вектору угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$. Тогда модуль **ускорения Кориолиса** при $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega_e V_r = 2 \cdot 1 \cdot 18\pi = 113{,}1$ см/с$^2$.

Так как вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r \perp \vec{\omega}_e$, то по правилу Жуковского для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения вокруг оси, параллельной оси вращения и проходящей через точку $M_1$ (см. рис. 3.8). Для определения абсолютного ускорения спроецируем на прямоугольные оси $xM_1y$ (см. рис. 3.8) векторное равенство $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_к$. Получим: $a_y = a_e^{\tau}\cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^{\tau} = 97{,}9$ см/с$^2$, $a_x = -a_e^{\tau}\cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 228{,}4$ см/с$^2$. Модуль абсолютного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 248{,}5$ см/с$^2$.

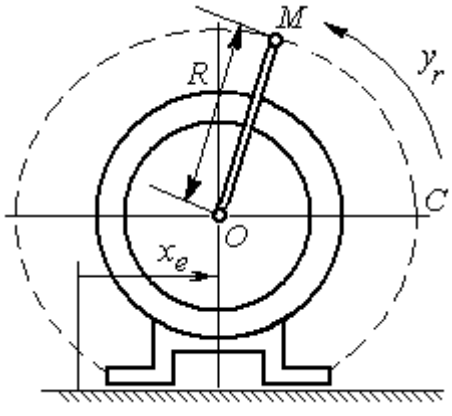



Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

**Задача 2.** К вращающемуся валу электромотора прикреплён стержень $OM$ длины $R = 6$ см. Во время работы электромотора точка $M$ стержня из начального положения $C$ перемещается по дуге окружности согласно уравнению $CM = y_r = \pi t^2$ см. При этом электромотор, установленный без креплений, совершает горизонтальные гармонические колебания на фундаменте по закону

$x_e = 5\sin(\pi t/3)$ см. Определить абсолютное ускорение точки $M$ в момент времени $t_1 = 1$ с.

*Решение*

Точка $M$ совершает сложное движение – относительно электромотора и вместе с ним. Относительным движением точки будет её движение по дуге окружности радиуса $R$, переносным – поступательное горизонтальное, прямолинейное движение электромотора.

Найдём положение точки относительно электродвигателя в заданный момент времени. Угол $\alpha$, отсчитываемый стержнем $OM$ от начального положения $OC$, в момент времени $t_1 = 1$ с составляет $\alpha = \dfrac{y_r(t_1)}{R} = \dfrac{\pi}{6} = 30°$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.10 буквой $M_1$.

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги. Относительная скорость $V_r = \dot{y}_r = 2\pi t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_r$= 6,28 см/с. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости направлен перпендикулярно стержню $OM_1$.

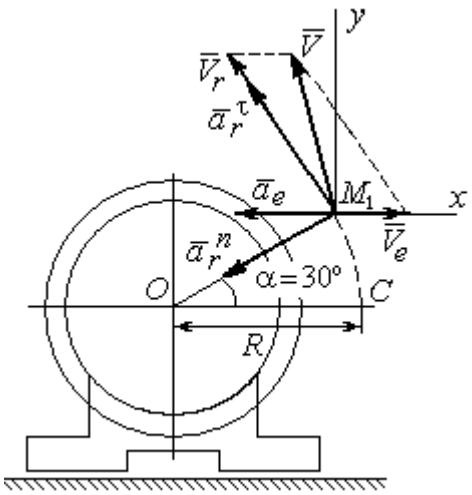



Рис. 3.10. Расчётная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

Скорость точки в переносном движении – это скорость горизонтального движения электродвигателя:

$$V_e = \dot{x}_e = \frac{5\pi}{3}\cos(\pi t/3).$$

В момент времени $t_1 = 1$с $V_e = \dfrac{5\pi}{3}\cos 60^\circ$ = 2,62 см/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости точки $M$ направлен параллельно линии движения электродвигателя (см. рис. 3.10).

Абсолютная скорость точки определяется на основании теоремы сложения скоростей при сложном движении: $\vec{V}_M = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти величину абсолютной скорости, выберем оси $xM_1y$, как показано на рис. 3.10, и спроецируем векторное равенство сложения скоростей на эти оси. Получим: $V_{Mx} = V_e - V_r\cos 60^\circ = -0{,}52$ см/с (проекция направлена в отрицательную сторону оси $x$), $V_{My} = V_r\cos 30^\circ = 5{,}44$ см/с. Модуль абсолютной скорости $V_M = \sqrt{V_{Mx}^2 + V_{My}^2} = 5{,}46$ см/с. Вектор абсолютной скорости направлен по диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$.

При поступательном переносном движении точки $\omega_e = 0$ и потому $a_к = 0$. Относительное ускорение точки при движении по окружности раскладывается на две составляющие $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$, направленные вдоль стержня $OM$ и перпендикулярно ему. Кроме того, при прямолинейном относительном движении $a_e^n = 0$. В результате, теорема о сложении ускорений принимает вид $\vec{a}_M = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e$, где модули векторов вычисляются по формулам $a_r^{\tau} = \dot{V}_r$, $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$, $a_e = a_e^{\tau} = \dot{V}_e = -\dfrac{5\pi^2}{9}\sin(\pi t/3)$ и в момент времени $t_1 = 1$с равны $a_r^{\tau} = 6{,}28$ см/с$^2$, $a_r^n = 6{,}57$ см/с$^2$, $a_e = -4{,}75$ см/с$^2$. Направления векторов ускорений показаны на рис. 3.10. Для вычисления модуля абсолютного ускорения точки спроецируем векторное равенство сложения ускорений на оси выбранной ранее системы координат $xM_1y$. Получим:

$$a_{Mx} = -a_r^{\tau}\cos 60^\circ - a_r^n\cos 30^\circ - a_e = -4{,}08 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = a_r^{\tau}\cos 30^\circ - a_r^n\cos 60^\circ = 2{,}15 \text{ см/с}^2.$$

Величина абсолютного ускорения $a_M = \sqrt{a_{Mx}^2 + a_{My}^2} = 4{,}61$ см/с$^2$.

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

**ОДОБРЕНО**
Методической комиссией
горно-механического факультета

«___» _____ 2018 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

*Учебное пособие*

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

УДК 531
Б 87

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от «07» июня 2018 г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

**Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.**

Б 87 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебное пособие / Ю. М. Казаков, В. Г. Брагин, Е. Б. Волков. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 250 с.
ISBN 978-5-8019-0460-3

Учебное пособие содержит краткие методические указания, примеры решений задач и упражнения для самостоятельной работы по основным темам курса теоретической механики: статика, кинематика точки и простейшие движения твёрдых тел, сложное движение точки, динамика точки и механической системы. Учебное пособие для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения.

ISBN 978-5-8019-0460-3

©Брагин В. Г., Волков Е. Б.,
Казаков Ю. М., 2018
©Уральский государственный горный университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА ..... 4
1.1. Основные понятия статики ..... 4
1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия ..... 9
1.3. Произвольная плоская система сил ..... 16
1.4. Равновесие систем тел ..... 26
1.5. Произвольная пространственная система сил ..... 34
1.6. Равновесие тел при наличии сил трения ..... 44
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА ..... 55
2.1. Криволинейное движение точки ..... 55
2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела ..... 62
вокруг неподвижной оси ..... 62
2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела ..... 73
2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела ..... 84
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ ..... 100
3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки ..... 100
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ ..... 114
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки ..... 114
4.2. Колебания материальной точки ..... 124
4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки ..... 134
5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ ..... 146
5.1. Теорема о движении центра масс системы ..... 146
5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы
относительно оси ..... 148
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы ..... 153
5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию
движений твёрдого тела ..... 162
6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ ..... 177
6.1. Принцип Даламбера для системы ..... 177
6.2. Принцип возможных перемещений ..... 182
6.3. Общее уравнение динамики ..... 189
6.4. Уравнения Лагранжа II рода ..... 201
7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ ..... 220
7.1. Ответы к упражнениям главы 1 ..... 220
7.2. Ответы к упражнениям главы 2 ..... 226
7.3. Ответы к упражнениям главы 3 ..... 231
7.4. Ответы к упражнениям главы 4 ..... 233
7.5. Ответы к упражнениям главы 5 ..... 236
7.6. Ответы к упражнениям главы 6 ..... 241
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ..... 249

# 1. СТАТИКА

## 1.1. Основные понятия статики

**Статика** представляет раздел теоретической механики, в котором освещаются условия равновесия тел под действием систем сил.

**Материальной точкой** называют простейшую модель материального тела, размерами которого можно пренебречь и которое можно принять за геометрическую точку, имеющую массу, равную массе тела. Совокупность материальных точек называется **системой материальных точек**. Если система материальных точек такова, что движение каждой точки зависит от положения и движения остальных точек системы, то система называется **механической системой материальных точек**. Любое материальное тело представляет собой механическую систему материальных точек. Если точки системы связаны между собой так, что расстояния между любыми двумя точками не изменяются, то система называется **неизменяемой системой**, а тело – **абсолютно твердым телом**.

**Силой** в механике называют меру механического действия одного материального объекта (например, твердого тела) на другой. Единицей измерения силы в системе СИ является ньютон (Н). Совокупность сил, действующих на механическую систему (в частности, на твёрдое тело), называют **системой сил.**

Если система сил, приложенная к твердому телу, оставляет его в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, то такая система сил называется **уравновешенной,** или **системой сил, эквивалентной нулю**.

Если одну систему сил, действующих на твердое тело или материальную точку, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния покоя или движения, в котором находится тело или материальная точка, то такие две системы сил называются **эквивалентными**. Если система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется **равнодействующей** данной системы сил.

## Основные виды связей и их реакции

Всякое твердое тело, которое может занимать произвольное положение в пространстве, называется свободным. Если на тело наложены внешние связи, стесняющие (ограничивающие) свободу его перемещений, то тело является несвободным. Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя его перемещениям, называется **реакцией связи**. Всякое несвободное твердое тело можно рассматривать как свободное, если освободить тело от связей и заменить действие связей их реакциями. **Реакция связи направлена в сторону, противоположную тому направлению, вдоль которого связь препятствует перемещению тела.**

**Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения.** Реакция $\vec{R}$ абсолютно гладкой поверхности приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей (рис. 1.1, *a*). Такая реакция называется **нормальной реакцией**.

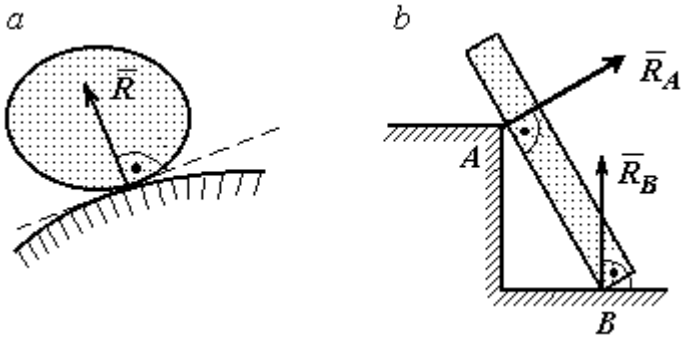



Рис. 1.1. Реакция опоры:

Брус с гладкой поверхностью (рис. 1.1, *b*), опирающийся в точке *B* на гладкий пол и в точке *A* на ребро (точечную опору), имеет реакциями опор $\vec{R}_B$ – реакцию пола и $\vec{R}_A$ – реакцию ребра (точечной опоры). Реакции приложены к брусу и направлены по нормалям к поверхности пола и поверхности бруса.

**Цилиндрический шарнир и подвижная опора (каток).** Цилиндрический шарнир (на рис. 1.2, *a* обозначен буквой *A*) представляет собой устройство, которое допускает поворот тела в плоскости, перпендикулярной оси шарнира (например, цилиндрическая втулка, надетая на неподвижный цилиндр).

Реакция цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач неизвестную по величине и направлению реакцию цилиндрического шарнира представляют в виде составляющих, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей (см. рис. 1.2, *a*). Величина реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$, где $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ – составляющие реакции.

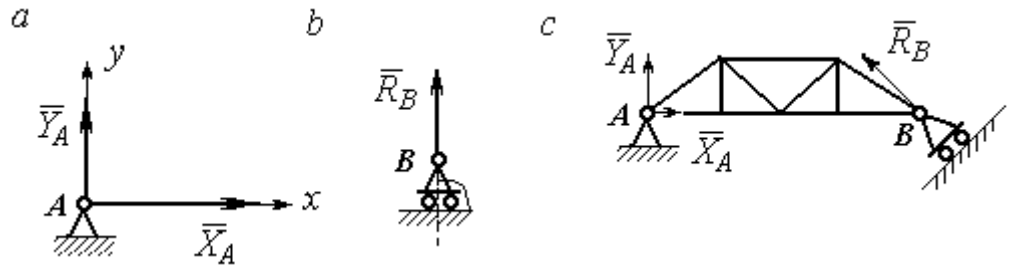



Рис. 1.2. Реакции шарнирных опор:
*a* – цилиндрический шарнир; *b* – каток; *c* – мостовая конструкция с цилиндрической шарнирной опорой и опорой на каток

Реакция $\vec{R}_B$ опоры на каток (подвижной опоры) (рис. 1.2, *b*) перпендикулярна опорной поверхности.

На рис. 1.2, *c* показаны реакции связей мостовой конструкции с цилиндрической шарнирной опорой и подвижной опорой (катком). Реакция цилиндрического шарнира в точке *A* изображена в виде разложения на взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}_B$ катка в точке *B* перпендикулярна наклонной плоскости, на которой стоит каток.

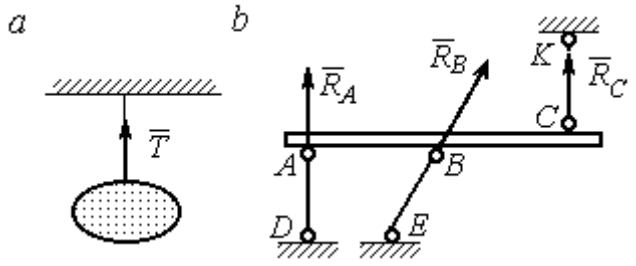



Рис. 1.3. Реакция гибкой нити и невесомого стержня

**Гибкая связь и жесткий невесомый стержень.** Связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса) препятствует удалению тела от точки подвеса. (рис. 1.3, *a*). Реакция связи $\vec{T}$,

равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити в сторону противоположную направлению, вдоль которого нить препятствует перемещению тела

Если опорой тела служит невесомый стержень с шарнирами на концах, то реакция прямолинейного стержня приложена к телу и направлена вдоль стержня. Направление реакции стержня противоположно направлению, по которому стержень препятствует перемещению тела.

Реакции невесомых стержней, удерживающих балку, изображённую на рис. 1.3, *b*, направлены исходя из предположения, что балка может перемещаться вниз. При этом стержни *AD* и *BE* сжаты, а стержень *CK* растянут.

**Сферический шарнир.** Связь в виде сферического шарнира не позволяет перемещать тело в пространстве, но допускает поворот в пространстве вокруг неподвижной точки. Реакция сферического шарнира может иметь любое направление в пространстве. При решении задач реакцию изображают ее составляющими. На рис. 1.4 реакция $\vec{R}_A$ сферического шарнира $A$ разложена на составляющие $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Величина реакции сферического шарнира определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

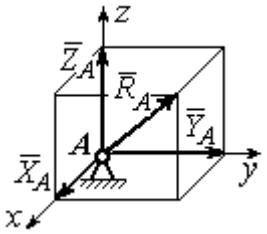


Рис. 1.4. Реакция сферического шарнира

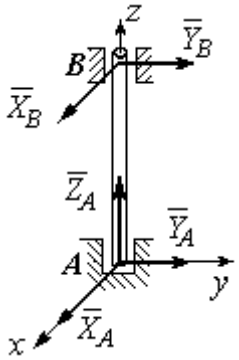


Рис. 1.5. Реакции подшипника и подпятника

**Подшипник и подпятник.** Подшипник представляет собой цилиндрический шарнир (рис. 1.5, подшипник *B*). Его реакция может иметь любое направление в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакция подшипника раскладывается на две составляющие. Например, на рис. 1.5 реакция $\vec{R}_B$ подшип-

ника *B* разложена на составляющие $\vec{X}_B, \vec{Y}_B$, параллельные координатным осям. Величина реакции подшипника определяется по формуле: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}$.

Подпятник является цилиндрическим шарниром с упором. В задачах реакция подпятника обычно изображается векторами $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$, представляющими разложение силы реакции подпятника по заданным направлениям координатных осей (см. рис. 1.5, подпятник *A*). Величина реакции подпятника определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

### Проекция силы на ось и на плоскость

**Проекция силы на ось** есть алгебраическая величина, равная произведению модуля силы на косинус угла между силой и положительным направлением оси. Если этот угол острый, проекция положительна, если тупой – отрицательна. Если сила перпендикулярна оси, её проекция на ось равна нулю.

Проекции сил $\vec{F}$, $\vec{Q}$, $\vec{P}$, изображённых на рис. 1.6, *a*, на ось *x*: $F_x = F\cos\alpha$, $Q_x = Q\cos\alpha_1 = -Q\cos\varphi$, $P_x = P\cos 90^\circ = 0$.

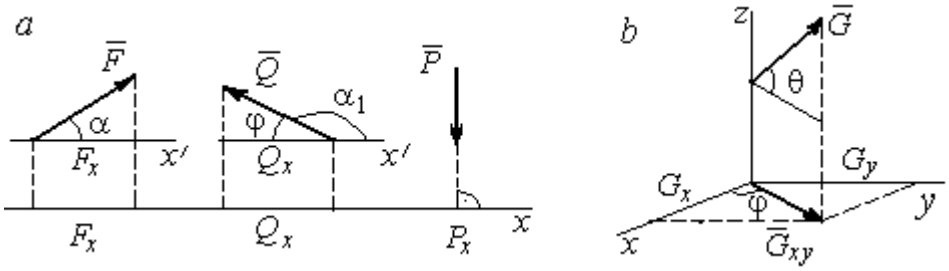



Рис. 1.6. Проекция силы на ось и на плоскость:
*a* – проекция силы на ось; *b* – проекция силы на плоскость

**Проекцией силы на плоскость** называется вектор, заключённый между проекциями начала и конца силы $\vec{G}$ на эту плоскость.

На рис. 1.6, *b* вектор $\vec{G}_{xy}$ является проекцией силы $\vec{G}$ на плоскость *xy*. По величине $G_{xy} = G\cos\theta$, где $\theta$ – угол между направлением силы $\vec{G}$ и её проек-

ции $\vec{G}_{xy}$. Проекции силы $\vec{G}$ на оси $xyz$: $G_x = G_{xy}\cos\varphi = G\cos\theta\cos\varphi$, $G_y = G_{xy}\sin\varphi = G\cos\theta\sin\varphi$, $G_z = G\sin\theta$.

## 1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия

Для равновесия **пространственной системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из трёх осей прямоугольной системы координат были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

где $F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}$ – проекции всех сил на координатные оси.

Для равновесия **плоской системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, где $F_{kx}, F_{ky}$ – проекции всех сил на координатные оси.

**Примеры решения задач на равновесие сходящейся системы сил**

**Задача 1.** Каток весом 20 кН удерживается на гладкой наклонной плоскости тросом, который одним концом закреплён на поверхности шара, а другим – на вертикальной стене (рис. 1.7). Угол наклона троса к вертикальной стене $\beta = 120°$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 45°$. Определить силу давления катка на плоскость и натяжение троса.

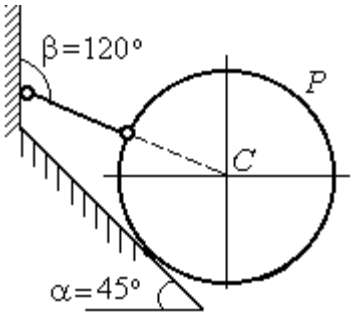



Рис. 1.7. Равновесие шара

*Решение*

При равновесии на каток действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция троса $\vec{N}$ и реакция опоры $\vec{R}$. Линии действия всех сил находятся в одной плоскости и пересекаются в центре шара. Направления реакций показаны на рис. 1.8.

Условия равновесия плоской сходящейся системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0.$$

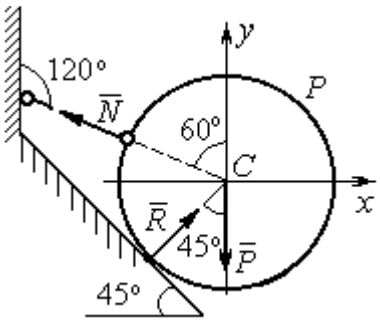


Рис. 1.8. Силы, действующие на каток, при его равновесии

Проведя оси координат, как показано на рис. 1.8, выразим условия равновесия в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = -N\cos 30^\circ + R\cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = N\cos 60^\circ + R\cos 45^\circ - P = 0.$$

Подставляя в уравнения исходные данные задачи, найдем: $N = 14{,}64$ кН, $R = 17{,}93$ кН.

Натяжение троса равно модулю его реакции. Сила давления катка на плоскость равна реакции опоры гладкой плоскости, но направлена в противоположную сторону.

**Задача 2.** Кронштейн состоит из невесомых стержней *AC* и *BC*, скрепленных друг с другом и с вертикальной стеной шарнирами, как показано на рис. 1.9. Стержень *BC* горизонтален, стержень *AC* составляет с горизонталью угол $\beta = 60^\circ$. К шарниру *C* прикреплены два троса, удерживающие грузы 1 и 2 весом $G_1 = 10$ кН и $G_2 = 12$ кН. Трос, удерживающий груз 1, вертикален, а другой перекинут через блок *D* так, что угол наклона участка троса *CD* к вертикали $\alpha = 60^\circ$. Определить реакции стержней *BC* и *AC*.

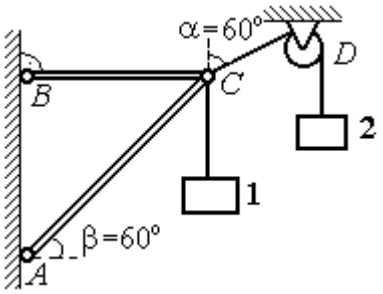


Рис. 1.9. Равновесие кронштейна

*Решение*

Рассмотрим равновесие узла *C*, в котором закреплены стержни и тросы. На узел *C* действуют реакции $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ тросов, натянутых грузами 1 и 2, и реакции $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$ стержней *BC* и *AC* (рис. 1.10). Модули реакций тросов $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ равны весу грузов: $T_1 = G_1$, $T_2 = G_2$.

Плоская система сил ($\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$) является сходящейся. Условия равновесия: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$. Проведя оси координат $xCy$, как показано на рис. 1.10, и определяя проекции сил на оси, получим систему уравнений:

$$N_1 + N_2\cos 60^\circ - T_2\cos 30^\circ = 0;$$

$$N_2\cos 30^\circ + T_1 - T_2\cos 60^\circ = 0.$$

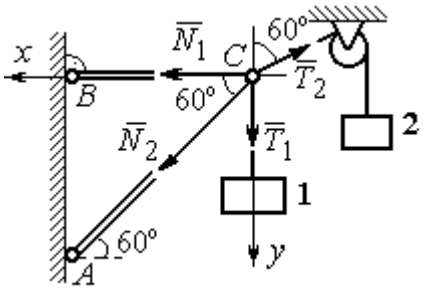



Рис. 1.10. Силы, действующие на узел *C* при его равновесии

Подставим в уравнения исходные данные задачи. С учётом того, что $T_1 = G_1 = 10$ кН, $T_2 = G_2 = 12$ кН, найдём значения реакций: $N_1 = 12{,}7$ кН, $N_2 = -4{,}62$ кН. Отрицательная величина $N_2$ означает, что вектор $\vec{N}_2$ реакции стержня *AC* направлен в противоположную сторону.

**Задача 3.** Груз весом $P = 20$ кН поднимается стержневым краном *ABC* посредством каната, перекинутого через блоки *B* и *D* (рис. 1.11). Блок *B* установлен в месте шарнирного соединения невесомых стержней *AB* и *BC*, блок *D* укреплён так, что участок троса *DB* составляет с вертикалью угол $\beta = 60^\circ$. Стержни *AB* и *BC* соединены со стенками шарнирами. Конец троса, несущий груз *P*, переброшен через блок *E* и на отрезке *BE* составляет с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Пренебрегая трением в блоке и размерами блока *B*, определить усилия в стержнях *AB* и *BC* при равновесии груза.

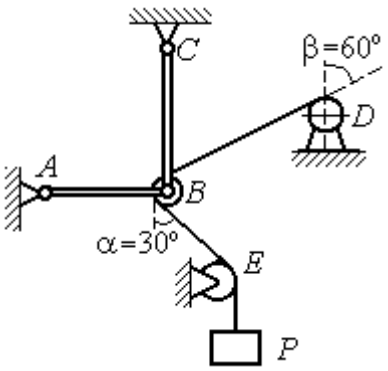



Рис. 1.11. Равновесие стержневой конструкции

*Решение*

Рассмотрим равновесие блока *B* вместе с отрезками нити *BE* и *BD*. Освободим блок *B* от связей и заменим их реакциями.

Рассматривая блок и отрезок нити как одно целое, можно не учитывать силы взаимного давления нити и блока. На блок действует реакция $\vec{T}$ нити *BD*, приложенная в точке *D*, численно равная весу груза *P*, реакция $\vec{T}'$ нити *BE*, приложенная в точке *E* и также численно равная весу груза *P* и реакции стержней $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ (см. рис. 1.12).

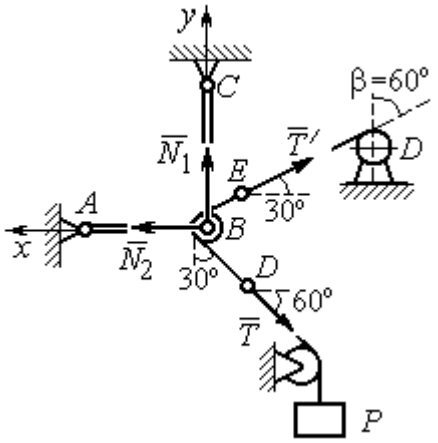



Рис. 1.12. Силы, действующие на блок *B*, при его равновесии

Пренебрегая размерами блока, можно считать систему сил сходящейся. Проведём координатные оси, как показано на рис. 1.12, и выразим условия равновесия плоской сходящейся системы сил в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = N_2 - T'\cos 30^\circ - T\cos 60^\circ = 0;\ \sum F_{ky} = N_1 + T'\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0.$$

Решая полученную систему уравнений с учётом, что $T' = T = P$ = 20 кН, получим: $N_1$ = 7,32 кН, $N_2$ = 27,32 кН.

**Задача 4.** Шахта ориентируется в вертикальной плоскости с помощью несвободного проволочного отвеса *CBDP*, натянутого грузом весом *P* = 50 Н (рис. 1.13).

Определить натяжения частей отвеса *CB*, *BD*, *DP* и натяжения оттяжек *BA* и *DE*, если угол отклонения оттяжки *BC* от горизонтали $\alpha = 60^\circ$, а отклонение средней части отвеса *BD* от вертикали $\beta = 4^\circ$. Весом проволоки отвеса пренебречь.

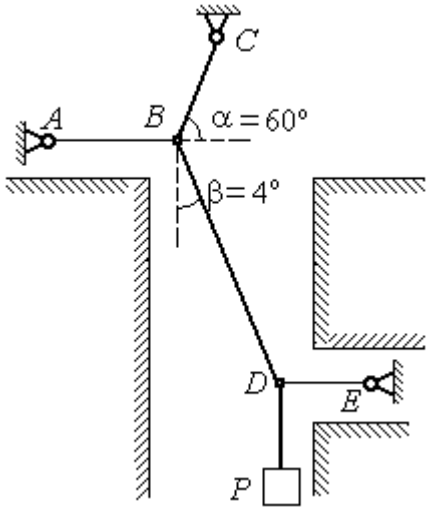



Рис. 1.13. Схема отвеса

*Решение*

Рассмотрим равновесие узла *D*, в котором сходятся три силы – реакция $\vec{S}$ средней части отвеса, реакция $\vec{T}_E$ оттяжки *DE* и реакция $\vec{T}_P$ отвеса на участке

*DP*, равная весу груза $T_P = P$ (рис. 1.14). Выберем оси координат *xDy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *D:*

$$\sum F_{kx} = S\cos 86^\circ - T_E = 0\,; \;\; \sum F_{ky} = S\cos 4^\circ - T_P = 0\,.$$

Из второго уравнения с учётом, что натяжение отвеса на участке *DP* $T_P = P =$ 50 Н, находим натяжение $S$ на среднем участке отвеса: $S = \dfrac{T_P}{\cos 4^\circ} = 50{,}12$ Н. Из первого уравнения находим натяжение $T_E = S\cos 86^\circ = 3{,}49$ Н.

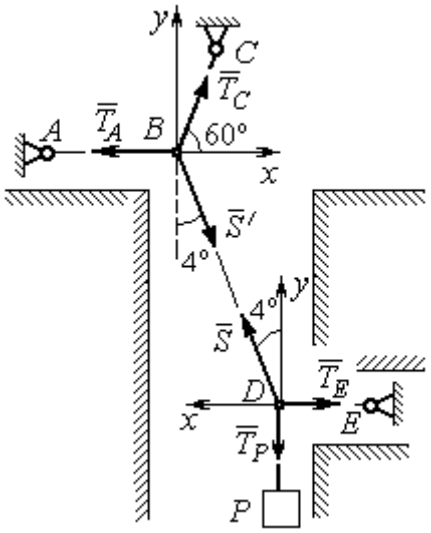


Рис.1.14. Силы, действующие в узлах *B* и *D* при равновесии отвеса

Теперь рассмотрим равновесие узла *B*, на который действуют реакция $\vec{T}_A$ оттяжки *BA*, реакция $\vec{T}_C$ верхней части отвеса *BC* и реакция $\vec{S}'$ средней части отвеса. Вектор силы $\vec{S}'$ противоположен направлению вектора $\vec{S}$: $\vec{S}' = -\vec{S}$, а численно (по принципу равенства действия и противодействия) они равны $S' = S$ (см. рис. 1.14). Выберем оси координат *xBy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *B:*

$$\sum F_{kx} = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ - T_A = 0\,; \quad \sum F_{ky} = T_C\cos 30^\circ - S'\cos 4^\circ = 0\,.$$

Находим натяжение отвеса на верхнем участке *BC* и натяжение $T_A$ оттяжки *BA*: $T_C = \dfrac{S'\cos 4^\circ}{\cos 30^\circ} = 57{,}73$ Н; $T_A = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ = 32{,}36$ Н.

**Задача 5.** Груз *P* = 20 кН удерживается двумя стержнями *AC*, *AD* одинаковой длины и цепью *AB*, скреплённых в точке *A*, так, что плоскость треугольника *ADC* горизонтальна (рис. 1.15). Цепь *BA* отклонена от вертикальной стены на угол $\beta = 60^\circ$ и расстояние *CE* = *ED.* Трос закреплён одним концом в точке *A*, а другой его конец, несущий груз, переброшен через блок *K* так, что отрезок

троса $AK$ находится в плоскости, параллельной плоскости стены, и составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Крепления стержней шарнирные. Углы у оснований стержней $\angle DCA = \angle CDA = 60^\circ$. Определить реакции стержней и натяжение цепи. Весами стержней пренебречь.

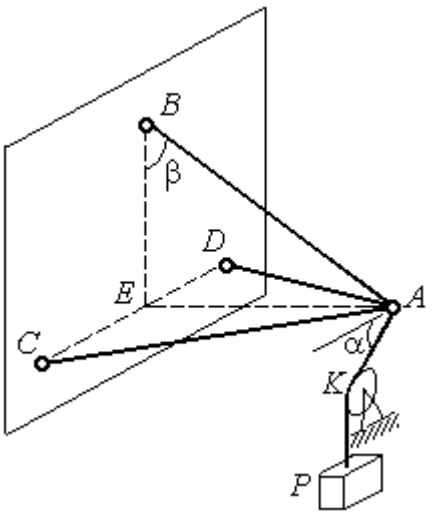


Рис. 1.15. Конструкция пространственного кронштейна

*Решение*

Рассмотрим равновесие узла $A$. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_D$ и $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция цепи $\vec{S}_B$ направлена вдоль линии натянутой цепи (рис. 1.16). Реакция троса $\vec{T}$ направлена вдоль троса по линии $AK$ и численно равна весу груза: $T = P$. Направления реакций выбраны в предположении, что стержни и цепь растянуты.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.16. На узел $A$ действует пространственная сходящаяся система сил.

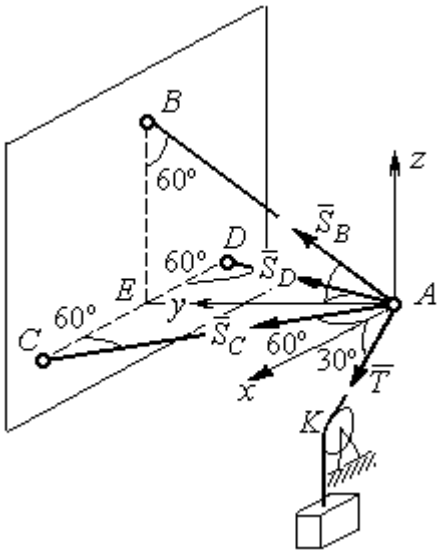


Рис. 1.16. Силы, действующие на узел $A$, при его равновесии

Условия равновесия пространственной сходящейся системы сил $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum F_{kz} = 0$, где $F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}$ – проекции всех сил на координатные оси. Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = S_C \cos 60^\circ - S_D \cos 60^\circ + T \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = S_C \cos 30^\circ + S_D \cos 30^\circ + S_B \cos 30^\circ = 0; \quad \sum F_{kz} = S_B \cos 60^\circ - T \cos 60^\circ = 0.$$

Решая эту систему, находим $S_B = T = P = 20$ кН; $S_C = -27{,}32$ кН; $S_D = 7{,}32$ кН. Знак минус величины $S_C$ показывает, что реакция стержня $AC$ имеет обратное направление. Натяжение цепи равно модулю реакции $\vec{S}_B$.

**Задача 6.** Подъёмное устройство (рис. 1.17) состоит из двух стержневых опор $DB$ и $DA$ и растяжки $DC$, соединённых в точке $D$. В точке $D$ к устройству прикреплена вертикальная нить, удерживающая груз весом $P = 50$ кН.

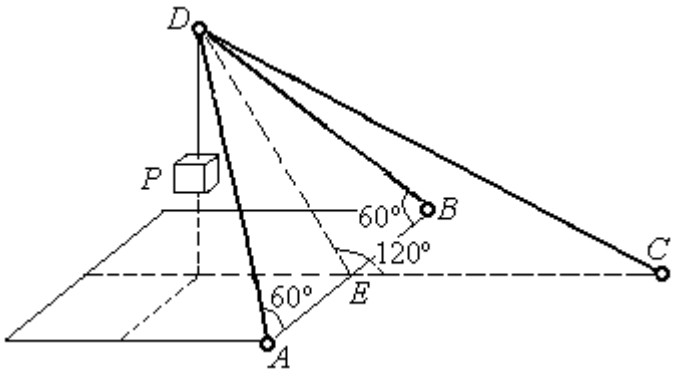


Рис. 1.17. Конструкция подъёмного устройства

Определить реакцию стержневых опор и усилие в растяжке подъёмного устройства, если крепления стержней шарнирные, угол $\angle DEC = 120^\circ$, $AE = EB$, $DE = EC$, а углы в основании опор $\angle DAB = \angle DBA = 60^\circ$.

*Решение*

Рассматриваем равновесие узла $D$. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_A$, $\vec{S}_B$, $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу тела, направлена вдоль нити (рис. 1.18). Направление реакций выбрано в предположении, что все стержни растянуты.

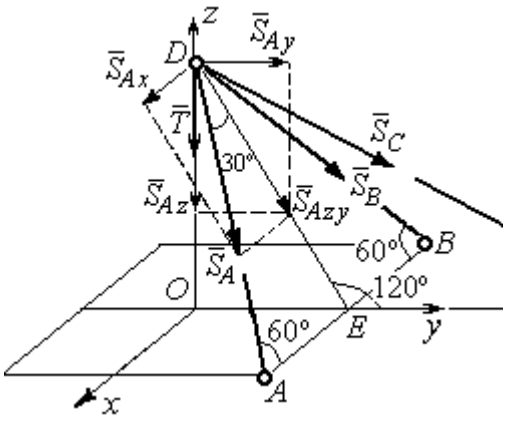


Рис. 1.18. Силы, действующие на узел $D$, при его равновесии

На узел $D$ действует пространственная сходящаяся система сил. Выберем систему координат $Oxyz$, как показано на рис. 1.18, и составим уравнения равновесия. Заметим, что при определении проекции си-

лы $\vec{S}_A$ на оси координат следует вначале получить её проекции $\vec{S}_{Ax}$ на ось $Ox$ и $\vec{S}_{Azy}$ – на плоскость $Oyz$, а затем найти проекции силы $\vec{S}_{Azy}$ на оси $Oy$ и $Oz$. На рис. 1.18 показана последовательность вычисления проекций силы $\vec{S}_A$ на оси координат: $S_{Ax} = S_A\cos60^\circ$, $S_{Ay} = S_{Azy}\cos60^\circ = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ$, $S_{Az} = -S_{Azy}\cos30^\circ = -S_A\cos^2 30^\circ$. Определение проекций силы $\vec{S}_B$ производится аналогично. Сила $\vec{S}_C$ расположена в плоскости $Oyz$ и имеет своими проекциями $S_{Cy} = S_C\cos30^\circ$, $S_{Cz} = -S_C\cos60^\circ$. В результате уравнения равновесия узла $D$ принимают вид

$$\sum F_{ky} = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ + S_B\cos30^\circ\cos60^\circ + S_C\cos30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kx} = S_A\cos60^\circ - S_B\cos60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = -S_A\cos^2 30^\circ - S_B\cos^2 30^\circ - S_C\cos60^\circ - T = 0.$$

Решая систему, получим: $S_A = S_B = -50$ кН, $S_C = 50$ кН.

Отрицательные значения $S_A$ и $S_B$ означают, что реакций стержней $AD$ и $DB$ направлены в противоположную сторону. В результате стержни $AD$ и $DB$ сжаты, а стержень $DC$ растянут.

### 1.3. Произвольная плоская система сил

Система сил, расположенных в одной плоскости, называется **плоской системой сил.**

Алгебраическим моментом $M_O(\vec{F})$ силы $\vec{F}$ относительно центра $O$, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ и кратчайшего расстояния $h$ от центра до линии действия силы (рис. 1.19, *а*): $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$. Величину $h$ называют **плечом силы.** Единица измерения момента – Н·м. Момент считается положительным, если сила $\vec{F}$ стремится повернуть тело вокруг центра в

направлении против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

На рис. 1.19, *b* показаны знаки моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = +Fh_2$, $M_O(\vec{Q}) = -Qh_1$. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра *O* равен нулю: $M_O(\vec{R}) = 0$, так как плечо силы равно нулю.

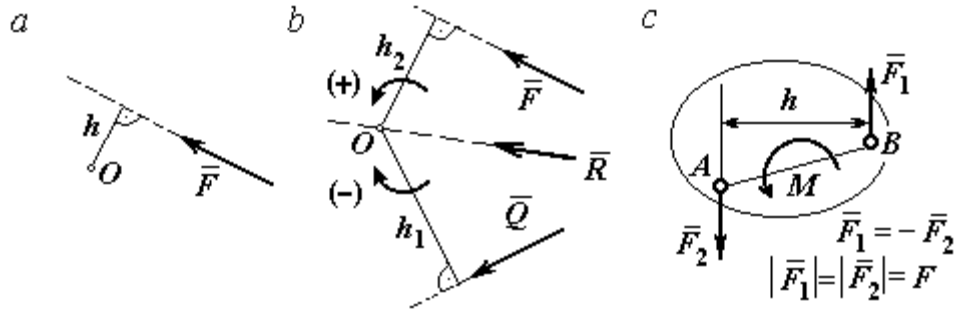



Рис. 1.19. Схемы к вычислению момента силы:
*a*, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил

**Парой сил,** или просто парой (рис.1.19, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. **Плечом пары** называют кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары и плеча пары. Правило знаков такое же, как и для момента силы. Пара сил, показанная на рис. 1.19, *c*, имеет плечо *h* и момент *M*: $M = F_1 h = F_2 h$. Поскольку пара сил характеризуется только ее моментом, на схемах пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. *M* на рис. 1.19, *c*).

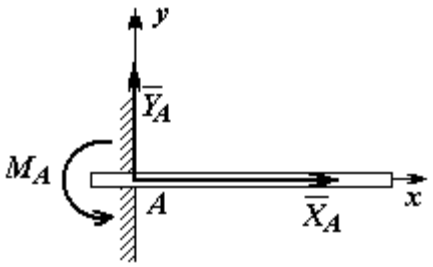



Рис. 1.20. Реакция жесткой заделки

**Жесткая заделка.** Такая связь (рис. 1.20) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция жесткой заделки состоит из силы

реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом $M_A$. Силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль координатных осей (см. рис. 1.20). Величина силы реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$.

При вычислении моментов сил часто применяют **теорему Вариньона** о том, что момент равнодействующей системы сил относительно любого центра равен сумме моментов всех сил этой системы относительно того же центра. На рис. 1.21 показана схема применения теоремы Вариньона. Силу $\vec{F}$ раскладываем на составляющие $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, направленные вдоль координатных осей так, что имеет место равенство $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Численно составляющие $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ равны проекциям силы $\vec{F}$ на координатные оси: $F_1 = F\cos\alpha$, $F_2 = F\sin\alpha$. Для каждой из составляющих находим плечи $h_1$ и $h_2$ относительно центра *O*. Тогда (с учётом знаков) момент силы $\vec{F}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_1) + M_O(\vec{F}_2) = F_1 h_1 + F_2 h_2$.

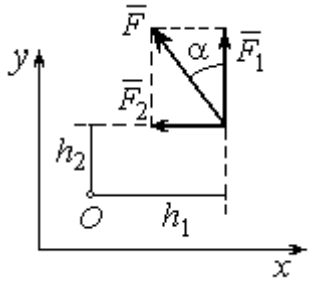


Рис.1.21. Применение теоремы Вариньона

**Распределённая нагрузка.** Силы, приложенные непрерывно вдоль некоторой поверхности, называются **распределенными**. Распределённая нагрузка характеризуется интенсивностью *q*. Интенсивность нагрузки, равномерно распределённой вдоль прямой, измеряется в Н/м. На рис. 1.22 приведена плоская система сил, равномерно распределённых вдоль прямой. Равнодействующая $\vec{Q}$ сил, равномерно распределённых вдоль прямой, приложена в середине отрезка действия распределённой нагрузки и по модулю равна про-

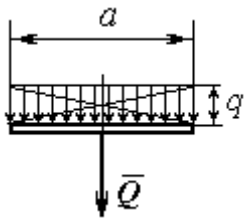


Рис. 1.22. Нагрузка, равномерно распределённая по прямой

изведению интенсивности нагрузки на длину её действия: $Q = qa$, где $a$ – длина отрезка действия распределённой нагрузки.

**Основная форма условий равновесия плоской системы сил.** Для равновесия плоской системы сил 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, 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 $A$.

## Примеры решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил

**Задача 7.** Однородная балка *AB* весом *P* = 100 кН прикреплена к стене шарниром *A* (рис.1.23). Балка удерживается под углом 60° к вертикали при помощи троса, прикреплённого к балке в точке *B*, перекинутого через блок *D* и несущего груз *Q*. Участок троса *DB* образует с вертикалью угол 30°. В точке *C* к балке подвешен груз *G* весом *G* = 200 кН. Определить вес груза *Q*, удерживающий балку в равновесии, и реакцию шарнира *A*, пренебрегая трением в блоке, если расстояние $BC = 0{,}25BA$.

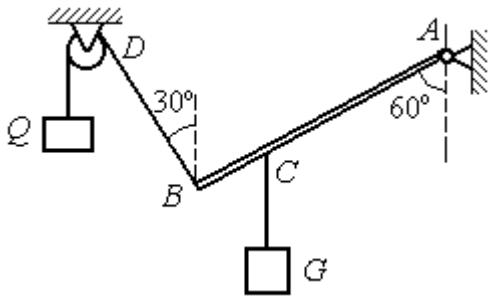


Рис. 1.23. Равновесие балки

*Решение*

Объектом равновесия является балка *AB*. На балку действуют сила тяжести $\vec{P}$, приложенная в середине отрезка *AB*, реакция шарнира *A*, представлен-

ная в виде двух составляющих $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей, реакция $\vec{T}_1$ нити, удерживающей груз *Q*, и реакция $\vec{T}_2$ нити, удерживающей груз *G*. Направления сил и реакций связей показаны на рис. 1.24.

Силы – $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{P}$, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, действующие на балку, составляют произвольную плоскую систему. Условия равновесия произвольной плоской системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0\,;\ \sum F_{ky} = 0\,;\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0\,.$$

Выберем систему координат *xAy,* как показано на рис. 1.24.

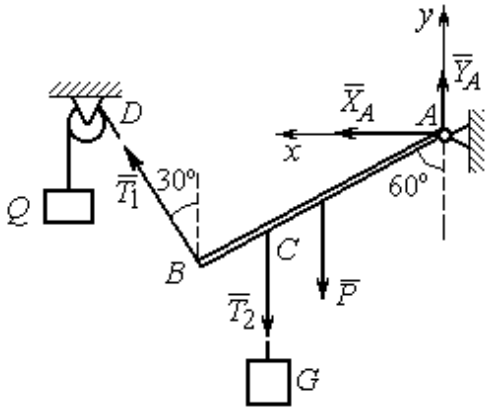



Рис. 1.24. Внешние силы и реакции связей при равновесии балки

Первые два уравнения равновесия имеют вид

$$\sum F_{kx} = X_A + T_1\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + T_1\cos 30^\circ - T_2 - P = 0.$$

Выберем центром точку *A* и будем вычислять моменты сил относительно этого центра. Обозначим (для удобства записи) длину $AB = \ell$. Условие равновесия балки в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно центра *A* имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -T_1\ell + T_2\frac{3}{4}\ell\cos 30^\circ + P\frac{1}{2}\ell\cos 30^\circ = 0.$$

Подставим данные из условия задачи, с учётом, что реакция нити, удерживающей груз *Q*, по модулю равна весу этого груза: $T_1 = Q$, а реакция нити, удерживающей груз *G*, численно равна весу груза *G*: $T_2 = G$.

Получим систему уравнений:

$$X_A + Q\cdot 0{,}5 = 0,\ \ Y_A + Q\cdot 0{,}866 - 300 = 0,\ \ -Q + 173{,}2 = 0.$$

Решая систему, найдём $Q = 173{,}2$ кН, $X_A = -86{,}6$ кН, $Y_A = 150{,}01$ кН.

**Задача 8.** Рама *ACE* (рис. 1.25, *a*) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара сил с моментом $M = 8$ кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю $F = 10$ кН, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная на отрезке *AB* нагрузка интенсивностью $q = 2$ кН/м. В точке *E* под прямым углом к отрезку *CE* рамы прикреплен трос, перекинутый через блок и несущий груз $P = 20$ кН.

Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если $a = 2$ м.

*Решение*

Рассмотрим равновесие рамы *ACE*. Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.25, *b*.

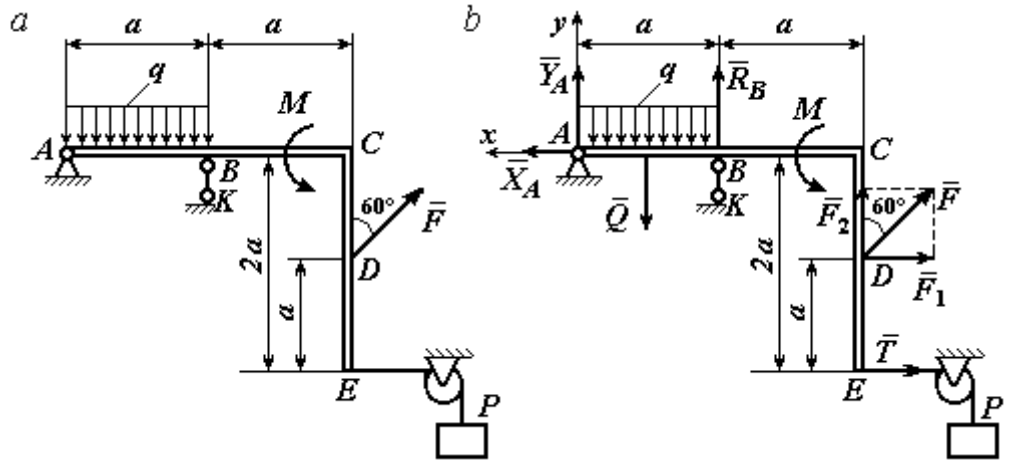



Рис. 1.25. Равновесие рамы:
*a* – конструкция и нагрузка рамы; *b* – внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию $\vec{R}_A$ шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными, соответственно, вдоль горизонтальной оси *Ax* и вертикальной *Ay*. Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Действие груза *P* на раму изображается реакцией троса $\vec{T}$, модуль которой ра-

вен весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка $AB$ и численно равна: $Q = qa = 2 \cdot 2 = 4$ кН. На рис. 1.25, *b* показано направление внешних сил и реакций при равновесии рамы. Направление реакции стержневой опоры *BK* выбрано в предположении, что стержень сжимается.

При равновесии рамы *ACE* действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{R}_B, \vec{T}, M$) ~ 0. Условия равновесия имеют вид $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *Ax*, *Ay*, первые два уравнения из условий равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0. \qquad (1.1)$$

При составлении третьего уравнения моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае линии действия сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, составляющих реакцию шарнира *A*, проходят через центр *A*, плечи сил равны нулю, и, следовательно, моменты этих сил относительно данного центра равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$, $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобнее воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (см. рис. 1.25, *b*). Величины сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ определяются как проекции силы *F* на оси координат: $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$. По теореме Вариньона момент силы $\vec{F}$ относительно центра *A* равен сумме моментов сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ относительно того же центра *A*: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$.

В результате уравнение равновесия в форме моментов имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q \cdot 0{,}5a + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0. \qquad (1.2)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.1), (1.2) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных $X_A, Y_A, R_B$. Решая эту систему, найдем: $X_A$= 28,66 кН; $Y_A$= 59,66 кН; $R_B$ = – 60,66 кН.

Отрицательное значение величины $R_B$ означает, что фактическое направление реакции $\vec{R}_B$ стержневой опоры $BK$ противоположно направлению, показанному на рис. 1.25, *b*, т. е. стержень $BK$ растягивается. Реакция шарнирной опоры *A* – сила $\vec{R}_A$ – находится как геометрическая (векторная) сумма сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$. Величина реакции $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18$ кН.

**Задача 9.** Прямоугольная рама *ABCED* (рис. 1.26) в точке *A* закреплена жёсткой заделкой. В точке *E* к раме прикреплена нить, составляющая угол 60º к горизонту. Другой конец нити, переброшенный через невесомый блок, несёт груз весом *P* = 15 кН. На раму действуют: пара сил с моментом $M$ = 12 кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю *F* = 10 кН, приложенная в точке *C* под углом 30° к горизонтальному участку рамы *BE*, и равномерно распределенная на отрезке *BC* нагрузка интенсивностью *q* = 2 кН/м. В точке *D* под углом 60° к горизонту на раму действует сила $\vec{G}$, численно равная 20 кН.

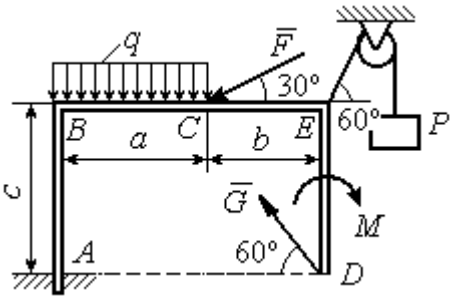


Рис. 1.26. Конструкция рамы

Пренебрегая весом рамы, определить реакцию жесткой заделки в точке *A*, если размеры рамы: *a* = 2 м, *b* = 1 м, *c* = 5 м.

*Решение*

Объектом равновесия является рама *ABCED.* Связями в данной конструкции являются жесткая заделка рамы в точке *A* и нить, натянутая грузом *P.* Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию жесткой заделки в точке *A* в виде силы, которую представим двумя ее составляющими $-\vec{X}_A$ и

$\vec{Y}_A$, и парой сил с моментом $M_A$ (рис. 1.27). Реакция нити $\vec{T}$, приложенная к раме в точке *E*, направлена вдоль нити и численно равна весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и численно равна: $Q = qa = 4$ кН.

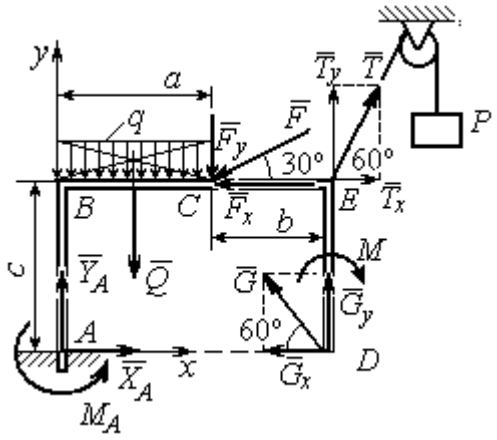



Рис. 1.27. Внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Действующие на раму силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил: $(\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, M) \sim 0$. Условия равновесия для такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.27, и составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ - G\cos 60^\circ = 0; \quad (3)$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - Q - F\cos 60^\circ + T\cos 30^\circ + G\cos 30^\circ = 0. \quad (4)$$

Моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае моменты сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$ равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$; $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобно воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$ (см. рис. 1.27). Величины сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ определяются как проекции силы $\vec{F}$ на оси координат: $F_x = F\cos 30^\circ$, $F_y = F\cos 60^\circ$. Плечо вектора силы $\vec{F}_x$ относительно центра *A* равно *c* (как длина перпендикуляра, проведённого из центра *A* на линию действия силы $\vec{F}_x$), плечом силы $\vec{F}_y$ является расстояние *a*. По теореме Вариньона

момент силы $\vec{F}$ относительно центра $A$ равен алгебраической сумме моментов сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ относительно того же центра:

$$M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_x) + M_A(\vec{F}_y) = F_x \cdot c - F_y \cdot a = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a .$$

Аналогично вычисляем моменты сил $\vec{G}$ и $\vec{T}$: $M_A(\vec{G}) = G\cos 30^\circ \cdot (a+b)$; $M_A(\vec{T}) = -T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b)$. В результате уравнение моментов имеет вид:

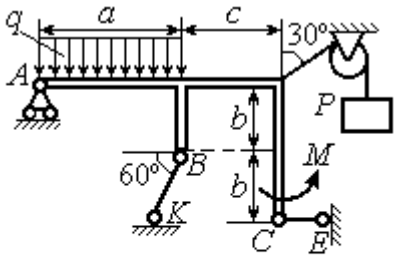
$$\sum M_A(\vec{F}_k) = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a - T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b) +$$

$$+ G\cos 30^\circ \cdot (a+b) - Q\frac{a}{2} - M + M_A = 0. \qquad (1.5)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.3) – (1.5) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных $X_A, Y_A, M_A$, откуда найдём значения реакций: $X_A$= 11,16 кН; $Y_A$= –21,31 кН; $M_A$ = –70,73 Н·м. Знаки показывают, что составляющая $\vec{Y}_A$ силы реакции жёсткой заделки и момент реакции $M_A$ направлены в противоположную сторону. Величина силы реакции жесткой заделки $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$ = 24,05 кН.

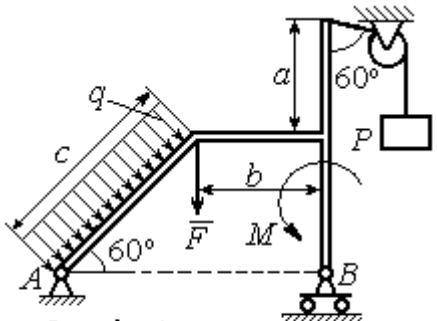
## Упражнения

Упражнение 1.1




$a$ = 3 м, $b$ = 1 м, $c$ = 2 м,
$P$ = 15 кН, $M$ = 3 кНм, $q$ = 5 кН/м.
Найти реакцию стержней $BK$, $CE$
и реакцию шарнира $A$

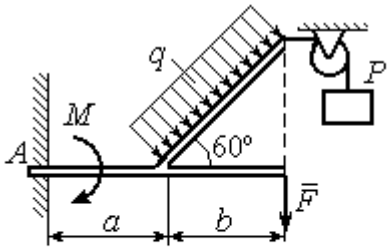
Упражнение 1.2




$a$ = 2 м, $b$ = 1 м, $c$ = 3 м,
$M$ = 3 кНм, $q$ = 3 кН/м,
$P$ = 2 кН, $F$ = 4 кН.
Найти реакцию шарниров $A$ и $B$

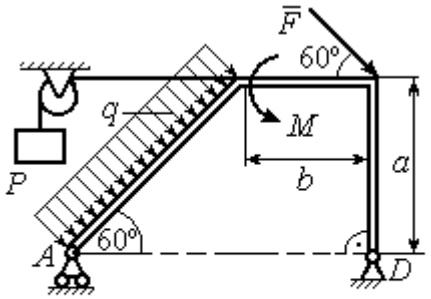
Рис. 1.28. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.1, 1.2

Упражнение 1.3




$a = 1$ м, $b = 2$ м, $F = 2$ кН,
$P = 3$кН, $M = 3$ кН·м,
$q = 2$ кН/м
Найти реакцию жесткой заделки

Упражнение 1.4




$a = 3$ м, $b = 1$ м, $P = 2$ кН, $F = 3$ кН,
$M = 3$ кН·м, $q = 2$ кН/м.
Найти реакцию шарниров $A$ и $D$

Рис. 1.29. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.3, 1.4

## 1.4. Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называются **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, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. В уравнения равновесия будут входить только силы, непосредственно приложенные к телу, равновесие которого рассматривается. **При этом реакции внутренних связей, приложенные к разным телам, будут попарно равны по модулю и противоположны по направлению.**

### Примеры решения задач на равновесие систем тел

**Задача 10.** Диск весом $Q$ = 100 кН опирается на вертикальную стенку и на наклонную балку $AB$. На диск действует сила $\vec{F}$, равная по величине 50 кН (рис. 1.30). Линия действия силы $\vec{F}$ проходит через центр диска под углом 30º к его вертикальному диаметру.

Однородная балка $AB$ весом $G = 80$ кН закреплена в точке $A$ шарнирно и удерживается под углом 60º к стене при помощи вертикального троса, один конец которого закреплён на балке в точке $B$, а другой – переброшен через блок и несёт груз весом $P$. Определить давление диска на стенку и на балку, реакцию шарнира $A$ и вес груза $P$, удерживающий конструкцию в равновесии, если длина балки $AB$ $\ell = 6$ м, радиус диска $r = 1$ м.

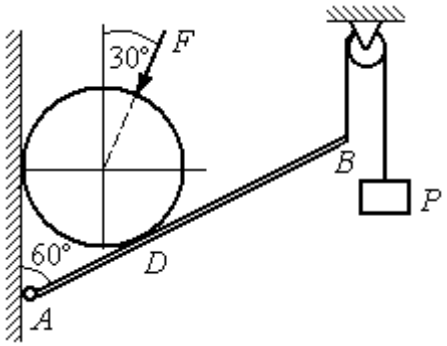



Рис. 1.30. Равновесие составной конструкции

*Решение*

Объект равновесия включает балку и диск и представляет собой составную конструкцию. Опора диска на балку в точке $D$ является внутренней связью конструкции. Рассмотрим равновесие диска и балки отдельно.

Освобождаем диск от связей. На диск действует сила веса $\vec{Q}$, сила $\vec{F}$ и реакции $\vec{N}$ и $\vec{R}$ опор диска на стену в точке $K$ и на балку в точке $D$ (рис. 1.31). Силы, приложенные к диску, составляют плоскую систему сходящихся сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.31, и составим уравнения равновесия:

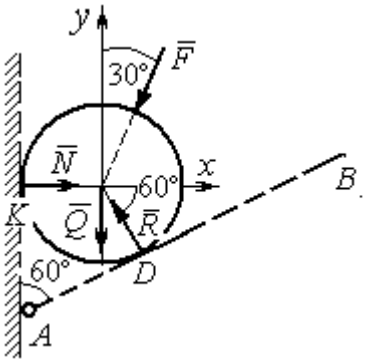



Рис. 1.31. Внешние силы и реакции связей при равновесии диска

$$\sum F_{kx} = -F\cos 60^\circ - R\cos 60^\circ + N = 0; \quad (1.6)$$

$$\sum F_{ky} = -F\cos 30^\circ + R\cos 30^\circ - Q = 0. \quad (1.7)$$

Рассмотрим равновесие балки $AB$ (рис. 1.32).

На балку действуют сила тяжести $\vec{G}$, реакция шарнира $A$, (на рис. 1.32 показано её разложение на составляющие $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$), реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу груза $P$, и сила $\vec{R}'$ давления диска на балку. Сила давления $\vec{R}'$ про-

тивоположна реакции $\vec{R}$ опоры диска на балку и численно равна ей. Система сил ($\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, \vec{R}'$), действующих на балку, является произвольной плоской. Условия равновесия такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

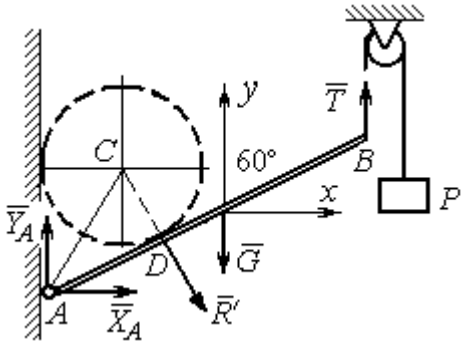



Рис. 1.32. Силы, действующие на балку, при равновесии

Выберем оси, как показано на рис. 1.32, и составим уравнения равновесия, полагая точку $A$ центром, относительно которого производятся вычисления моментов сил:

$$\sum F_{kx} = X_A + R'\cos 60^\circ = 0, \tag{1.8}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - R'\cos 30^\circ - G + T = 0, \tag{1.9}$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -R' \cdot AD - G \cdot \frac{\ell}{2}\cos 30^\circ + T\ell\cos 30^\circ = 0. \tag{1.10}$$

Добавив к уравнениям (1.8) – (1.10) равновесия балки $AB$ уравнения (1.6), (1.7) равновесия диска с учётом, что $R' = R$, получим систему пяти уравнений с пятью неизвестными. Подставляя данные из условия задачи и решая совместную систему, найдём: $R = 165{,}47$ кН; $N = 107{,}74$ кН; $P = 95{,}26$ кН; $X_A = -82{,}73$ кН; $Y_A = 128{,}03$ кН.

Сила давления диска на стену равна модулю реакции опоры $\vec{N}$ и направлена в противоположную сторону, сила давления диска на балку равна $\vec{R}'$.

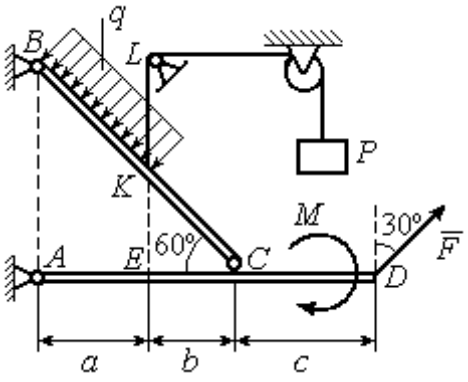



Рис.1.33. Равновесие кронштейна как сочленённой конструкции

**Задача 11.** Кронштейн состоит из горизонтальной балки $AD$, прикрепленной к вертикальной стене в точке $A$, и откоса $BC$, соединённого с балкой $AD$ в точке $C$ под углом 60º и прикреплённого к вертикальной стене в точке $B$ (рис. 1.33). Все соедине-

ния шарнирные. На конструкцию действуют сила $\vec{F}$, приложенная в точке $D$ под углом 30º к вертикали и равная по модулю $F$ =10 кН, пара сил с моментом $M$ = 8 кН·м и равномерно распределенная на отрезке $BK$ нагрузка интенсивностью $q$ = 3 кН/м. В точке $K$ к балке $BC$ прикреплена нить, другой конец которой, переброшенный через невесомые блоки, несёт груз весом $P$ = 5 кН (см. рис. 1.33).

Определить реакции шарниров $A$, $B$ и $C$, если $a$ = 2 м, $b$ = 1 м, $c$ = 3 м, а на отрезке $KL$ нить натянута вертикально.

*Решение*

Рассмотрим равновесие каждой из составных частей конструкции – балки $BC$ и балки $AD$. Освобождаем балки от связей и заменяем их реакциями (рис. 1.34).

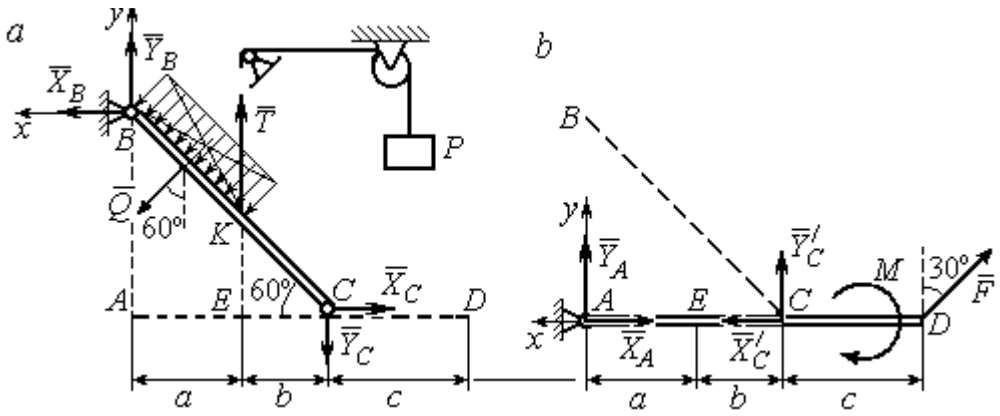



Рис. 1.34. Равновесие элементов конструкции кронштейна:
*a* - силы, действующие на балку *BC*; *b* - силы, действующие на балку *AD*

На рис. 1.34, *a* показаны реакции внешних и внутренних связей балки $BC$: реакция $\vec{R}_B$ шарнира $B$, реакция нити $\vec{T}$, равная по величине весу груза, $T = P$ и реакция $\vec{R}_C$ внутреннего шарнира $C$. Реакции шарниров $B$ и $C$ представлены в виде разложения на составляющие $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$ и $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$. Заменяем равномерную нагрузку равнодействующей силой $\vec{Q}$, приложенной в середине отрезка $BK$ (см. рис. 1.34, *a*) и численно равной $Q = q \cdot BK = q \cdot \dfrac{a}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a$.

Система сил ($\vec{Q}$, $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$, $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{T}$), действующая на балку *BC*, является произвольной плоской уравновешенной системой сил. Выберем оси координат *xBy*, как показано на рис. 1.34, *a*, и составим уравнения равновесия. При этом моменты сил будем вычислять относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = X_B + Q\cos 30^\circ - X_C = 0; \tag{1.11}$$

$$\sum F_{ky} = Y_B - Q\cos 60^\circ + T - Y_C = 0; \tag{1.12}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = X_B \cdot AB - Y_B(a+b) - Tb + Q\left(CK + \frac{1}{2}BK\right) = 0, \tag{1.13}$$

где $AB = (a+b)\mathrm{tg}60^\circ$; $CK = 2b$; $\frac{1}{2}BK = a$.

Рассмотрим равновесие балки *AD* (рис. 1.34, *b*).

На балку действует сила $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_A$ шарнира *A* и реакция $\vec{R}'_C$ внутреннего шарнира *C*. Реакция $\vec{R}'_C$ равна по величине и противоположна по направлению реакции $\vec{R}_C$. На рис. 1.34, *b* реакция $\vec{R}_A$ представлена составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}'_C$ – составляющими $\vec{X}'_C$ и $\vec{Y}'_C$. При этом следует отметить: $\vec{X}'_C = -\vec{X}_C$; $\vec{Y}'_C = -\vec{Y}_C$.

Выберем оси координат *xAy* как показано на рис. 1.34, *b*, и составим уравнения равновесия балки *AD*, вычисляя моменты сил относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = -X_A + X'_C - F\cos 60^\circ = 0; \tag{1.14}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y'_C + F\cos 30^\circ = 0; \tag{1.15}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = -Y_A(a+b) + F\cos 30^\circ \cdot c - M = 0. \tag{1.16}$$

Решая совместно систему уравнений (1.11) – (1.16) с учётом исходных данных задачи и равенства модулей сил $X_C = X'_C$ и $Y_C = Y'_C$, находим:

$X_A$ = 5,99 кН, $Y_A$ = 5,99 кН, $X_C$ = 10,99 кН, $Y_C$ = – 14,65 кН;

$X_B$ = 0,6 кН, $Y_B$ = – 13,65 кН,

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 8{,}47 \text{ кН}, \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 18{,}31 \text{ кН},$$

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = 13{,}65 \text{ кН}.$$

**Задача 12.** Вертикальная балка $AB$ с горизонтальной перекладиной $LC$ закреплена в точке $A$ с помощью жесткой заделки (рис. 1.35). Наклонная балка $EC$ с углом наклона к горизонту 60° точке $C$ шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине $LC$ балки $AB$, а в точке $E$ опирается на каток установленный 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 параметр $a$, определяющий размеры конструкции, равен $a = 2$ м.

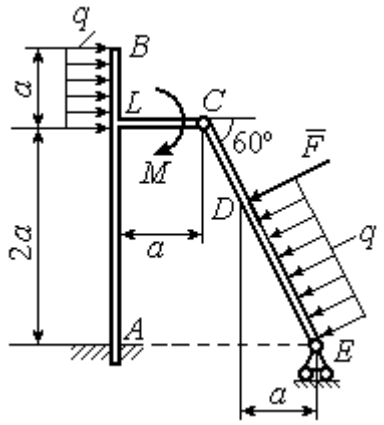



Рис. 1.35. Равновесие сочленённой конструкции

*Решение*

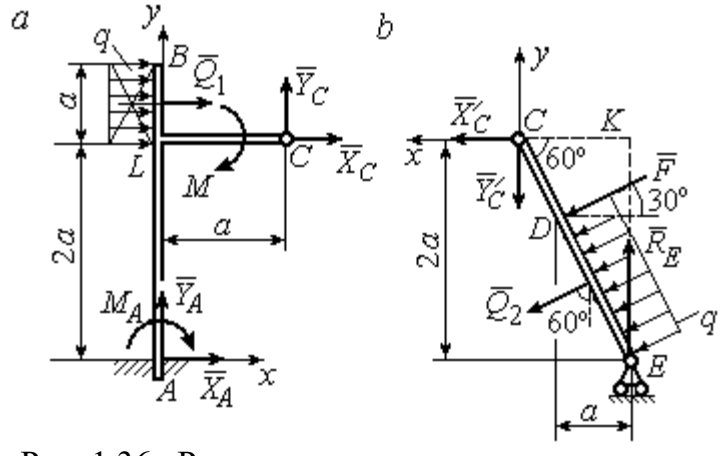



Рис. 1.36. Равновесие элементов конструкции:
*a* - силы и реакции связей, действующие на балку $AB$;
*b* - силы и реакции связей, действующие на балку $CE$

Разделим систему на две части по шарниру $C$ и рассмотрим равновесие балок $ABC$ и $EC$ отдельно.

Рассмотрим балку $ABC$ (рис. 1.36, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, численно равной $Q_1 = qa = 4$ кН. На балку действует сила $\vec{Q}_1$, пара сил с моментом $M$ и реакции связей – жёсткой заделки в точке $A$ и шарнира $C$.

На рис. 1.36, *a* изображена реакция жесткой заделки в точке *A* в виде силы, разложенной на составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, и пары с моментом $M_{\text{A}}$. Реакция $\vec{R}_C$ шарнира *C* показана разложением на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Y}_C$. Силы образуют произвольную плоскую систему.

Введём систему координат, как показано на рис. 1.36, *a,* и составим уравнения равновесия балки, выбрав центром вычисления моментов сил точку *A*.

Имеем систему

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0; \tag{1.17}$$

$$\sum M_A\left(\vec{F}_k\right) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0. \tag{1.18}$$

Рассмотрим теперь равновесие балки *EC* (рис. 1.36, *b*). Заменим распределённую нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED* и равной $Q_2 = \dfrac{qa}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a = 8\,\text{кН}$. На балку действуют силы $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_E$ подвижной опоры – катка *E* и реакция $\vec{R}'_C$ шарнира *C*. На рис. 1.36, *b* реакция $\vec{R}'_C$ показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$. При этом 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. 1.36, *a*, *b*).

Действующие на балку *EC* силы образуют уравновешенную произвольную плоскую систему сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.36, *b,* и составим уравнения равновесия, вычисляя моменты сил относительно центра *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0, \tag{1.19}$$

$$\sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0, \tag{1.20}$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a\right) - Q_2 \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - a\right) + R_E \cdot 2a\,\text{tg}30^\circ = 0. \tag{1.21}$$

Подставим в совместную систему (1.17) – (1.21) исходные данные задачи и, воспользовавшись тем, что модули сил $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ равны, найдём:

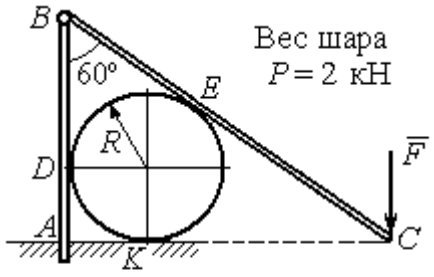
$$X_A = 11{,}59 \text{ кН}; \quad Y_A = -2{,}76 \text{ кН}; \quad M_A = 42{,}87 \text{ кН·м};$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН}; \quad Y_C = 2{,}76 \text{ кН}; \quad R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Полные величины сил реакции жесткой заделки и взаимного давления в шарнире $C$: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91$ кН; $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83$ кН.

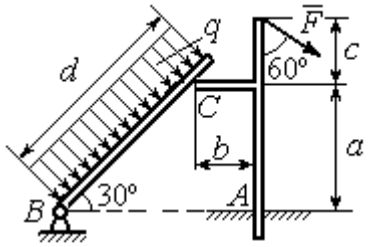
## Упражнения

Упражнение 1.5



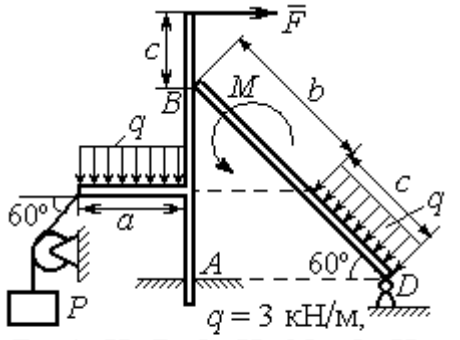

$R = 1$ м, $F = 8$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$, реакцию шарнира $B$, реакцию опоры шара в точках $D$, $K$, $E$

Упражнение 1.6



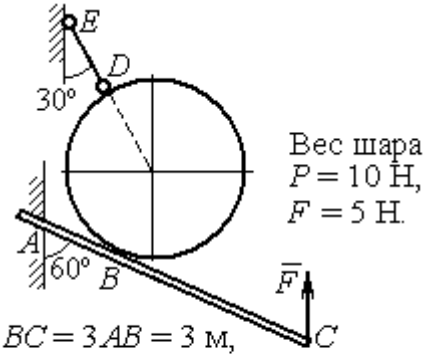

$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 1$ м, $d = 5$ м,
$q = 3$ кН/м, $F = 4$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке $A$, реакцию шарнира $B$ и реакцию опоры в точке $C$

Упражнение 1.7




$q = 3$ кН/м,
$F = 4$ кН, $P = 3$ кН, $M = 2$ кН·м,
$a = 2$м, $b = 3$м, $c = 1$м
Найти реакцию заделки $A$, шарнира $D$ и реакцию опоры $B$

Упражнение 1.8




$BC = 3AB = 3$ м,
Найти реакцию жесткой заделки $A$, реакцию стержня $DE$ и реакцию опоры в точке $B$

Рис. 1.37. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.5 – 1.8

## 1.5. Произвольная пространственная система сил

**Моментом силы относительно оси** называют момент вектора проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью. На рис. 1.38 показано вычисление момента силы $\vec{F}$ относительно оси $z$:

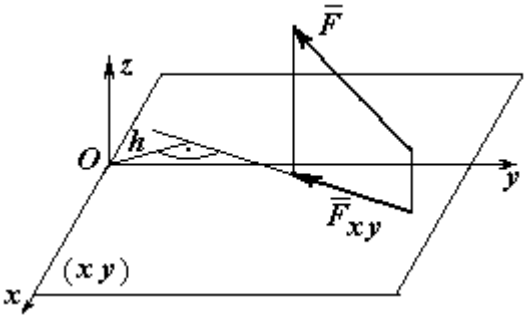



Рис. 1.38. Момент силы относительно оси

$$M_z(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_{xy}) = F_{xy}h,$$

где $O$ – точка пересечения оси $z$ с плоскостью $xy$, перпендикулярной оси $z$; $\vec{F}_{xy}$ – вектор проекции силы $\vec{F}$ на плоскость $xy$; $h$ – плечо силы $\vec{F}_{xy}$ относительно центра $O$. Момент силы относительно оси считается положительным, если при взгляде с положительного направления оси он создаёт вращение против хода часовой стрелки.

**Равновесие пространственной системы сил.** Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат $x$, $y$, $z$ были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum F_{kz} = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_y(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где $F_{kx}, F_{ky}, F_{kz}$ – проекции всех сил на координатные оси; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей, $k = 1, 2, ...$

### Примеры решения задач на равновесие пространственных систем сил

**Задача 13.** Горизонтальный вал (рис. 1.39) закреплен в подпятнике $C$ и подшипнике $K$. Вал имеет шкив $B$ радиуса $R$ и шкив $D$ радиуса $r$.

Оба шкива перпендикулярны оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*.

Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива *D* по касательной в точке *L* параллельно плоскости *zCx*, так что радиус шкива *D*, проведённый в точку схода нити, составляет с вертикальным диаметром угол 30º.

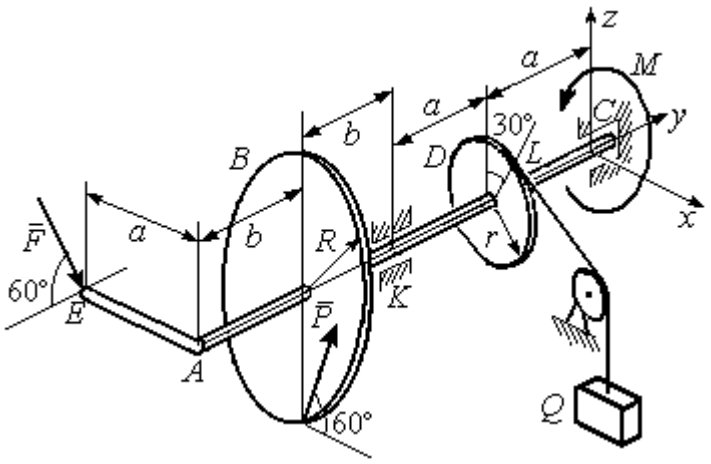


Рис. 1 39. Равновесие вала

На вал действуют силы: $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке шкива *B*, параллельна плоскости *zCx* и составляет угол 60° с направлением оси *Cx*. Определить вес удерживаемого груза $Q$ и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН; $F = 2$ кН; $M = 3$ кН·м; $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м.

*Решение*

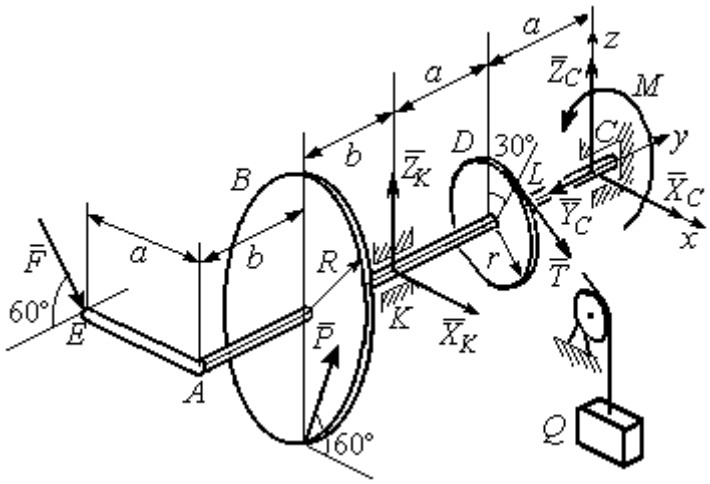


Рис. 1.40. Активные силы и реакции связей, действующие на вал, при его равновесии

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом $Q$, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_C$ подпятника *C* раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей (рис. 1.40). Реакция $\vec{R}_K$ подшипника *K* лежит в плоскости, пер-

пендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *L* и по модулю равна весу груза *Q*.

Активные силы и реакции связей составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил. При составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.41).

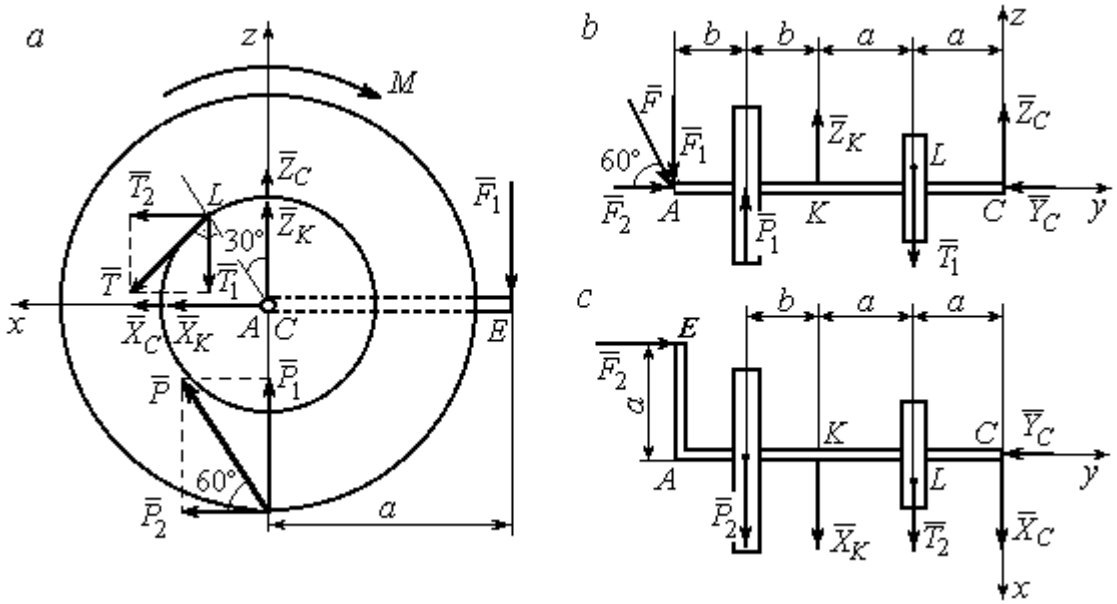



Рис. 1.41. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
*a* – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
*b* – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
*c* – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*

На рис. 1.41, *a* показаны проекции вала и всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций сил относительно точки *C*, получим значения моментов этих сил относительно оси *y*. При вычислении моментов сил относительно оси *x* достаточно вычислить моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (рис. 1.41, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на

плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси *z* (рис. 1.41, *c*).

Величины проекций сил определяются равенствами: $P_1 = P\cos 30^\circ$;

$P_2 = P\cos 60^\circ$; $T_1 = T\cos 60^\circ$; $T_2 = T\cos 30^\circ$; $F_1 = F\cos 30^\circ$; $F_2 = F\cos 60^\circ$.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P\cos 60^\circ + X_K + T\cos 30^\circ + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = F\cos 60^\circ - Y_C = 0;$$

$$\sum F_{kz} = P\cos 30^\circ + Z_K - T\cos 60^\circ + Z_C - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T\cos 60^\circ \cdot a - Z_K \cdot 2a - P\cos 30^\circ \cdot (2a + b) +$$

$$+ F\cos 30^\circ \cdot (2a + 2b) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F\cos 30^\circ \cdot a - P\cos 60^\circ \cdot R + T \cdot r - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = T\cos 30^\circ \cdot a + X_K \cdot 2a + P\cos 60^\circ \cdot (2a + b) - F\cos 60^\circ \cdot a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему шести уравнений с шестью неизвестными, решая которую, найдём:

$$X_C = -8{,}09 \text{ кН}, \; Y_C = 1 \text{ кН}, \; Z_C = 4{,}65 \text{ кН}, \; Z_K = 2{,}92 \text{ кН};$$

$$X_K = -10{,}02 \text{ кН}, \; T = 18{,}6 \text{ кН}.$$

Реакции подпятника и подшипника:

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 9{,}4 \text{ кН}, \; R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 10{,}44 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза *Q* равен реакции нити *T*.

**Задача 14.** Однородная прямоугольная плита (рис. 1.42) веса 25 кН прикреплена к полу при помощи шарового шарнира *A*, подшипника *B* и удерживается в вертикальном положении стержнем *CO*, лежащим в плоскости, перпендикулярной плоскости плиты так, что $\angle COB = 60^\circ$. В плоскости плиты на неё действуют пара сил с моментом $M = 6$ кН·м, сила $\vec{F}_1$, равная $F_1 = 10$ кН, приложенная на верхней стороне плиты в точке *H* под углом 30º к линии *EC*, и сила $\vec{F}_2$, равная $F_2 = 5$ кН, приложенная в точке *D* параллельно стороне *AB*.

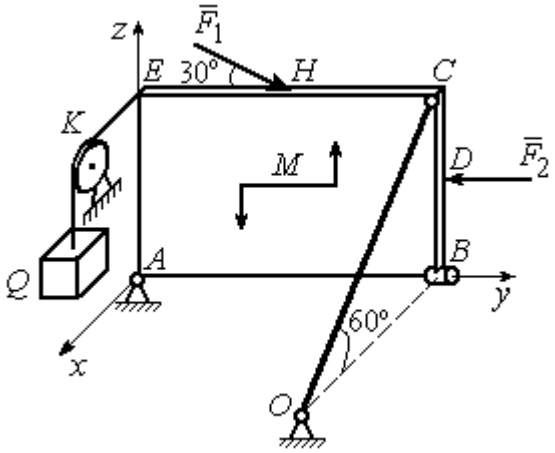



Рис. 1.42. Равновесие плиты

В точке $E$ к плите прикреплён трос, на другом конце которого, перекинутым через блок $K$, подвешен груз весом $Q = 20$ кН. Отрезок троса $EK$ перпендикулярен плоскости плиты.

Определить реакции шарнира $A$, подшипника $B$ и реакцию стержня $CO$, если ширина плиты $AB = 3$ м; высота $AE = 2$ м; $EH = HC$, $CD = DB$.

*Решение*

Рассмотрим равновесие плиты $ABCE$. На плиту действуют активные силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести плиты $\vec{P}$, пара сил с моментом $M$ и реакции связей. Связями являются пространственный шарнир $A$, нить, натянутая грузом $Q$, подшипник $B$ и невесомый стержень $CO$.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.43. Освобождаем плиту от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_A$ шарнира $A$ раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити параллельно оси $Ax$ и равна весу груза $T = Q$, реакция $\vec{R}_B$ подшипника $B$ расположена в плоскости, перпендикулярной оси $Ay$, и представлена в виде двух своих составляющих $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$, реакция $\vec{S}$ невесомого стержня $CO$ направлена вдоль стержня. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.43.

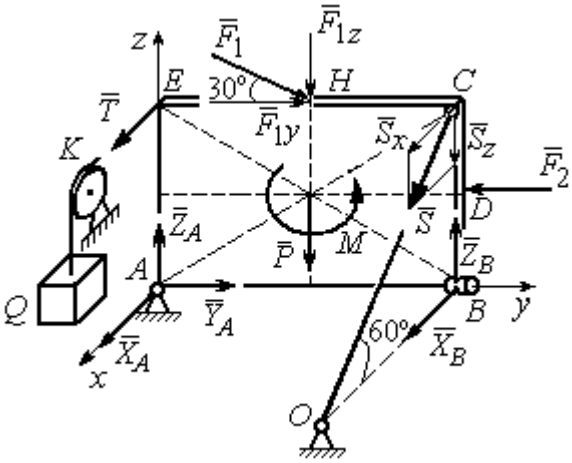



Рис. 1.43. Силы, действующие на плиту, при её равновесии

Силы, действующие на плиту, и реакции связей составляют пространственную уравновешенную систему сил. Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A + T + X_B + S\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F_2 + F_1\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A - F_1\cos 60^\circ - P + Z_B - S\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = -F_1\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - F_1\cos 30^\circ \cdot AE - P \cdot 0{,}5 \cdot AB +$$

$$+ F_2 \cdot BD + Z_B \cdot AB - S\cos 30^\circ \cdot AB + M = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = T \cdot AE + S\cos 60^\circ \cdot CB = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + S\cos 60^\circ \cdot EC = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему уравнений, решая которую, найдём значения реакций: $S = -40$ кН; $X_B = -20$ кН; $Z_B = -17{,}53$ кН; $X_A = 20$ кН; $Y_A = -3,66$ кН; $Z_A = 12{,}89$ кН.

**Задача 15.** Прямоугольная фрамуга *ACEB* весом $P = 50$ Н, закрепленная в точках *A* и *B* цилиндрическими шарнирами, открыта на угол 60º (рис. 1.44). На фрамуге в точке *H* закреплена верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомый блок *K*, несёт груз *Q*. При этом линия верёвки *HK* параллельна прямой *ED*. На фрамугу действует сила $\vec{F}$, приложенная в верхнем углу в точке *C* перпендикулярно плоскости фрамуги и равная по величине $F = 15$ Н.

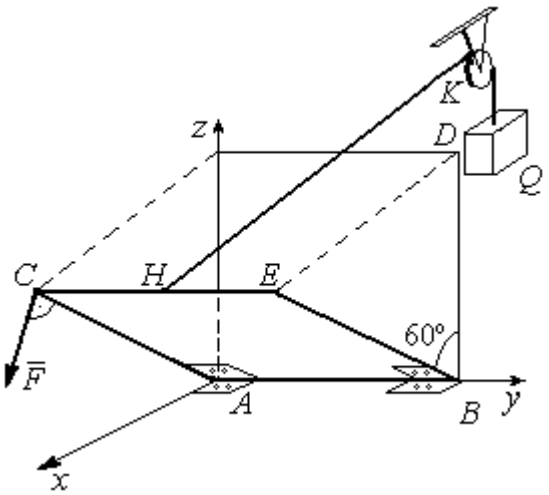


Рис. 1.44. Равновесие фрамуги

Определить вес груза *Q*, необходимый для удержания фрамуги в равновесии и реакции цилиндрических шарниров *A* и *B*, если размеры фрамуги $BE = BD = 2$ м; $AB = 3$ м; $CH = HE$.

*Решение*

Рассмотрим равновесие фрамуги *ABCE*. Изображаем внешние активные силы: силу $\vec{F}$, силу тяжести фрамуги $\vec{P}$, а также реакции связей. Связями являются два цилиндрических шарнира *A* и *B* (связь, аналогичная подшипнику) и нить, натянутая грузом *Q*. Выберем систему координат *Axyz*, как показано на рис. 1.45. Освобождаем фрамугу от связей, заменяя их действие реакциями. Реакции $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ шарниров *A* и *B* раскладываем на взаимно перпендикулярные составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Z}_A$ и $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$ в плоскостях, перпендикулярных оси вращения фрамуги (ось *Ay*), реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и равна весу груза $T = Q$. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.45.

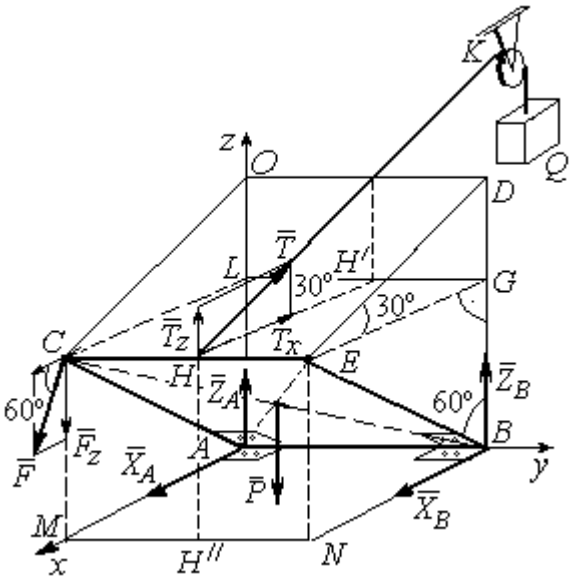



Рис. 1.45. Активные силы и реакции при равновесии фрамуги

Силы, действующие на фрамугу, составляют уравновешенную пространственную систему сил.

Составим уравнения равновесия. При этом для удобства вычисления моментов сил относительно осей изобразим плоскости, перпендикулярные этим осям, с проекциями на них сил, действующих на фрамугу (рис. 1.46). Тогда моменты сил, действующих на фрамугу, например, относительно оси *Ax* определяются как моменты векторов проекций этих сил на плоскость *zAy* относительно точки *A* – пересечения оси *Ax* и перпендикулярной ей плоскости *zAy* (см. рис. 1.46, *a*). Аналогично при вычислении моментов сил относительно оси *Az* достаточно вычислить моменты векторов проекций сил на плоскость *xAy* относительно точки *A* (см. рис. 1.46, *b*).

Значения моментов сил относительно оси $Ay$ получим, вычисляя моменты векторов проекций сил на плоскость $zAx$ относительно точки $A$ (см. рис. 1.46, *c*).

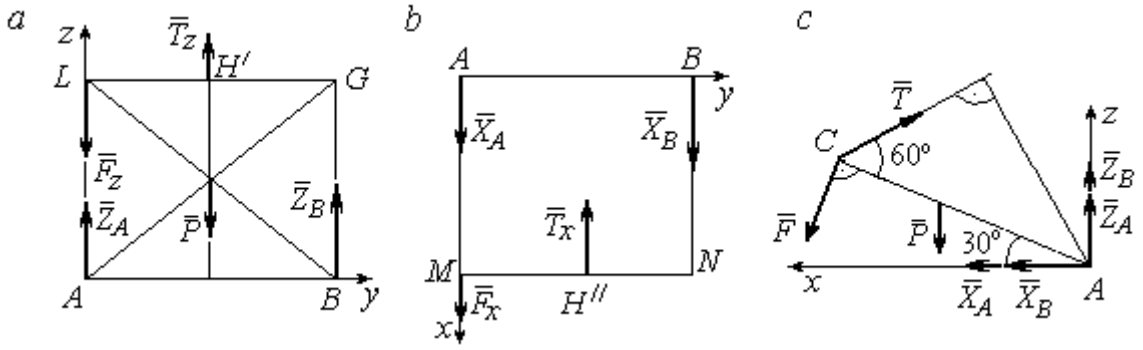



Рис. 1.46. Фрамуга и действующие на неё силы в проекциях на координатные плоскости:
*a* – проекция на плоскость *zAy* со стороны положительного направления оси *x*;
*b* – проекция на плоскость *xAy* со стороны положительного направления оси *z*; *c* – проекция на плоскость *zAx* со стороны положительного направления оси *y*

Уравнения равновесия фрамуги имеют вид:

$$X_A + X_B + F\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A + Z_B - P - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T_z \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB =$$

$$= T\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = P \cdot 0{,}5 \cdot AC\cos 30^\circ + F \cdot AC - T \cdot AC\sin 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + T_x \cdot 0{,}5 \cdot AB = -X_B \cdot AB + T\cos 30^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB = 0.$$

Подставляя исходные данные из условия задачи и решая систему, найдём реакции шарниров фрамуги:

$$X_B = 18{,}22 \text{ Н},\ Z_B = 14{,}41 \text{ Н},\ R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 23{,}31 \text{ Н};$$

$$X_A = 10{,}83 \text{ Н},\ Z_A = 27{,}41 \text{ Н},\ R_A = \sqrt{X_A^2 + Z_A^2} = 29{,}47 \text{ Н}.$$

Вес груза, удерживающий фрамугу в равновесии, численно равен реакции верёвки: $Q = T = 42{,}37$ Н.

**Задача 16.** Горизонтальный коленчатый вал *AD* (рис. 1.47) закреплен в подпятнике *A* и подшипнике *C*. Вал имеет шкив радиуса $r$ и рукоять *DH*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *DH* образует угол 30º к направлению оси *Ax*. Колено вала расположено в горизонтальной плоскости *xAy*. Нить, удерживающая груз *Q*, намотана на шкив и сходит с него вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ приложена в верхней точке вертикального диаметра шкива под углом 30° к направлению оси *Ay* и находится в плоскости *zAy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке *H* рукояти параллельно оси *Az*. Сила $\vec{G}$ приложена в крайней точке *K* стойки колена вала под углом 60º к стойке и находится в плоскости, перпендикулярной оси вала. Пара сил с моментом *M* создаёт вращение вала вокруг оси *Ay*.

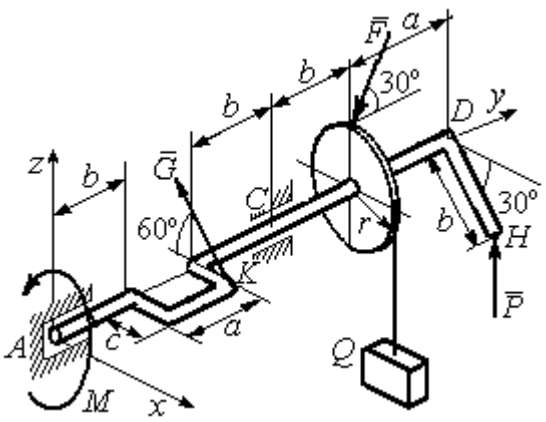


Рис. 1.47. Равновесие вала

Определить вес удерживаемого груза $Q$ и реакции подшипника и подпятника, если: $P = 10$ кН; $F = 12$ кН; $G = 6$ кН; $M = 3$ кН·м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м; $c = 0{,}2$ м.

*Решение*

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы – $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом $Q$, подпятник *A* и подшипник *C*.

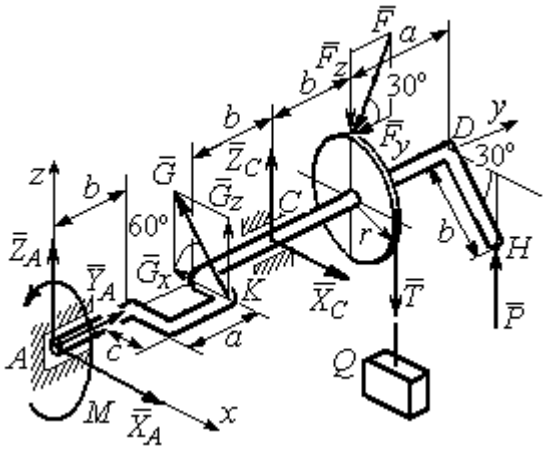


Рис. 1.48. Силы и реакции, действующие на вал при равновесии

Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями.

Реакцию подпятника $A$ раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника $C$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и также может быть разложена на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей $Ax$, $Az$. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и по модулю равна весу груза, $T = Q$. Действие на вал активных сил и реакций связи показано на рис. 1.48.

Указанные силы составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил.

Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - G\cos 60^\circ + X_C = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A + G\cos 30^\circ + Z_C - F\cos 60^\circ - T + P = 0.$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = G_z(b+a) + Z_C(b+a+b) - F_z(b+a+b+b) + F_y r -$$

$$- T(b+a+b+b) + P(b+a+b+b+a) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -G_z c + Tr - Pb\cos 30^\circ - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = G_x(b+a) - X_C(b+a+b) = 0,$$

где значения проекций сил на оси $G_z = G\cos 30^\circ$; $G_x = G\cos 60^\circ$; $F_z = F\cos 60^\circ$; $F_y = F\cos 30^\circ$.

Подставляя исходные данные и решая систему, получим значения реакций:

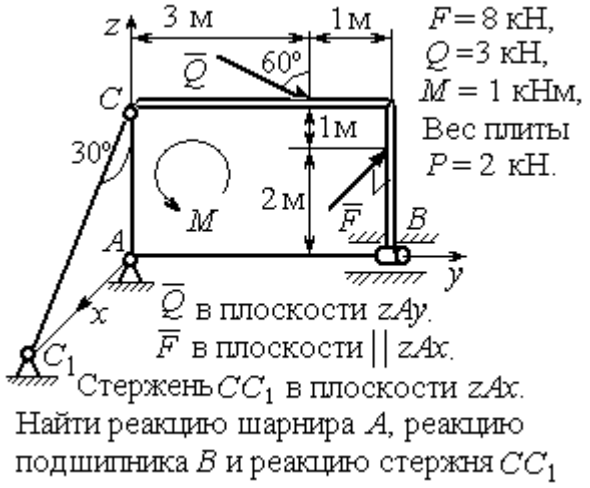
$$X_C = 2{,}25 \text{ кН}; \; Z_C = 13{,}57 \text{ кН}; \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Z_C^2} = 15{,}58 \text{ кН};$$

$$Z_A = 0{,}39 \text{ кН}; \; Y_A = 10{,}39 \text{ кН}; \; X_A = 0{,}75 \text{ кН}; \; R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 10{,}42 \text{ кН}.$$

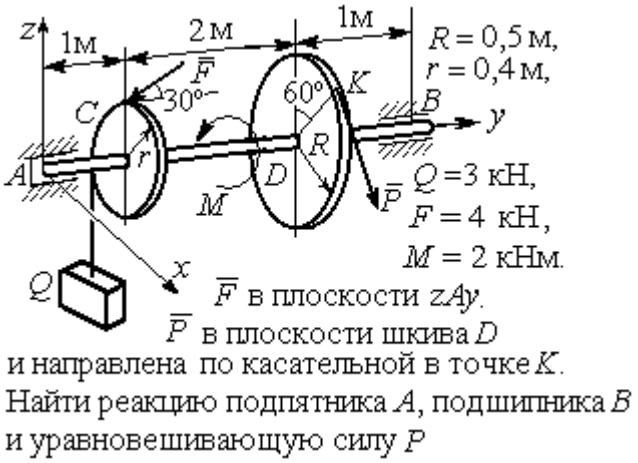
Вес удерживаемого груза равен реакции нити $Q = T = 25{,}03$ кН.

## Упражнения

Упражнение 1.9




Упражнение 1.10




Упражнение 1.11




Упражнение 1.12

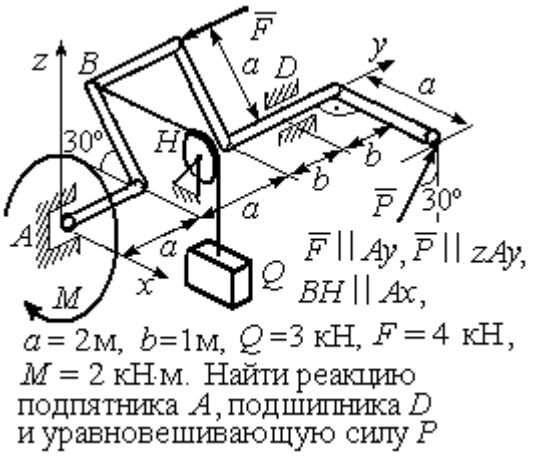



Рис. 1.49. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.9 – 1.12

## 1.6. Равновесие тел при наличии сил трения

**Трение скольжения.** При наличии трения скольжения полная реакция $\vec{R}$ шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ опоры и

силу $\vec{F}_{\text{тр с}}$ трения скольжения, направленную по касательной к поверхности в точке опоры.

В покое сила трения скольжения может принимать любые значения от нуля до некоторого предельного значения $F_{\text{тр с}}$, называемого **предельной силой трения скольжения** (рис. 1.50).

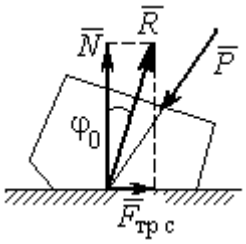



Рис. 1.50. Реакция опоры с трением скольжения

Наибольший угол $\varphi_0$, который полная реакция шероховатой поверхности образует с нормалью к поверхности, называется **предельным углом трения**. Предельная сила трения численно равна произведению коэффициента трения на величину нормальной реакции опоры тела на поверхность: $F_{\text{тр с}} = f \cdot N$, где $f$ – безразмерный коэффициент трения, определяемый экспериментально.

Изучение равновесия тел с учетом сил трения сводится к рассмотрению предельного равновесия, когда сила трения принимает предельное значение.

**Трением качения** называется сопротивление, возникающее при качении одного тела по шероховатой поверхности другого. Реакция шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$, направленную по касательной к поверхности качения. При этом за счёт небольшого вдавливания в поверхность качения нормальная реакция опоры $\vec{N}$ смещена в сторону от линии действия силы тяжести $\vec{P}$ так, что вместе с ней образует пару, противодействующую качению (рис. 1.51). В предельном положении равновесия тела смещение нормальной реакции опоры максимально. Величина максимального смещения $k$ называется **коэффициентом трения качения**, измеряемого в единицах длины. Момент,

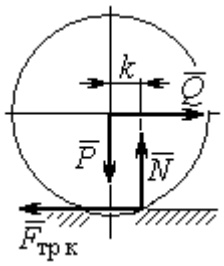



Рис. 1.51. Реакция опоры с трением качения

создаваемый парой $(\vec{N}, \vec{P})$, называется **моментом трения качения** $M_{\text{тр к}} = kN$. Максимальная сила трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$ определяется из условия, что в предельном положении равновесия момент трения качения равен моменту качения, создаваемого парой $(\vec{F}_{\text{тр к}}, \vec{Q})$ (рис. 1.51).

Если максимальная сила трения качения меньше предельной силы трения скольжения, движение представляет качение без скольжения.

### Примеры решения задач на равновесие тел с трением

**Задача 17.** Груз $Q$ весом 50 Н удерживается нитью на шероховатой наклонной плоскости (рис.1.52). Один конец нити закреплен на грузе $Q$, а к другому, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом $P$. Отрезок нити $AB$ горизонтальный. Угол наклона плоскости составляет 30º к горизонту. Определить максимальное и минимальное значения веса груза $P$, при которых груз $Q$ может начать скольжение по плоскости без опрокидывания, если коэффициент трения скольжения между грузом $Q$ и наклонной плоскостью $f = 0{,}4$.

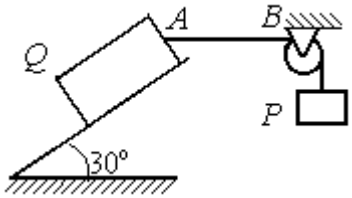


Рис.1.52. Равновесие груза на наклонной плоскости с трением

*Решение*

Рассмотрим равновесие груза $Q$ при минимальном значении веса груза $P$. На груз действуют сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\min}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр1}}$ (рис. 1.53, *а*). Особенностью задач на равновесие призм является то, что точка приложения нормальной реакции не определена. В случае необходимости она находится из уравнений равновесия.

Определим направление силы трения. Если вес уравновешивающего груза $P$ имеет минимальное значение $P_{\min}$, то при его дальнейшем уменьшении груз $Q$ начнёт двигаться вниз по наклонной плоскости. Таким образом, предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}1}$, обеспечивающая равновесие при минимальном значении веса груза $P$, направлена вверх по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *a*).

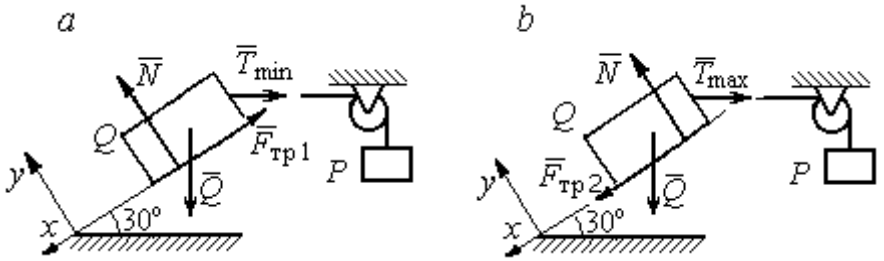



Рис. 1.53. Силы, действующие на груз при равновесии:
*a* – минимальный вес уравновешивающего груза;
*b* – максимальный вес уравновешивающего груза

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.53, и составим уравнения равновесия в виде проекций сил:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\min}\cos 30^\circ - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\min}\cos 60^\circ = 0.$$

Полагая в первом уравнении $F_{\text{тр}1} = fN$, решаем систему и находим реакцию нити $T_{\min} = 7{,}21$ Н. Минимальное значение веса уравновешивающего груза равно реакции нити: $P_{\min} = T_{\min} = 7{,}21$ Н.

Рассмотрим равновесие груза $Q$ при максимальном $P_{\max}$ значении веса груза $P$. На груз действует сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\max}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая, как и в первом случае, из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$ (см. рис. 1.53, *b*).

При определении направления силы трения заметим, что увеличение веса груза $P$ больше максимального вызывает движение груза $Q$ вверх по наклонной плоскости. Тогда предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$, действующая против возможного движения, должна быть направлена вниз по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *b*). Уравнения равновесия груза $Q$:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\max}\cos 30^\circ + F_{\text{тр}2} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\max}\cos 60^\circ = 0.$$

Решаем систему, подставляя вместо силы трения её значение $F_{\text{тр}2} = fN$, и находим максимальное значение веса груза $P$: $P_{\max} = T_{\max} = 63{,}54$ Н.

Таким образом, груз $Q$ будет находиться в равновесии на наклонной плоскости, если вес уравновешивающего груза находится в пределах $8{,}87 < P < 48{,}87$ Н.

**Задача 18.** Цилиндрический каток радиуса $r$ = 0,5 м, весом $P$ = 50 Н удерживается в равновесии на наклонной плоскости нитью, один конец которой закреплён в центре катка, а другой перекинут через блок и несёт груз весом $Q$ (рис. 1.54). Коэффициент трения качения катка $f_{\text{к}}$ = 0,02 м. Наклонная плоскость составляет угол 30º с горизонтом.

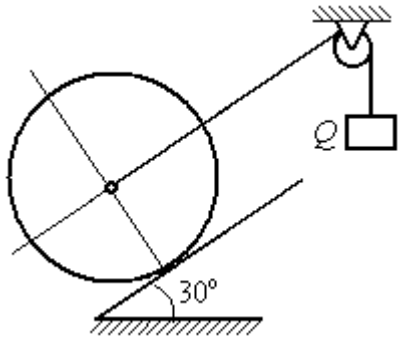


Рис. 1.54. Равновесие катка

Определить наименьшую и наибольшую величину веса $Q$, при которых каток будет в равновесии. Найти наименьшее значение коэффициента трения скольжения $f_{\text{с}}$, при котором в случае движения каток будет катиться без скольжения.

*Решение*

Рассмотрим равновесие катка при минимальном значении веса груза $Q$. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, реакции нити $\vec{Q}_{\min}$ и реакция шероховатой

поверхности наклонной плоскости $\vec{R}$, имеющая своими составляющими нормальную реакцию поверхности $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр1к}}$ (рис. 1.55, *a*).

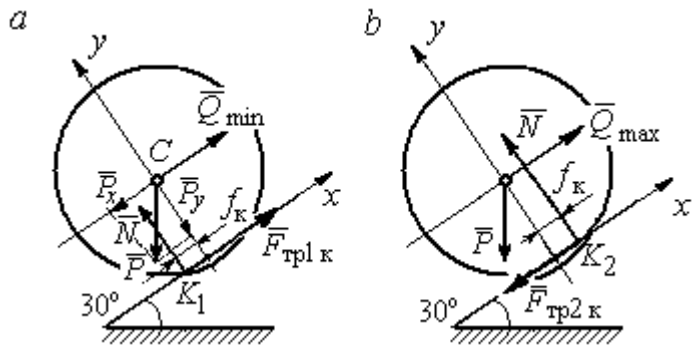


Рис. 1.55. Силы, действующие на каток, при равновесии:
*a* – минимальный вес груза; *b* – максимальный вес груза

Минимальный вес груза $Q_{\min}$ удерживает каток от качения вниз по наклонной плоскости. В этом случае составляющие реакции шероховатой поверхности наклонной плоскости приложены в точке $K_1$, слева от нормального к плоскости диаметра катка (см. рис. 1.55, *a*). Выбор точки приложения реакции шероховатой поверхности основан на том, что пара $(\vec{N}, \vec{P}_y)$ должна создавать момент трения качения, противодействующий предполагаемому движению.

На каток действует плоская уравновешенная система сил $(\vec{Q}_{\min}, \vec{F}_{\text{тр1к}}, \vec{N}, \vec{P}) \infty 0$. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *a*, и составим уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки $K_1$:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\min} + F_{\text{тр1к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_1}(\vec{F}_k) = P\cos 60^\circ \cdot r - Q_{\min} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Подставляем данные задачи и находим минимальное значение веса груза, при котором каток находится в равновесии $Q_{\min} = 7{,}68$ Н, величину нормальной реакции наклонной плоскости $N = 43{,}3$ Н и значение силы трения качения, удерживающей каток в равновесии, $F_{\text{тр1к}} = 17{,}32$ Н.

Рассмотрим равновесие катка при максимальном значении веса груза $Q_{\max}$. Здесь нарушение предельного равновесия при увеличении веса груза $Q$ вызывает движение катка вверх по наклонной плоскости. В таком случае точка приложения реакции опоры шероховатой поверхности (точка $K_2$) расположена справа от нормального к плоскости качения диаметра катка (рис. 1.55, *b*).

На каток действует плоская уравновешенная система сил $(\vec{Q}_{\max}, \vec{F}_{\text{тр2 к}}, \vec{N}, \vec{P}) \infty 0$. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *b*. Уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки $K_2$ имеют вид:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\max} - F_{\text{тр2 к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_2}(\vec{F}_k) = -P\cos 60^\circ \cdot r + Q_{\max} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Решая систему, получим: $Q_{\max} = 42{,}32$ Н; $N = 43{,}3$ Н; $F_{\text{тр2 к}} = 17{,}32$ Н.

Таким образом, на шероховатой поверхности каток находится в равновесии, если вес уравновешивающего груза выбран в пределах $7{,}68 \le Q \le 42{,}32$ Н.

При любом движении (вверх или вниз) качение катка будет без скольжения, если предельная сила трения скольжения $F_{\text{тр с}}$ больше аналогичной силы трения качения: $F_{\text{тр с}} > F_{\text{тр к}}$. Величина силы трения скольжения не зависит от направления движения: $F_{\text{тр с}} = f_{\text{с}} N = 43{,}3 f_{\text{с}}$, где $f_{\text{с}}$ – коэффициент трения скольжения. Величина силы трения качения также не зависит от направления движения: $F_{\text{тр к}} = F_{\text{тр1 к}} = F_{\text{тр2 к}} = 17{,}32$ Н. Таким образом, для определения требуемого коэффициента скольжения имеет место неравенство $43{,}3 f > 17{,}32$, откуда $f > 0{,}4$.

**Задача 19.** Для подъёма и опускания грузов в выработках используется ступенчатый ворот с тормозом, изображённый на рис. 1.56. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота $R = 0{,}5$ м и $r = 0{,}2$ м. Ворот тормозят, надавливая на конец $A$ рычага $AB$, соединённого цепью $CD$ с концом $D$ тормозного рычага $ED$ с расположенной на нём тормозной колодкой. Коэффициент трения между тормозной колодкой и барабаном ворота $f = 0{,}4$. На малой ступеньке барабана ворота навита верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомые неподвижный блок $m$ и подвижный блок $n$, удерживает груз $Q$ весом 1 кН (см. рис. 1.56). Угол наклона к горизонту участка верёвки, соединяющей барабан с неподвижным блоком $m$, составляет 30º.

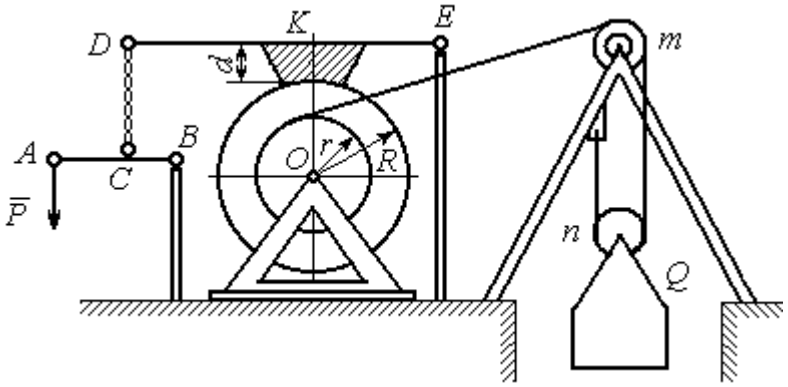


Рис. 1.56. Ворот с колодочным тормозом

Определить величину силы $\vec{P}$, уравновешивающей груз $Q$, и реакции шарниров $O$ и $E$, если вес ворота $G$ = 140 Н, высота тормозной колодки $d = 0{,}1$ м, расстояния $AB$ = 1 м, $BC$ = 0,1 м; $ED = 1{,}2$ м; $EK = 0{,}6$ м.

*Решение*

Рассмотрим отдельно равновесие барабана ворота, тормозного рычага $DE$ и рычага $AB$ (рис. 1.57).

Для того; чтобы определить силу натяжения верёвки, прикреплённой к барабану, рассмотрим равновесие груза вместе с подвижным блоком $n$ (см. рис. 1.57, *а*). На объект равновесия действует сила тяжести груза $\vec{Q}$ и реакции $\vec{T}'$ и $\vec{T}''$ двух ветвей верёвки, огибающей снизу блок $n$.

Уравнения равновесия такой системы сил:

$$T' + T'' - Q = 0; \qquad T''r_{\text{бл}} = T'r_{\text{бл}},$$

где моменты сил вычислены относительно центра блока; $r_{бл}$ – радиус блока *n*. Решая систему уравнений, получим: $T' = T'' = 0{,}5Q = 500$ Н.

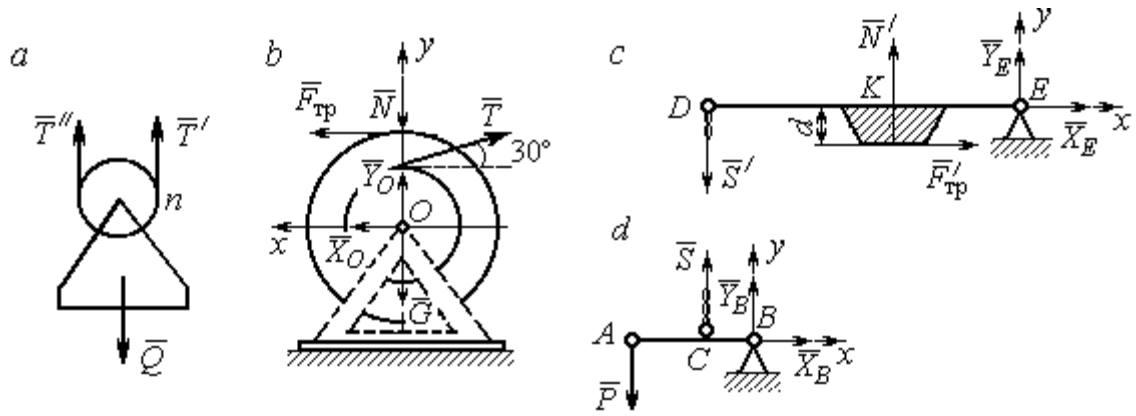



Рис. 1.57. Равновесие элементов конструкции ворота:
*a* – равновесие груза; *b* – силы, действующие на барабан; *c* – силы, действующие на тормозной рычаг *DE*; *d* – силы, действующие на рычаг *AB*

Рассмотрим равновесие барабана. На барабан действуют: сила веса барабана $\vec{G}$, сила давления $\vec{N}$ со стороны рычага, направленная по радиусу барабана, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, действующая по касательной к барабану в сторону, противоположную движению барабана при опускании груза, реакция $\vec{R}_O$ шарнира *O*, представленная двумя составляющими $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, и реакция верёвки $\vec{T}$, численно равная модулю силы $\vec{T}'$ (см. рис. 1.57, *b*).

Силы, действующие на барабан, составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{G}$, $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, $\vec{T}$, $\vec{N}$, $\vec{F}_{\text{тр}}$) ~ 0. Составим уравнение моментов относительно точки *O*:

$$-Tr + F_{\text{тр}}R = 0,\ \text{откуда с учётом } T = T'\ F_{\text{тр}} = 200 \text{ Н}.$$

Величина силы $\vec{N}$ давления рычага на барабан находится из вида зависимости силы трения $F_{\text{тр}} = fN$, тогда $N = \dfrac{F_{\text{тр}}}{f} = 500$ Н.

Составим уравнения равновесия барабана в виде проекций сил на оси, выбранные, как показано на рис. 1.57, *b*:

$$\sum F_{kx} = X_O + F_{\text{тр}} - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_O + T\cos 60^\circ - N - G = 0.$$

Решая систему, найдём реакцию шарнира *O*:

$$X_O = 233 \text{ Н};\ Y_O = 390 \text{ Н};\ R_O = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2} = 454{,}3 \text{ Н}.$$

Рассмотрим теперь равновесие тормозного рычага *DE* (см. рис. 1.57, *c*).

На рычаг действуют сила $\vec{N}'$ давления со стороны барабана и сила трения $\vec{F}'_{\text{тр}}$, приложенные в точке касания тормозной колодки с барабаном, равные по величине и противоположные по направлению, соответственно, силам $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$. Кроме того, в точке *D* на рычаг действует сила $\vec{S}'$, под действием которой рычаг прижимается к барабану, и реакция шарнира *E*, разложенная на составляющие $\vec{X}_E$, $\vec{Y}_E$ вдоль осей *x*, *y*. Уравнения равновесия рычага имеют вид:

$$\sum F_{kx} = X_E + F'_{\text{тр}} = 0; \qquad \sum F_{ky} = Y_E + N' - S' = 0;$$

$$\sum M_E(\vec{F}_k) = S' \cdot DE - N' \cdot EK + F'_{\text{тр}} d = 0.$$

Подставляя в систему данные из условия задачи, с учётом найденных значений $F'_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = 200$ Н, $N' = N = 500$ Н, определим усилие $S'$, с которым тормозной рычаг прижимается к барабану, и реакцию шарнира *E*:

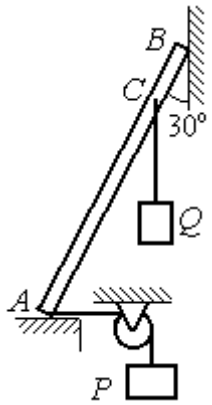
$$S' = 233{,}33 \text{ Н};\ X_E = -200 \text{ Н};\ Y_E = -266{,}67 \text{ Н};\ R_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2} = 333{,}34 \text{ Н}.$$

Силу $\vec{P}$, необходимую для уравновешивания груза *Q*, найдём рассматривая равновесие рычага *AB* (см. рис. 1.57, *d*) . На рычаг действуют сила $\vec{P}$, реакция цепи $\vec{S}$ и реакция шарнира *B*, показанная на рис. 1.57, *d* составляющими $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$.

Составим уравнение равновесия рычага в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно точки *B*: $P \cdot AB - S \cdot CB = 0$. С учётом того, что модули сил $\vec{S}$ и $\vec{S}'$ равны, найдем $P = 23{,}3$ Н.

## Упражнения

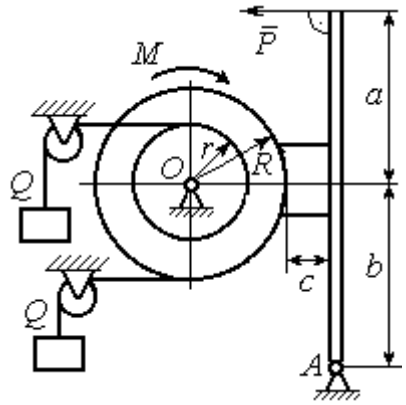
Упражнение 1.13




Невесомый стержень $AB$ опирается в точках $A$ и $B$ на шероховатые поверхности – горизонтальный пол и вертикальную стену. Коэффициент трения между стержнем и полом и между стержнем и стеной $f = 0{,}2$. Угол наклона стержня к вертикальной стене 30°. В точке $C$ к стержню подвешен груз $Q$. Стержень удерживается в равновесии горизонтальной нитью, прикреплённой в точке $A$ и перекинутой через блок. К другому концу нити подвешен груз $P$. В каких границах можно изменять вес груза $P$, не нарушая равновесия стержня?

$AB = 3$ м, $AC = 2$ м, $Q = 200$ Н.

Упражнение 1.14




Шкив $O$ состоит из двух барабанов радиусов $R$ и $r$. На барабаны навиты верёвки, натянутые одинаковыми грузами $Q$. К шкиву приложена пара сил с моментом $M$. Шкив затормаживается с помощью рычажного тормоза. Коэффициент трения между тормозной колодкой и шкивом $f = 0{,}4$. Определить силу $\vec{P}$, приложенную к рычагу тормозной колодки и уравновешивающую шкив. Найти реакцию шарнира $A$.

$a = b = 1$ м; $c = 0{,}1$ м; $Q = 100$ Н; $M = 120$ Н·м;
$R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}2$ м.

Рис. 1.58. Задания для самостоятельного решения. Упражнения № 1.13, 1.14

# 2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

## 2.1. Криволинейное движение точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

**Координатный способ** задания движения точки основан на том, что положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени (рис. 2.1): $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

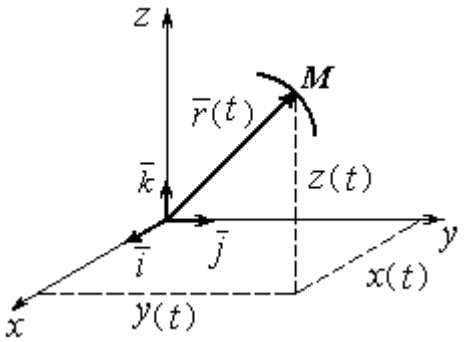


Рис. 2.1. Векторный и координатный способы задания движения точки

**Мгновенная скорость,** или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиус-вектора точки: $\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. **Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.** Величины $V_x$, $V_y$, $V_z$ проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$; $V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$; $V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$.

**Мгновенное ускорение** точки**,** или ускорение 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: $\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$. Величины $a_x$, $a_y$, $a_z$ проекций вектора ускорения на координ-

натные оси определяются равенствами: $a_x = \frac{dV_x}{dt} = \dot{V}_x = \ddot{x}$; $a_y = \frac{dV_y}{dt} = \dot{V}_y = \ddot{y}$; $a_z = \frac{dV_z}{dt} = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

**Естественный способ** задания движения используется, если траектория движения точки заранее известна. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $O\breve{M} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки *O*, принятой за начало отсчета (рис. 2.2). При этом заранее устанавливаются положительное и отрицательное направления отсчета дуговой координаты.

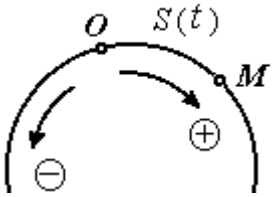


Рис. 2.2. Естественный способ задания движения точки

При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau} = V_\tau \vec{\tau}$, где $S$ – дуговая координата; $\vec{\tau}$ – единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону положительного направления дуговой координаты. Величина $V_\tau = \dot{S}$ называется алгебраической скоростью точки и представляет собой проекцию вектора скорости точки на касательную к траектории.

Вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на составляющие по направлениям естественных осей – касательную (ось $\tau$) и перпендикулярную к ней нормальную (ось *n*):

$$\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n} \text{ или } \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор касательной; $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор нормали траектории; $a_\tau$ – проекция ускорения точки на касательную называется **касательным ускорением**; $a_n$ – проекция вектора ускорения точки на нормаль называется **нормальным ускорением** (рис. 2.3). Касательная составляющая ускорения характеризует изменение величины скорости точки, нормальная – изменение направления вектора скорости.

Если проекции $V_\tau$ и $a_\tau$ имеют одинаковые знаки (направлены в одну сторону), движение будет ускоренным, если разных знаков (разнонаправлены) – замедленным (см. рис. 2.3, *a*, *b*).

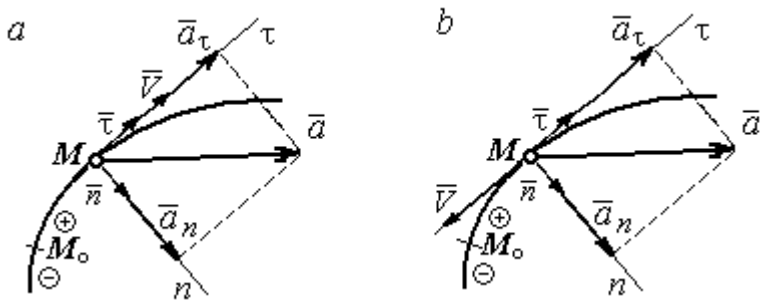



Рис. 2.3. Скорость и ускорение точки. Разложение ускорения на нормальную и касательную составляющие:
*a* – ускоренное движение; *b* – замедленное движение

Проекции ускорения на естественные оси и модуль вектора ускорения вычисляются по формулам:

$$a_\tau = \ddot{S} = \dot{V}_\tau,\ a_n = \frac{V^2}{\rho};$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}\ ,$$

где $\rho$ – радиус кривизны траектории. Иногда при вычислении касательной составляющей ускорения удобнее пользоваться формулой $a_\tau = \dfrac{a_x V_x + a_y V_y}{V_\tau}$.

Вектор нормальной составляющей ускорения $\vec{a}_n$ всегда направлен к центру кривизны траектории. Вектор касательной составляющей ускорения $\vec{a}_\tau$ направлен в сторону положительного направления касательной (по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$), если $\ddot{S} > 0$, и в противоположную сторону – при $\ddot{S} < 0$.

Криволинейное движение точки называется **равномерным**, если проекция вектора скорости на касательную – постоянная величина: $V_\tau = \text{const}$.

Криволинейное движение точки называется **равнопеременным**, если постоянна проекция вектора ускорения на касательную: $a_\tau = \text{const}$.

### Примеры решения задач на криволинейное движение точки

**Задача 20.** Движение точки задано координатным способом уравнениями $x(t) = 2\sin\pi t$, $y(t) = \cos 2\pi t$, где *x*, *y* – в сантиметрах, *t* – в секундах.

Найти траекторию точки, величину и направление скорости и ускорения в моменты времени $t_1$ = 0,25 с, $t_2$ = 0,75 с. Определить участки ускоренного и замедленного движений точки.

*Решение*

Определяем траекторию точки. Из уравнений движения находим $y = \cos 2\pi t = \cos^2 \pi t - \sin^2 \pi t = 1 - 2\sin^2 \pi t = 1 - \frac{x^2}{2}$. Траекторией точки является парабола $y = 1 - \frac{x^2}{2}$ (рис. 2.4). Однако не вся парабола будет траекторией движения, а только та её часть, точки которой согласно уравнениям движения удовлетворяют неравенствам: $-2 \le x \le 2$, $-1 \le y \le 1$.

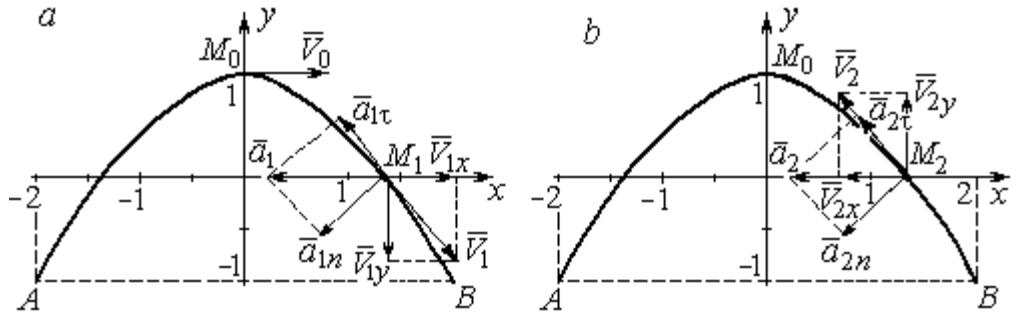



Рис. 2.4. Траектория движения точки:

*a* – замедленное движение точки на участке от $M_0$ к *B*;
*b* – ускоренное движение точки на участке от *B* к $M_0$

Определяем параметры движения точки в момент времени $t_1$ = 0,25 с.

Находим координаты $x_1$, $y_1$ положения точки $M_1$:

$$x_1 = x(0{,}25) = 2\sin\frac{\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см}, \quad y_1 = y(0{,}25) = \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Находим проекции $V_{1x}$, $V_{1y}$ вектора $\vec{V}_1$ скорости точки на оси системы координат:

$$V_x(t) = \dot{x} = 2\pi\cos\pi t; \; V_y(t) = \dot{y} = -2\pi\sin 2\pi t;$$

$$V_{1x} = V_x(0{,}25) = 2\pi\cos\frac{\pi}{4} = \pi\sqrt{2} \text{ см/с}; \quad V_{1y} = V_y(0{,}25) = -2\pi\sin\frac{\pi}{2} = -2\pi \text{ см/с}.$$

Модуль скорости $V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \pi\sqrt{6}$ см/с.

Находим проекции $a_{1x}$, $a_{1y}$ вектора $\vec{a}_1$ ускорения точки на оси системы координат:

$$a_x(t) = \dot{V}_x = -2\pi^2 \sin\pi t;\ a_y(t) = \dot{V}_y = -4\pi^2 \cos 2\pi t;$$

$$a_{1x} = a_x(0{,}25) = -2\pi^2 \sin\frac{\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\ a_{1y} = a_y(0{,}25) = -4\pi^2 \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Модуль вектора ускорения $a_1 = \sqrt{a_{1x}^2 + a_{1y}^2} = \pi^2\sqrt{2}$ см/с.

Положение точки $M_1$ в момент времени $t_1 = 0{,}25$ с, построение векторов скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ по их проекциям показано на рис. 2.4, *а*.

Для того чтобы определить характер движения точки в положении $M_1$ – ускоренное или замедленное, найдём направление касательного ускорения. С этой целью разложим известный уже вектор ускорения $\vec{a}_1$ на нормальную и касательную составляющие согласно равенству $\vec{a}_1 = \vec{a}_{1\tau} + \vec{a}_{1n}$. При этом направление касательной совпадает с направлением вектора скорости $\vec{V}_1$, а направление нормали – перпендикулярно ему. Касательное ускорение $\vec{a}_{1\tau}$ оказалось направленным противоположно вектору скорости $\vec{V}_1$ (см. рис. 2.4, *а*). Следовательно, точка в рассматриваемый момент движется замедленно.

В момент времени $t_2 = 0{,}75$ с положение $M_2$ совпадает с положением $M_1$:

$$x_2 = x(0{,}75) = 2\sin\frac{3\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см};\ y_2 = y(0{,}75) = \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Проекции векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ точки на оси координат:

$$V_{2x} = V_x(0{,}75) = 2\pi\cos\frac{3\pi}{4} = -\pi\sqrt{2} \text{ см/с};\ V_{2y} = V_y(0{,}75) = -2\pi\sin 2\pi\frac{3}{4} = 2\pi \text{ см/с};$$

$$a_{2x} = a_x(0{,}75) = -2\pi^2 \sin\frac{3\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\ a_{2y} = a_y(0{,}75) = -4\pi^2 \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Модули скорости и ускорения точки в момент времени $t_2 = 0{,}75$ с:

$$V_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \pi\sqrt{6} \text{ см/с}; \quad a_2 = |a_{2x}| = \pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2.$$

Положение точки $M_2$ в момент времени $t_2$ = 0,75 с, построение векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ по их проекциям, а также разложение вектора ускорения $\vec{a}_2$ на составляющие $\vec{a}_{2n}$ и $\vec{a}_{2\tau}$ показано на рис. 2.4, *b*. В данном случае вектор касательного ускорения совпадает по направлению с вектором скорости (см. рис. 2.4, *b*), поэтому движение ускоренное.

В целом движение точки по траектории происходит следующим образом. Из начального положения $M_0$ ($t_0$ = 0) точка с замедлением перемещается по правой ветви параболы. Достигнув положения *B* на траектории ($t_B$ = 0,5 с), точка совершает мгновенную остановку и начинает обратное ускоренное движение. Достигнув положения $M_0$ ($t_{M_0}$ = 1 с), точка переходит на левую часть параболы, где движется аналогично.

**Задача 21.** Рудничный поезд выходит на закруглённый участок пути радиуса *R* = 1 км с начальной скоростью 54 км/ч. Считая движение поезда равнопеременным, определить его скорость и ускорение в конце 10-й секунды движения по закруглённому участку, если за это время поезд прошёл путь 500 м.

*Решение*

Примем за начало отсчёта расстояния точку $M_0$, где поезд выходит на закруглённый участок пути (рис. 2.5). Предположим, движение поезда равноускоренное и происходит в сторону возрастания дуговой координаты *S*. В этом случае вектор скорости и вектор касательного ускорения направлены в положительную сторону касательной.

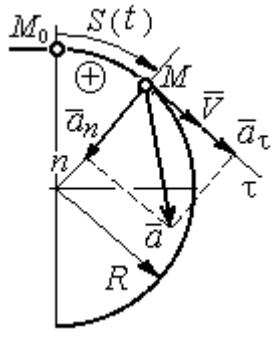


Рис. 2.5. Скорость и ускорение поезда

При равнопеременном движении проекция вектора ускорения на касательную постоянна: $a_\tau$ = const. Так как $a_\tau = \dfrac{dV_\tau}{dt}$, то $V_\tau = a_\tau t + C_1$, где $V_\tau$ – проекция вектора скорости на касательную

ось. Далее, поскольку $V_\tau = \frac{dS}{dt}$, имеем $S = \frac{a_\tau t^2}{2} + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования $C_1$ и $C_2$ находятся из начальных условий: при $t = 0$ $S = 0$ и $V_\tau = V_0 =$ = 54 км/ч = 15 м/с. Подставив эти условия в уравнения движения, найдём константы интегрирования: $C_1$ = 15 м/с; $C_2$ = 0.

В результате получена система уравнений:

$$V_\tau = a_\tau t + 15; \quad S = \frac{a_\tau t^2}{2} + 15t .$$

По условию задачи через 10 с от начала движения по закруглённому участку поезд прошёл по дуге путь $S$ = 500 м. Подставляя это условие во второе уравнение, получим $a_\tau$ = 7 м/с$^2$. Скорость поезда в конце пройденного пути с учётом известной величины касательного ускорения найдём из первого уравнения $V_\tau$ = 85 м/с. Следует заметить, что при указанном движении поезда проекция вектора скорости на касательную ось положительна и равна его модулю: $V_\tau = V$.

Нормальное ускорение поезда при движении по дуге окружности радиуса $R$ = 1000 м в момент времени $t$ = 10 с равно $a_n = \frac{V_\tau^2}{R}$ = 7,23 м/с$^2$. Величина (модуль) полного ускорения поезда $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ = 10,06 м/с$^2$. Разложение вектора ускорения поезда на нормальную и касательную составляющие показано на рис. 2.5.

**Задача 22.** Вагонетка движется равнопеременно по дуге окружности радиуса $R$ = 80 м. За время движения скорость вагонетки изменилась от начальной $V_0$ = 18 км/ч до конечной $V_1$ = 9 км/ч.

Определить характер движения – ускоренное или замедленное. Найти ускорение вагонетки в начале и в конце участка движения, если за это время она прошла путь $S$ = 60 м.

*Решение*

Выберем некоторую точку на траектории в качестве начальной, а направление положительного отсчёта расстояний – в сторону движения вагонетки.

Уравнения равнопеременного движения точки при начальных условиях: $t = 0$; $S = 0$ и $V_\tau = V_0 = 5$ м/с имеют вид:

$$V_\tau = 5 + a_\tau t\,; \quad S = 5t + \frac{a_\tau t^2}{2}.$$

Подставим в уравнения параметры движения в момент времени $t = t_1$, когда скорость вагонетки стала $V_{1\tau} = 2{,}5$ м/с, а пройденный ею путь составил 60 м. Получим систему:

$$-2{,}5 = a_\tau t_1\,; \quad 60 = 5t_1 + \frac{a_\tau t_1^2}{2},$$

откуда найдём касательное ускорение: $a_\tau = -0{,}16$ м/с$^2$.

Отрицательная величина означает, что вектор касательного ускорения направлен в сторону, противоположную направлению вектора скорости, и движение равнозамедленное.

Нормальное ускорение вагонетки в начале движения $a_{n0} = \frac{V_0^2}{R} = 0{,}31$ м/с$^2$.

Полное ускорение $a_0 = \sqrt{a_{n0}^2 + a_\tau^2} = 0{,}35$ м/с$^2$. В конце движения нормальное ускорение $a_{n1} = \frac{V_1^2}{R} = 0{,}08$ м/с$^2$. Полное ускорение $a_1 = \sqrt{a_{n1}^2 + a_\tau^2} = 0{,}18$ м/с$^2$.

## 2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела вокруг неподвижной оси

Движение твёрдого тела называется **поступательным**, если любой прямолинейный отрезок, связанный с телом, остаётся в процессе движения параллельным самому себе. При **поступательном** движении твёрдого тела все его

точки движутся по одинаковым траекториям, имеют равные скорости и ускорения.

**Вращением** твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором две точки тела остаются неподвижными в течение всего времени движения. Прямая, проходящая через неподвижные точки, называется **осью вращения** тела.

Положение вращающегося тела определяется углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ относительно какой-либо системы отсчёта, например, относительно неподвижной плоскости, проходящей через ось вращения.

**Вектор угловой скорости** вращения тела $\vec{\omega}$ лежит на оси вращения и направлен в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки. **Алгебраическим значением угловой скорости** вращения тела называют проекцию вектора угловой скорости на ось вращения (ось $z$) $\omega_z = \dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ тело вращается в сторону положительного направления отсчёта угла $\varphi$, при $\dot{\varphi} < 0$ – в обратную сторону. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Модуль алгебраического значения угловой скорости вращения тела называется угловой скоростью $\omega = |\omega_z| = |\dot{\varphi}|$.

Алгебраическим значением **углового ускорения** вращающегося тела называют проекцию вектора углового ускорения на ось вращения (ось $z$) $\varepsilon_z = \dot{\omega}_z = \ddot{\varphi}$. Модуль алгебраического значения углового ускорения вращения тела называется угловым ускорением: $\varepsilon = |\varepsilon_z| = |\dot{\omega}_z| = |\ddot{\varphi}|$.

Вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения. Если $\varepsilon_z \omega_z > 0$ (вектора угловой скорости и углового ускорения сонаправлены), движение ускоренное, если $\varepsilon_z \omega_z < 0$ (векторы угловой скорости и углового ускорения противоположны по направлению), – замедленное.

При равномерном вращении угловая скорость тела (алгебраическое значение) – постоянная величина: $\omega_z$ = const. Угол поворота тела изменяется по линейному закону $\varphi = \varphi_0 + \omega_z t$, где $\varphi_0$ – начальный угол поворота тела.

При равнопеременном вращении постоянной величиной является алгебраическое значение углового ускорения: $\varepsilon_z$ = const. В этом случае справедливы уравнения движения: $\omega_z = \omega_{z0} + \varepsilon_z t$; $\varphi = \varphi_0 + \omega_{z0} t + \dfrac{\varepsilon_z t^2}{2}$.

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. Модуль скорости точки рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где $\omega$ – угловая скорость тела; $h$ – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону вращения тела.

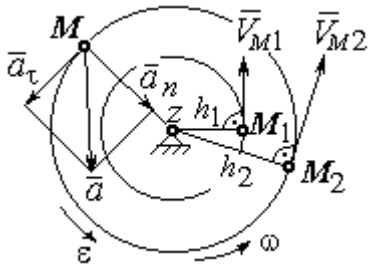


Рис. 2.6. Скорость и ускорение точек вращающегося тела

При вращении тела отношение скоростей двух точек тела равно отношению расстояний от этих точек до оси вращения: $\dfrac{V_{M_1}}{V_{M_2}} = \dfrac{h_1}{h_2}$ (рис. 2.6).

**Ускорение точки вращающегося твердого тела** рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений (см. рис. 2.6): $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где модули векторов $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$; $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$; $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела, $\varepsilon = |\varepsilon_z|$; $h$ – расстояние от точки до оси вращения. **Вектор касательного ускорения точки** $\vec{a}_\tau$ направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону движения точки, если вращение тела ускоренное, и в противоположную сторо-

ну, если движение тела замедленное. **Вектор нормального ускорения точки** $\vec{a}_n$ направлен вдоль радиуса описываемой точкой окружности к её центру.

При **передаче вращения** одного тела другому без проскальзывания соотношения между угловыми скоростями и угловыми ускорениями выражаются из равенства скоростей и касательных ускорений в точке контакта: $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$; $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{r_2}{r_1}$ (рис. 2.7).

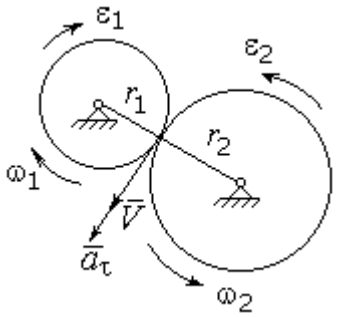


Рис. 2.7. Передача вращения одного тела другому

## Примеры решения задач на вращательное движение тел

**Задача 23.** Вал, начиная вращаться равноускоренно из состояния покоя, за первые 2 мин. сделал 3600 оборотов. Определить угловую скорость вала в конце 2-й минуты и угловое ускорение вала.

*Решение*

Допустим, вращение вала вокруг оси *z* происходит в сторону положительного направления отсчёта угла. Тогда алгебраические значения угловой скорости и углового ускорения равны модулям соответствующих векторов $\omega_z = \omega$; $\varepsilon_z = \varepsilon$.

Воспользуемся уравнениями равнопеременного вращения вала с нулевыми начальными условиями (начальный угол поворота $\varphi_0 = 0$ и начальная угловая скорость вала $\omega_0 = 0$). Имеем $\omega = \varepsilon t$; $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Подставим в уравнения параметры движения вала в момент времени $t = t_1 = 2$ мин = 120 с; $\varphi_1 = 3600$ об $= 7200\pi$ рад. Получим систему:

$$\omega_1 = \varepsilon \cdot 120, \quad 7200\pi = \frac{\varepsilon \cdot 120^2}{2}, \text{ откуда } \varepsilon = \pi \text{ с}^{-2}; \quad \omega_1 = 120\pi \text{ с}^{-1}.$$

**Задача 24.** В механизме стрелочного индикатора (рис. 2.8) движение от рейки мерительного штифта 1 передаётся шестерне 2, скреплённой на одной оси с зубчатым колесом 3. Колесо 3 сцепляется, в свою очередь, с шестернёй 4, несущей стрелку-индикатор. Определить угловую скорость стрелки, если движение штифта задаётся уравнением $x = 4\sin\pi t$ и радиусы зубчатых колёс: $r_2 = 6$ см, $r_3 = 10$ см, $r_4 = 4$ см.

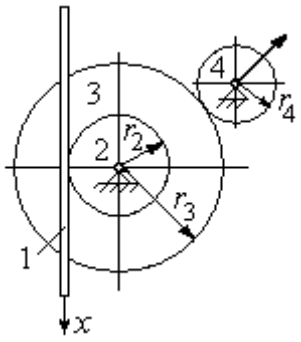


Рис. 2.8. Механизм стрелочного индикатора

*Решение*

Мерительный штифт движется поступательно вдоль оси $x$ (см. рис. 2.8). Проекция скорости любой точки штифта на ось $x$ $V_{1x} = \dot{x} = 4\pi\cos\pi t$ см/с. Такую же скорость имеет и точка касания штифта с шестернёй 2.

Полагая, что точка касания штифта с шестернёй 2 принадлежит и шестерне, найдём алгебраическое значение угловой скорости шестерни 2: $\omega_{2z} = \dfrac{V_{1x}}{r_2} = \dfrac{4\pi\cos\pi t}{6} = \dfrac{2\pi}{3}\cos\pi t$ рад/с. Зубчатое колесо 3 скреплено с шестернёй 2 на одной оси и имеет ту же угловую скорость $\omega_{3z} = \omega_{2z}$. Вращение колеса 3 через точку зацепления передаётся шестерне 4. Выразим соотношение между алгебраическими значениями угловых скоростей при передаче вращения одного тела другому: $\dfrac{\omega_{3z}}{\omega_{4z}} = \dfrac{r_4}{r_3}$. Отсюда получим: $\omega_{4z} = \dfrac{V_{1x} r_3}{r_2 r_4} = \dfrac{5\pi}{3}\cos\pi t$ с$^{-1}$. Угловая скорость стрелки равна угловой скорости шестерни 4.

**Задача 25.** Ведущее колесо 1 подъёмного устройства (рис. 2.9) передаёт движение шестерне 2. На одной оси с шестернёй 2 расположен шкив 3, жёстко скреплённый с шестернёй. Шкив 3 соединяется со шкивом 4 бесконечным

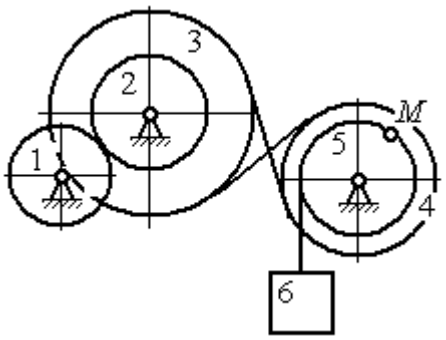


Рис. 2.9. Схема механизма подъёмного устройства

перекрёстным ремнём. Барабан 5 скреплён со шкивом 4 и находится с ним на одной оси. На барабан намотана нить, удерживающая груз 6. По заданному уравнению движения колеса 1 определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки $M$ на ободе барабана 5 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение груза 6. Скольжение между звеньями механизма отсутствует.

Значения радиусов колёса, шкивов и барабана механизма: $r_1 = 20$ см, $r_2 = 10$ см, $r_3 = 40$ см, $r_4 = 16$ см, $r_5 = 8$ см. Уравнение вращения колеса 1: $\varphi_1 = 2t^2 - 5t$ рад.

*Решение*

Ведущим звеном в механизме является колесо 1. Выберем положительное направление отсчёта угла поворота колеса 1 в сторону, противоположную направлению вращения часовой стрелки. На рис. 2.10 это направление показано дуговой стрелкой $\varphi_1$.

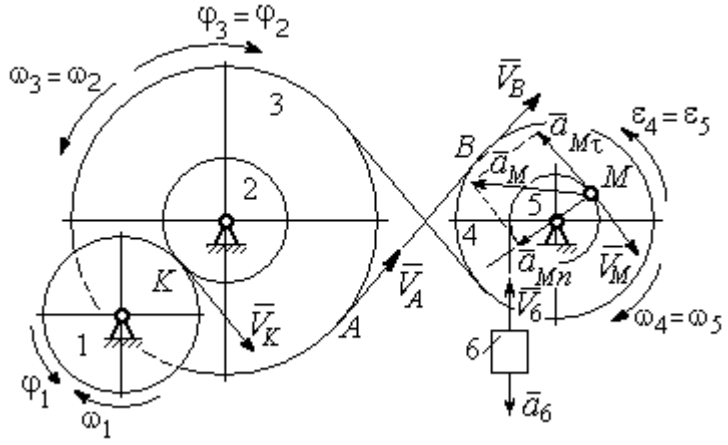


Рис. 2.10. Расчётная схема механизма

Продифференцировав по времени уравнение движения колеса 1, получим алгебраическое значение его угловой скорости: $\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 4t - 5$ рад/с. В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение угловой скорости колеса 1 отрицательно: $\dot{\varphi}_1(1) = -1$ рад/с. Это означает, что в данный момент времени колесо 1 вращается в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла $\varphi_1$. Угловая скорость колеса 1 равна модулю: $\omega_1 = |\omega_{1z}| = 1$ рад/с. Направление угловой скорости $\omega_1$ колеса 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано дуговой стрелкой $\omega_1$.

Вращение колеса 1 передаётся шестерне 2 через точку контакта *K*. Из соотношения $\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{r_2}{r_1}$ найдём угловую скорость шестерни 2: $\omega_2=\frac{\omega_1 r_1}{r_2}$. Шкив 3, закреплённый на одной оси с шестернёй 2 имеет такую же угловую скорость, $\omega_3=\omega_2$. Направление угловых скоростей шестерни 2 и шкива 3 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой $\omega_2$.

Передача движения шкива 3 шкиву 4 производится с помощью ремённой передачи. На участке от точки *A*, где ремень сходит со шкива 3, и до точки *B*, где ремень набегает на шкив 4, ремень движется поступательно, поэтому скорости точек *A* и *B* равны: $V_A=V_B$. Выразив скорости точек через угловые скорости тел, имеем равенство $\omega_3 r_3=\omega_4 r_4$, откуда с учётом, что $\omega_3=\omega_2$, найдём угловую скорость шкива 4: $\omega_4=\frac{\omega_3 r_3}{r_4}=\frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}$. Угловая скорость барабана 5 равна угловой скорости шкива 4, $\omega_5=\omega_4$. Направление угловых скоростей шкива 4 и барабана 5 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой $\omega_4$.

Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M=\omega_5 r_5$. В момент времени $t_1=1$ с $\omega_5=\frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}=5$ рад/с и $V_M=20$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к ободу барабана в точке *M* и направлен в сторону вращения барабана 5 (см. рис. 2.10).

Нить, несущая груз 6, сматываясь с обода барабана, имеет скорость, равную скорости точек обода барабана, и, следовательно, равна скорости точки *M*: $V_6=V_M$. Направление скорости груза 6 определяется направлением вращения барабана 5. При $t_1=1$с груз поднимается со скоростью $V_6=20$ см/с.

Определим ускорение точки *M*. Вектор ускорения точки *M* равен сумме векторов: $\vec{a}_M=\vec{a}_M^{\tau}+\vec{a}_M^{n}$, где $\vec{a}_M^{\tau}$, $\vec{a}_M^{n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения.

Найдём алгебраическое значение угловой скорости барабана 5: $\omega_{5z} = \dfrac{\omega_{1z} r_1 r_3}{r_2 r_4} = 20t - 25$ рад/с. Алгебраическое значение углового ускорения барабана 5 $\varepsilon_{5z}$ равно производной $\varepsilon_{5z} = \dot{\omega}_{5z} = 20$ рад/с$^2$. Так как в момент времени $t_1 = 1$ с знаки алгебраических значений угловой скорости барабана и его углового ускорения разные ($\omega_{5z} = -5$ рад/с $\vec{a}_M = \vec{a}_M^{\tau} + \vec{a}_M^{n}$ $\varepsilon_{5z} = +20$ рад/с$^2$), угловое ускорение (по величине равное модулю $\varepsilon_5 = |\varepsilon_{5z}|$) направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис. 2.10 направление углового ускорения барабана 5 показано дуговой стрелкой $\varepsilon_5$.

Касательное ускорение точки: $a_{M\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с$^2$. Вектор $\vec{a}_{M\tau}$ касательного ускорения точки $M$ направлен по касательной к траектории в точке $M$ в сторону углового ускорения $\varepsilon_5$ (см. рис. 2.10).

Нормальное ускорение точки $M$ рассчитывается как $a_M^n = \omega_5^2 r_5$, где угловая скорость барабана $\omega_5 = |\omega_{5z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_5 = 5$ рад/с и величина нормального ускорения: $\vec{a}_M^{\,n} = 100$ см/с$^2$. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^{\,n}$ направлен по радиусу к центру барабана 5.

Модуль полного ускорения точки $M$ в заданный момент времени: $a_M = \sqrt{(a_M^{\tau})^2 + (a_M^n)^2} = 128{,}06$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^{\,n}$ и $\vec{a}_M^{\tau}$ (см. рис. 2.10).

Ускорение $a_6$ груза 6 находится из условия, что груз движется прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. В результате, ускорение груза 6 $a_6 = a_6^{\tau} = \dot{V}_6 = \dot{V}_M = a_M^{\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с$^2$. Направление вектора ускорения груза 6 определяется направлением углового ускорения барабана 5. На рис. 2.10 направление ускорения груза 6 показано вектором $\vec{a}_6$.

**Задача 26.** По заданному уравнению поступательного движения звена 1 механизма (рис. 2.11, *a*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки *M* диска 3 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение звена 4. Скольжение между звеньями механизма отсутствует. 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, $x_1 = \cos\pi t + \sin\pi t$ см.

*Решение*

Звено 1 движется поступательно вдоль оси *x*. Положительное направление движения задаётся направлением оси *x* (рис. 2.11, *a*). Продифференцировав по времени уравнение движения звена 1, получим его алгебраическое значение скорости: $V_{1x}(t) = \dot{x}_1 = -\pi\sin\pi t + \pi\cos\pi t$ .

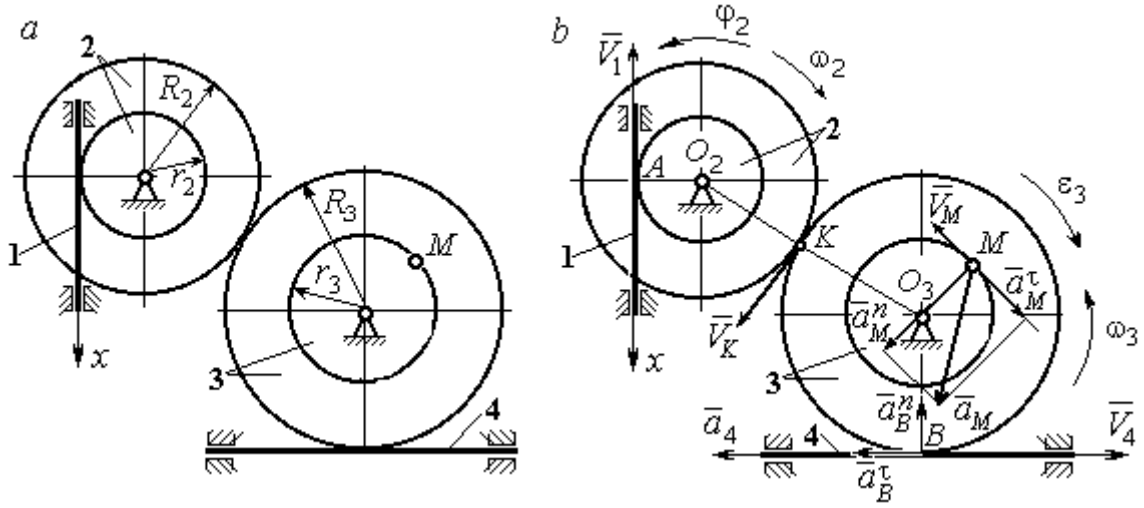



Рис. 2.11. Кинематика поступательного и вращательного движений твердого тела:
*a* – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей
и ускорений точек механизма

В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение скорости звена 1 отрицательное: $V_{1x}(1) = -\pi$ см/с. Это показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной $V_1(1) = |\dot{x}_1| = \pi$ см/с. На рис. 2.11, *b* показано направление вектора скорости $\vec{V}_1$.

Точка $A$ соприкосновения звена 1 с диском 2 имеет ту же скорость, что и звено 1. Угловая скорость диска 2 определяется из равенства $\omega_2 = \frac{V_1}{r_2}$ рад/с. Направление угловой скорости вращения диска 2 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой $\omega_2$.

Передача вращения диска 2 диску 3 происходит в точке *K*. Из соотношения $\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_3}$ находим угловую скорость диска 3: $\omega_3 = \frac{V_1 R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}$. Направление угловой скорости диска 3 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой $\omega_3$.

Модуль скорости точки $M$ $V_M = \omega_3 r_3 = 2\pi$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к траектории движения точки *M* в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.11, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Величина и направление скорости звена 4 совпадают с величиной и направлением скорости точки *B* касания звена 4 с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_4 = 4\pi$ см/с. Направление вектора скорости $\vec{V}_4$ определяется направлением вращения диска 3.

Определим ускорение точки *M*. Найдём алгебраическое значение $\omega_{3z}$ угловой скорости диска 3: $\omega_{3z} = \frac{V_{1x} R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}(-\sin\pi t + \cos\pi t)$. Алгебраическое значение $\varepsilon_{3z}$ углового ускорения диска 3: $\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{\pi^2}{2}(\cos\pi t + \sin\pi t)$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon_{3z} = \frac{\pi^2}{2}$. Разные знаки алгебраических значений угловой скорости и углового ускорения диска 3 ($\omega_{3z} = -\frac{\pi}{2}; \varepsilon_{3z} = +\frac{\pi^2}{2}$) показывают, что угловое ускорение направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис 2.11, *b* направление углового ускорения диска 3 показано дуговой стрелкой $\varepsilon_3$.

Касательное ускорение точки $M$ рассчитывается по формуле $a_M^{\tau} = \varepsilon_3 r_3$, где угловое ускорение $\varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $a_M^{\tau} = 2\pi^2$ см/с$^2$. Вектор касательного ускорения точки $M$ $\vec{a}_M^{\tau}$ направлен по касательной к траектории точки $M$ в сторону углового ускорения $\varepsilon_3$ (см. рис. 2.11, *b*).

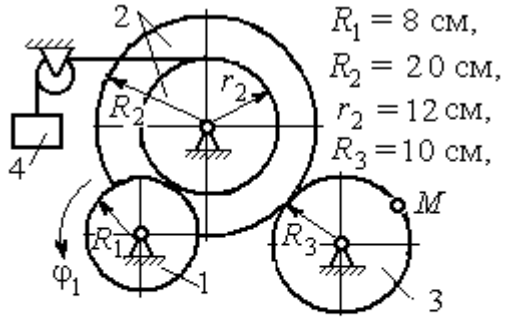
Нормальное ускорение точки $M$ рассчитывается как $a_M^n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения $a_M^n = \pi^2$ см/с$^2$. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^n$ направлен по радиусу к центру диска 3.

Модуль полного ускорения точки $M$: $a_M = \sqrt{(a_M^n)^2 + (a_M^{\tau})^2} = \pi^2\sqrt{5}$ см/с$^2$. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^n$ и $\vec{a}_M^{\tau}$.

Звено 4 движется поступательно и прямолинейно. Ускорение звена 4 равно проекции ускорения точки $B$ (касания диска 3 со звеном 4) на линию движения звена 4: $a_4 = a_B^{\tau} = \varepsilon_3 R_3 = 4\pi^2$ см/с$^2$. Направление ускорения звена 4 совпадает с касательным ускорением точки $B$.

## Упражнения

Упражнение 2.1

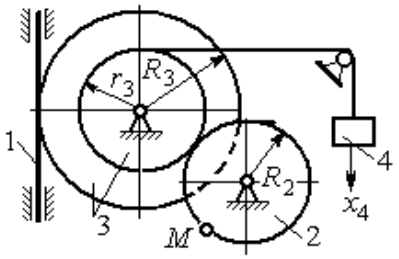



$R_1 = 8$ см,
$R_2 = 20$ см,
$r_2 = 12$ см,
$R_3 = 10$ см,

$\varphi_1 = 3t + 2\sin\frac{\pi t}{2}$ рад,

Найти скорость и ускорение точки $M$ и груза 4 в момент $t = 1$ с

Упражнение 2.2




$R_2 = 0{,}2$ м, $R_3 = 0{,}4$ м, $r_3 = 0{,}3$ м,

$x_4 = t - 1 - \sin\frac{\pi t}{3} + \cos\frac{\pi t}{3}$ м.

Найти скорость и ускорение точки $M$ и звена 1 в момент $t = t_1 = 3$ с.

Рис. 2.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.1, 2.2

## 2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

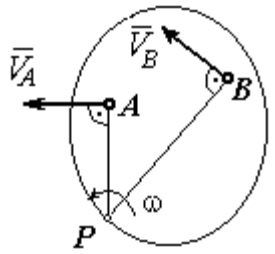
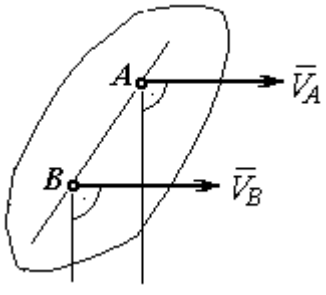
**Плоскопараллельным,** или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной (основной) плоскости.

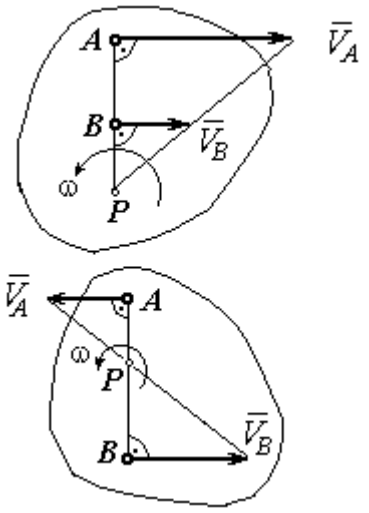
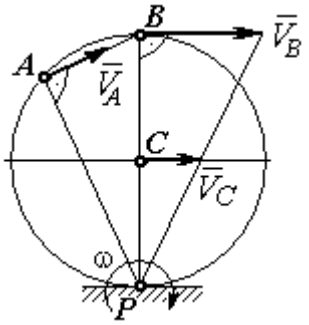
Для скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ двух точек $A$ и $M$ тела, совершающего плоское движение, справедливо утверждение: **проекции скоростей двух точек твердого тела на ось, проходящую через эти точки, равны друг другу:** $V_A\cos\alpha = V_M\cos\beta$, где $\alpha$, $\beta$ – углы между векторами скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ и осью, проходящей через точки $A$ и $M$.

**Мгновенным центром скоростей** (МЦС) называется точка $P$ плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. При известном положении МЦС скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы движение фигуры было мгновенно вращательным вокруг мгновенного центра скоростей с угловой скоростью, равной угловой скорости плоской фигуры. Способы построения мгновенного центра скоростей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**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 $P$ находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей. |  |
| 2. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, но точки $A$ и $B$ не лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то, как видно из рисунка, мгновенный центр $P$ бесконечно удалён. В этом случае угловая скорость $\omega = 0$ и тело в данный момент движется поступательно (движение является мгновенным поступательным). При таком движении скорость любой точки тела равна $\vec{V}_A$. |  |

| | |
|---|---|
| 3. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, а точки $A$ и $B$ лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то мгновенный центр скоростей $P$ находится как пересечение прямой, соединяющей точки $A$ и $B$ и линии, проходящей через концы векторов, изображающих скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$. |  |
| 4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей $P$ расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью. |  |

## Примеры решения задач на плоскопараллельное движение тела

**Задача 27.** Приводной механизм насоса находится в положении, показанном на рис. 2.13. Кривошип $O_1C$ вращается с постоянной угловой скоростью $\omega_{O_1C} = 2$ рад/с вокруг оси, проходящей через точку $O_1$ перпендикулярно плоскости чертежа. Определить скорость поршня $D$ и угловые скорости шатуна $BC$, коромысла $AB$ и штока $AD$, если $O_1C$ = 20 см, $OB = 2 \cdot OA$ = 40 см, $AD$ = 60 см.

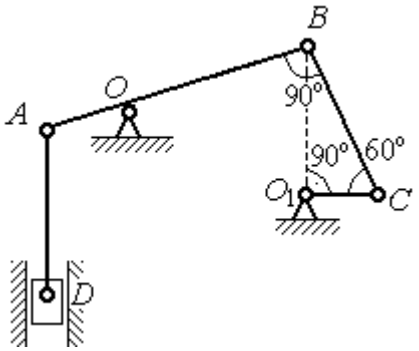



Рис. 2.13. Приводной механизм насоса

*Решение*

Предположим для определённости, что кривошип $O_1C$ вращается в направлении по ходу часовой стрелки. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки $C$ направлен

перпендикулярно кривошипу $O_1C$, в сторону его вращения (рис. 2.14). Модуль скорости $V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 40$ см/с.

Коромысло $AB$ качается (вращается) вокруг оси, проходящей через точку $O$, параллельно оси вращения кривошипа. Скорость точки $B$ направлена перпендикулярно коромыслу $AB$ вдоль шатуна $BC$ (рис. 2.14).

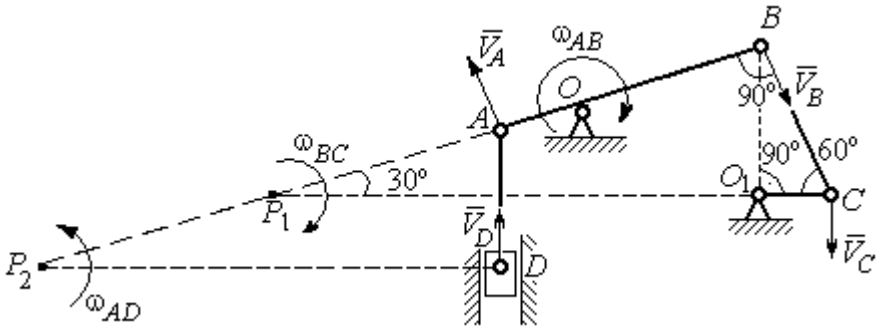



Рис. 2.14. Расчётная кинематическая схема механизма привода насоса

Шатун $BC$ совершает плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей шатуна $P_1$ расположен в точке пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек $C$ и $B$ шатуна. Находим $P_1C = 4O_1C = 80$ см. Угловая скорость вращения шатуна $BC$ $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_1} = 0{,}5$ рад/с. Направление угловой скорости вращения шатуна $BC$ определяется направлением вращения кривошипа $O_1C$ и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой $\omega_{BC}$.

Скорость $V_B$ найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем вектора скоростей $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек $C$ и $B$ на линию $BC$. Получим $V_B \cos 0^\circ = V_C \cos 30^\circ$. Отсюда $V_B = 20\sqrt{3}$ см/с.

Угловая скорость коромысла $AB$ $\omega_{AB} = \dfrac{V_B}{OB} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости коромысла определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой $\omega_{AB}$.

Скорость точки $A$ коромысла равна половине скорости точки $B$: $V_A = \frac{1}{2}V_B = 10\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно коромыслу $AB$ в сторону его вращения.

Точка $P_2$ пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$ является мгновенным центром скоростей штока $AD$. Тогда угловая скорость штока $\omega_{AD} = \frac{V_A}{AP_2} = \frac{\sqrt{3}}{12}$ рад/с. Направление угловой скорости штока определяется по направлению скорости точки $A$ и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой $\omega_{AD}$.

Скорость поршня $V_D = \omega_{AD} \cdot P_2D = 15$ см/с.

**Задача 28.** Механизм качалки (рис. 2.15) состоит из кривошипа $OA$, вращающегося вокруг оси $O$ и несущего в точке $A$ ось подвижной шестерни 2, которая катится по неподвижной шестерне 1. Вращение кривошипа происходит с угловой скоростью $\omega_{OA} = 2$ рад/с. Радиусы шестерён $r_1 = r_2 = 6$ см. К ободу шестерни 2 в точке $B$ шарнирно прикреплён шатун $BC$ длиной $BC = 8$ см, который в точке $C$ передаёт движение коромыслу $CO_1$ длиной $CO_1 = 16$ см.

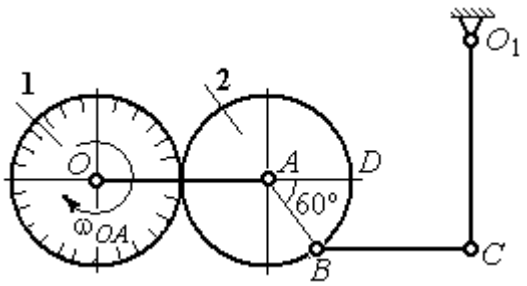


Рис. 2.15. Схема механизма качалки

Определить угловые скорости шестерни 2, шатуна $BC$, коромысла $CO_1$, а также скорости точек $A$, $B$, $C$, $D$ в момент, когда кривошип $OA$ и шатун $BC$ горизонтальны и угол $\angle DAB = 60^\circ$.

*Решение*

Найдём скорость точки $A$ кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 24$ см/с. Вектор скорости точки $\vec{V}_A$ расположен перпендикулярно кривошипу $OA$ и направлен в сторону вращения кривошипа (рис. 2.16).

Мгновенный центр скоростей $P_2$ шестерни 2 находится в точке касания с неподвижной поверхностью шестерни 1. Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = 4$ рад/с. Направление угловой скорости шестерни 2 определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_A$ и на рис. 2.16 показано дуговой стрелкой $\omega_2$.

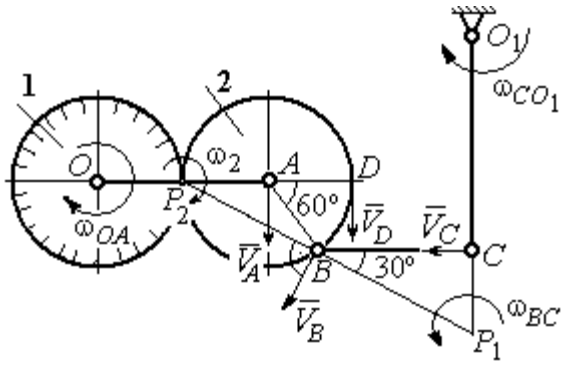


Рис.2.16. Расчётная кинематическая схема механизма качалки

Найдём расстояние $P_2B$ из равнобедренного треугольника $P_2AB$ по теореме косинусов: $P_2B = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r^2\cos 120^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Скорость точки $B$ $V_B = \omega_2 \cdot P_2B = 24\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_2B$ и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Скорость точки $D$: $V_D = \omega_2 \cdot P_2D = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен линии $P_2D$ и направлен в ту же сторону (см. рис. 2.16).

Скорость точки $C$ перпендикулярна линии $CO_1$. Восстанавливая перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$, получим точку пересечения $P_1$, которая будет мгновенным центром скоростей шатуна $BC$. Расстояние $P_1B = \dfrac{BC}{\cos 30^\circ} = \dfrac{16}{\sqrt{3}}$ см.

Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = \dfrac{9}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по направлению скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой $\omega_{BC}$.

Скорость точки $C$: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_1C = \dfrac{36}{\sqrt{3}}$ см/с. Направление вектора скорости определяется направлением вращения шатуна $BC$.

Угловая скорость коромысла $CO_1$: $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = \dfrac{9}{4\sqrt{3}}$ рад/с.

**Задача 29.** В планетарном механизме (рис. 2.17) кривошип $OA$ длиной $OA$ = 25 см вращается вокруг неподвижной оси $O$, перпендикулярной плоскости рисунка, с угловой скоростью $\omega_{OA}$ = 3,6 рад/с. На конец $A$ кривошипа насажена шестерёнка 2, находящаяся во внутреннем зацеплении с колесом 1 радиуса $r_1$ = 45 см, соосным с кривошипом $OA$ и вращающимся с угловой скоростью $\omega_1$ = 1 рад/с. Шатун $BC$, шарнирно соединённый с шестерёнкой 2 на её ободе в точке $B$, приводит в движение кривошип $CO_1$. Определить угловые скорости шестерёнки 2, шатуна $BC$ и кривошипа $CO_1$, скорости точек $A$, $B$, $C$ в положении, показанном на рис.2.17, если длина шатуна $BC$ = 100 см, длина кривошипа $CO_1$ = 50 см.

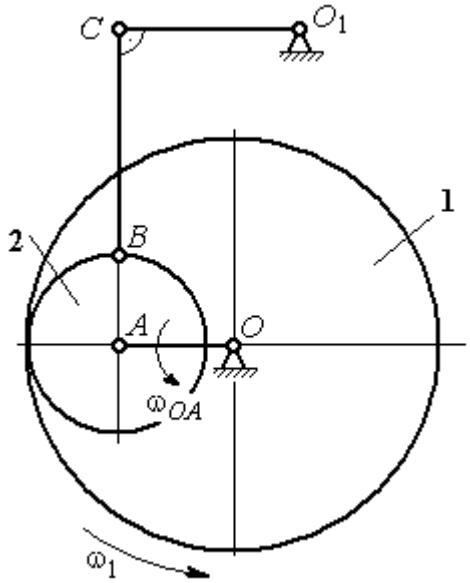


Рис. 2.17. Планетарный механизм

*Решение*

Найдём скорости точек $A$ и $D$

$$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 90 \text{ см/с}; \quad V_D = \omega_1 \cdot r_1 = 45 \text{ см/с}.$$

Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону его вращения. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен радиусу $OD$ колеса 1 и направлен в сторону вращения колеса (рис. 2.18).

Мгновенный центр скоростей $P_2$ шестерни 2 находится на пересечении прямой, соединяющей точки $A$ и $D$, и линии, проходящей через концы векторов $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$, изображающих скорости точек $A$ и $D$ Расстояние $P_2D$ от центра скоростей до точки $D$ находится из пропорции $\frac{V_A}{V_D} = \frac{AP_2}{DP_2} = \frac{DP_2 + 20}{DP_2}$, откуда $P_2D$ = 20 см.

Угловая скорость шестерёнки 2 $\omega_2 = \dfrac{V_D}{P_2 D} = 2{,}25$ рад/с. Направление угловой скорости $\omega_2$ показано на рис. 2.18 дуговой стрелкой $\omega_2$.

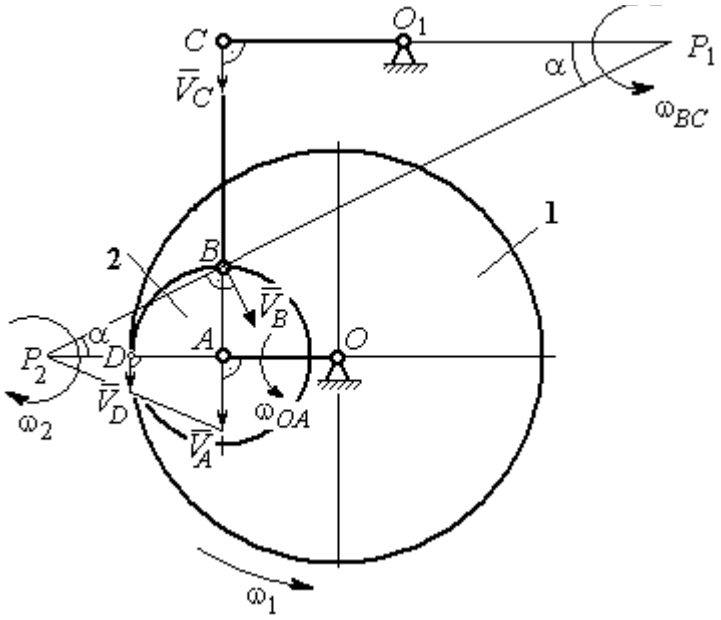


Рис. 2.18. Расчётная кинематическая схема планетарного механизма

Скорость точки *B,* которая находится на ободе шестеренки, $V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = = 45\sqrt{5}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_2B$ и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Направим вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярно кривошипу $CO_1$ и восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$. Точка $P_1$ пересечения перпендикуляров является мгновенным центром скоростей шатуна *BC*. Расстояние $P_1B$ найдём из треугольника $P_1BC$: $P_1B = \dfrac{BC}{\sin\alpha}$, где $\sin\alpha = \dfrac{AB}{P_2B} = \dfrac{1}{\sqrt{5}}$. Тогда $P_1B = 100\sqrt{5}$ см. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = 0{,}45$ рад/с. Скорость точки *C* шатуна *BC* найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем скорости $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек *C* и *B* на линию, проходящую через эти точки Имеем: $V_C \cos 0^\circ = V_B \cos\alpha$, откуда $V_C = 90$ см/с.

Угловая скорость кривошипа $CO_1$ $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = 1{,}8$ рад/с.

**Задача 30.** В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип $OA$ вращается вокруг оси $O$ с угловой скоростью $\omega_{OA}$. На конец $A$ кривошипа насажена шестерня 2, находящаяся во внешнем зацеплении с неподвижным колесом 1. Радиусы колеса и шестерни $r_1$ и $r_2$. Шестерня 2 соединяется с колесом 3 шатуном $BC$, закреплённым на шестерне в точке $B$ и на колесе в точке $C$. Колесо 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Все соединения шарнирные. Качение шестерни 2 по неподвижному колесу 1 без проскальзывания. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить скорости точек $A$, $B$, $C$ и угловые скорости шатуна $BC$, шестерни 2 и колеса 3, если $\omega_{OA}$= 4 рад/с; $r_1$= 4 см; $r_2 = r_3$= 8 см.

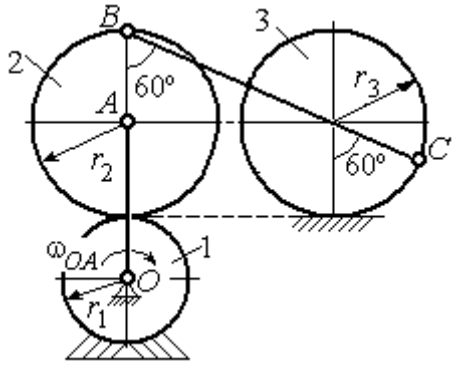


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

*Решение*

Рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$. Скорость точки $A$ кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$= 48 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону его вращения (рис. 2.20).

При качении шестерни 2 по неподвижной поверхности колеса 1 точка их соприкосновения $P_2$ является мгновенным центром скоростей шестерни.

Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2}$= 6 рад/с.

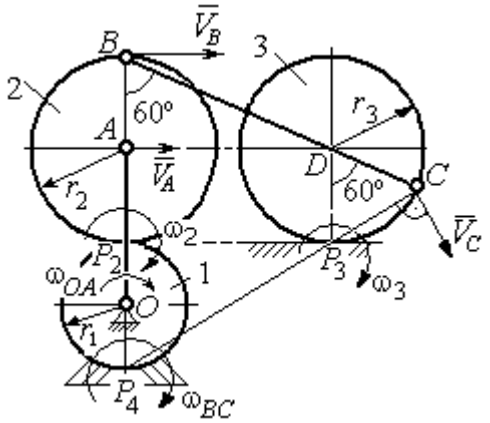


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Скорость точки $B$ шестерни 2 $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 96 см/с.

Точка $P_3$ касания колеса 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки $C$ колеса 3 перпендикулярен линии $P_3C$ и направлен в сторону качения колеса (см. рис. 2.20).

Мгновенный центр скоростей шатуна $BC$ – точка $P_4$ находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям точек $B$ и $C$. По построению $BP_4 = BC = BD + DC = 2r_2 + r_3 = 24$ см. Угловая скорость шатуна $BC$ $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_4} = 4$ рад/с. Так как $BP_4 = CP_4$, скорости точек $C$ и $B$ $V_C = 96$ см/с.

Угловая скорость колеса 3 $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с.

**Задача 31.** В плоском механизме (рис. 2.21) кривошип $OC$, вращаясь вокруг неподвижной оси $O$, приводит в движение два шатуна $CD$ и $CE$, присоединённых к кривошипу в точке $C$. Шатун $CE$ прикреплён в точке $E$ к ободу цилиндрического выступа диска 1, который катится без проскальзывания своим выступом по неподвижному горизонтальному рельсу. К другому шатуну $CD$ в точке $D$ прикреплён ползун, перемещающийся вдоль направления вертикального диаметра диска 1. Все соединения шарнирные. Радиусы диска и цилиндрического выступа $R_1 = 3$ см, $r_1 = 2$ см. Длина шатуна $CE = 4$ см. В заданном положении механизма (см. рис. 2.21) шатун $CE$ горизонтален.

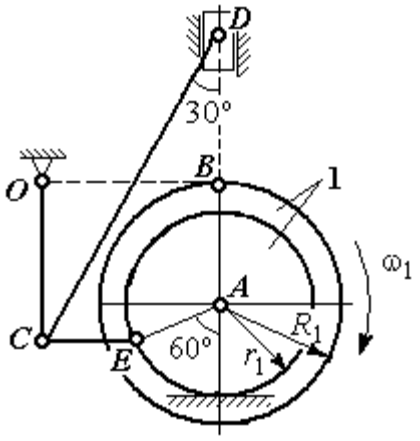


Рис. 2.21. Схема движения плоского механизма

Определить скорости точек $A$, $E$, $C$, $D$ и угловые скорости диска 1, шатунов $CE$, $CD$ и кривошипа $CO$, если известна скорость точки $B$ на ободе диска 1 $V_B = 10$ см/с и направление $\omega_1$ угловой скорости диска.

*Решение*

Изобразим вектор скорости точки $B$ диска 1 в соответствии с заданным направлением его движения. При качении диска 1 по неподвижной поверхности рельса точка $P_1$ касания обода выступа с поверхностью рельса является его мгновенным центром скоростей (рис. 2.22).

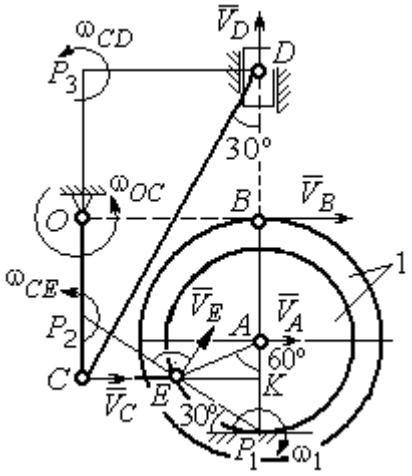



Рис. 2.22. Расчётная схема для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев механизма

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{BP_1} = 2$ рад/с. Скорость точки $A$ $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = 4$ см/с. Скорость точки $E$ $V_E = \omega_1 \cdot EP_1 = 4$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ и вектор скорости $\vec{V}_E$ перпендикулярны, соответственно, линиям $AP_1$ $EP_1$ и направлены в сторону вращения диска.

Шатун $CE$ совершает плоскопараллельное движение. Скорость точки $C$ шатуна неизвестна по величине, но известно, что вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен кривошипу $OC$ и направлен вдоль $CE$ в сторону точки $E$. Мгновенный центр скоростей $P_2$ шатуна $CE$ находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_E$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 2.22).

Расстояние $EP_2 = \dfrac{EC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см. Угловая скорость шатуна $CE$ $\omega_{CE} = \dfrac{V_E}{EP_2} = 0{,}86$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна, определяемое по направлению скорости точки $E$, на рис. 2.22 показано дуговой стрелкой $\omega_{CE}$. Скорость точки $C$ шатуна $CE$ $V_C = \omega_{CE} \cdot CP_2 = \dfrac{V_E}{2} = 2$ см/с.

Длина кривошипа $OC = BK = R_1 + r_1 \sin 30^\circ = 4$ см. Угловая скорость кривошипа $\omega_{OC} = \dfrac{V_C}{OC} = 0{,}5$ рад/с.

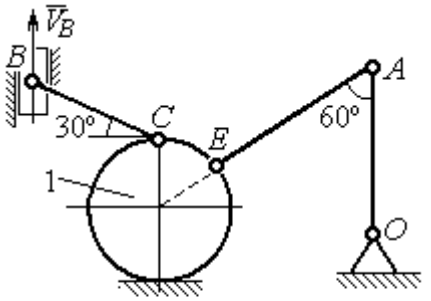
Для шатуна $CD$ известны величина и направление вектора $\vec{V}_C$ скорости точки $C$ и направление вектора $\vec{V}_D$ скорости точки $D$. Мгновенный центр скоростей шатуна $CD$ находится в точке $P_3$, полученной на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_D$.

Расстояние $CP_3 = DK = (CE + r_1 \cos 30^\circ)\operatorname{ctg} 30^\circ = 9{,}92$ см (см. рис. 2.22). Угловая скорость шатуна $CD$: $\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}21$ рад/с.

Скорость ползуна $D$: $V_D = \omega_{CD} DP_3 = \omega_{CD}(CE + r_1 \cos 30^\circ) = 1{,}2$ см/с.

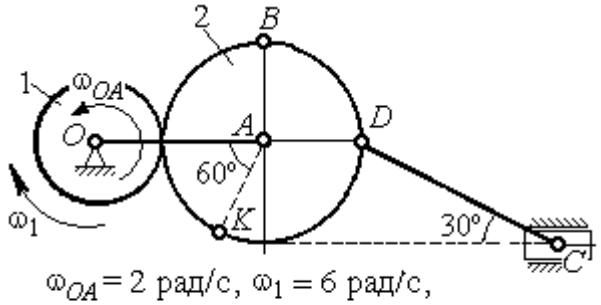
## Упражнения

Упражнение 2.3




$R_1 = 2$ см, $OA = AE = 6$ см,
$BC = 5$ см, $V_B = 5$ см/с.
Найти: $\omega_{OA}, \omega_{AE}, \omega_{CB}, \omega_1, V_C, V_A, V_E$

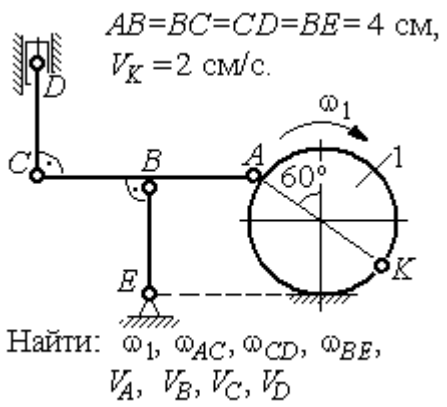
Упражнение 2.4



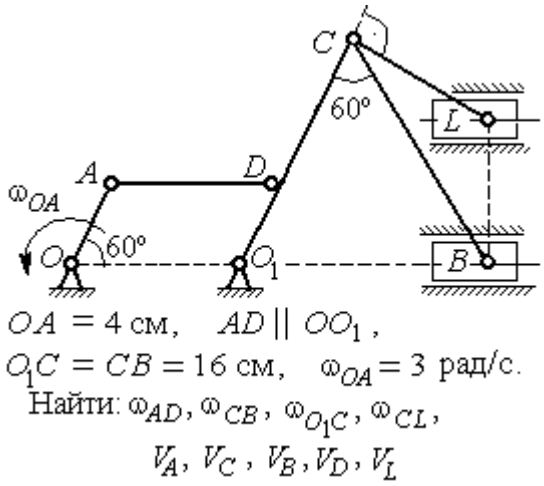

$\omega_{OA} = 2$ рад/с, $\omega_1 = 6$ рад/с,
$r_1 = 3$ см, $r_2 = 6$ см.
Найти: $\omega_2, \omega_{DC}, V_B, V_K, V_D, V_C$

Рис. 2.23. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.3, 2.4

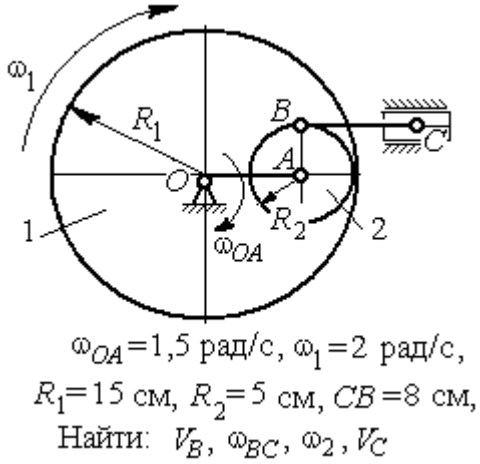
Упражнение 2.5




Упражнение 2.6




Упражнение 2.7




Упражнение 2.8

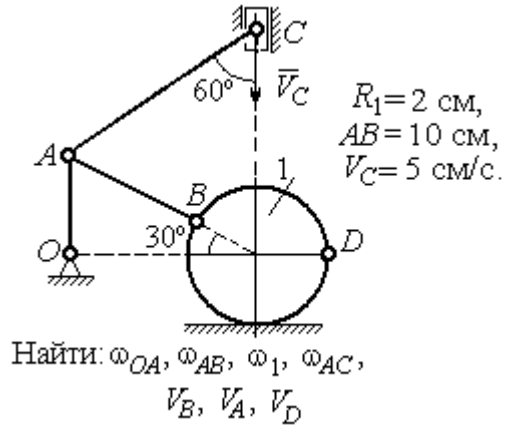



Рис. 2.24. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.5 – 2.8

## 2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

Ускорение любой точки $M$ плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов $\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA}$, 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* (рис. 2.25).

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 (см. рис. 2.25, *a*), и против вращения, если оно замедленное (см. рис. 2.25, *b*). Величины касательного и нормального составляющих ускорения точки *M* определяются по формулам:

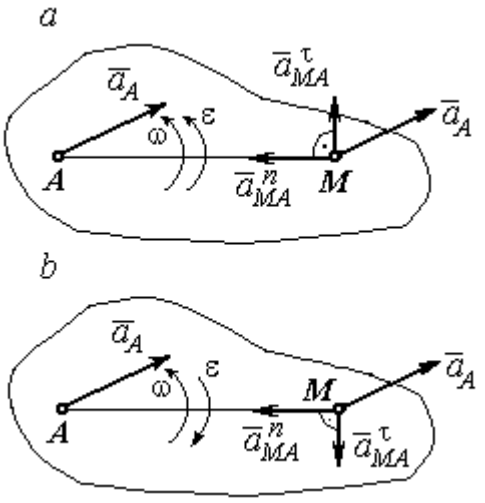



Рис. 2.25. Ускорение точки плоской фигуры:
*a* – ускоренное движение;
*b* – замедленное движение

$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM$; $a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM$, где $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); $AM$ – расстояние от точки *M* до полюса *A*.

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.

## Примеры решения задач на определение ускорений точек

**Задача 32.** Поршень *D* гидравлического пресса приводится в движение шарнирно-рычажным механизмом *OABD*. В положении механизма, указанном на рис. 2.26, точка *L* рычага имеет скорость $V_L = 0{,}6$ м/с и ускорение $a_L = 0{,}5$ м/с$^2$. Длина рычага $OA = 2 \cdot AL = 0{,}6$ м, длина звена $AB = 0{,}4$ м. Определить скорость и ускорение поршня *D*, угловую скорость и ускорение звена *AB*.

*Решение*

Найдём угловую скорость рычага $OL$: $\omega_{OL} = \dfrac{V_L}{OL} = \dfrac{2}{3}$ рад/с.

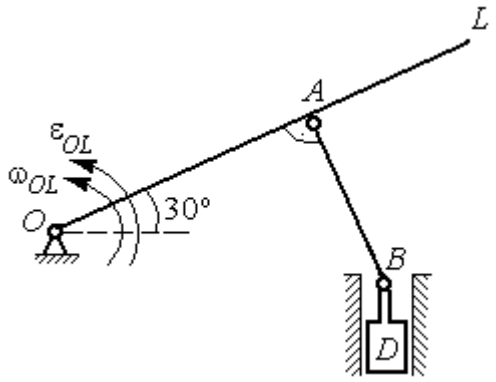



Рис. 2.26. Шарнирно-рычажный механизм гидравлического пресса

Ускорение точки $L$ представляется в виде суммы векторов нормального и касательного ускорений: $\vec{a}_L = \vec{a}_L^{\,\tau} + \vec{a}_L^{\,n}$ (рис. 2.27). Модуль нормального ускорения точки $L$ $a_L^n = \omega_{OL}^2 \cdot OL = 0{,}4$ м/с$^2$. Модуль её касательного ускорения и угловое ускорение рычага, соответственно, равны:

$$a_L^{\tau} = \sqrt{a_L^2 - (a_L^n)^2} = 0{,}3 \text{ м/с}^2, \quad \varepsilon_{OL} = \frac{a_L^{\tau}}{OL} = \frac{1}{3} \text{ рад/с}^2.$$

Скорость $\vec{V}_A$ точки $A$ перпендикулярна рычагу $OL$ и направлена в сторону вращения рычага. Её модуль $V_A = \omega_{OL} \cdot OA = 0{,}4$ м/с. Скорость $\vec{V}_B$ точки $B$ направлена вертикально вверх вдоль линии движения поршня. Направления векторов скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ показаны на рис. 2.27. Точка $P_1$ – пересечения перпендикуляров, восстановленных к векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ - определяет положение мгновенного центра скоростей звена $AB$. Расстояние $AP_1 = P_1B \cdot \cos 30^\circ = 0{,}4\sqrt{3}$ м.

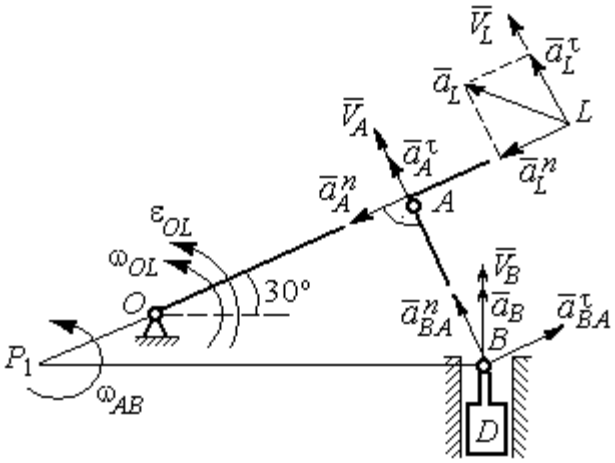



Рис. 2.27. Расчётная кинематическая схема механизма

Угловая скорость звена $AB$ $\omega_{AB} = \dfrac{V_A}{P_1A} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$ рад/с.

Представим ускорение точки $B$ через полюс $A$: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{\tau}_{BA}$, $\vec{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки $B$ при вращении звена $AB$ вокруг полюса $A$. Так как траекторией точки $A$ является окружность с центром в точке $O$, ускорение этой точки может быть разложено на две составляющие: $\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A}$. В результате ускорение точки $B$ представляется в виде векторной суммы $\vec{a}_B = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$. Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.27.

Модули ускорений:

$$a^{n}_{A} = \omega^{2}_{OL} \cdot OA = 0{,}27 \text{ см/с}^2;\ a^{n}_{BA} = \omega^{2}_{AB} \cdot AB = 0{,}13 \text{ см/с}^2;$$

$$a^{\tau}_{A} = \varepsilon_{OL} \cdot OA = 0{,}2 \text{ см/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_{AB} \cdot AB$ остаётся неизвестной величиной, так как угловое ускорение $\varepsilon_{AB}$ звена $AB$ неизвестно.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки $B$ на оси $x$, $y$, где ось $x$ проходит вдоль линии звена $AB$, ось $y$ – перпендикулярна ей (рис. 2.28). Получим равенства:

$$a_B \cdot \cos 30^\circ = a^{\tau}_{A} + a^{n}_{BA};\ \ a_B \cdot \cos 60^\circ = -a^{n}_{A} + a^{\tau}_{BA}.$$

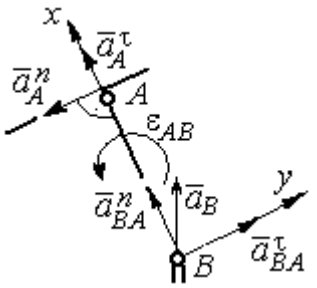


Рис. 2.28. Вычисление проекций векторов ускорений

Решая систему уравнений, находим модуль ускорения точки $B$: $a_B = 0{,}38$ см/с$^2$ и величину касательного ускорения: $a^{\tau}_{BA} = 0{,}46$ см/с$^2$. Угловое ускорение стержня $AB$ $\varepsilon_{AB} = \dfrac{a^{\tau}_{BA}}{AB} = 1{,}15$ рад/с$^2$. Направление углового ускорения $\varepsilon_{AB}$ звена $AB$ определяется направлением вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ касательного ускорения точки $B$ при вращении звена вокруг полюса $A$ (см. рис. 2.28).

Ускорение поршня $D$ равно ускорению точки $B$: $a_D = a_B = 0{,}38$ см/с$^2$.

**Задача 34.** Колесо 1 радиуса $r_1 = 0{,}6$ м катится без скольжения по прямолинейному участку пути и приводит в движение шатун 2, соединённый шарнирно с колесом в точке $B$ на его ободе. На другом конце шатуна в точке $C$ к нему присоединён ползун, перемещающийся горизонтально (рис. 2.29).

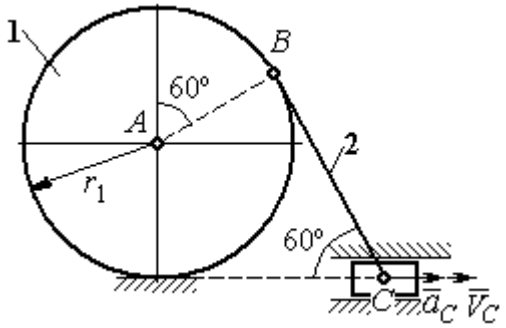


Рис. 2.29. Механизм, связывающий качение колеса с поступательным движением ползуна

В положении механизма, показанном на рис. 2.29, найти ускорение центра $A$ колеса 1, его угловое ускорение, а также угловое ускорение шатуна 2, если заданы скорость и ускорение ползуна $C$: $V_C = 9$ м/с; $a_C = 4$ м/с$^2$.

*Решение*

При качении диска 1 по неподвижной поверхности точка $P_1$ касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей диска. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_1B$. Восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$. Их пересечение в точке $P_2$ определяет положение мгновенного центра скоростей шатуна 2 (рис. 2.30).

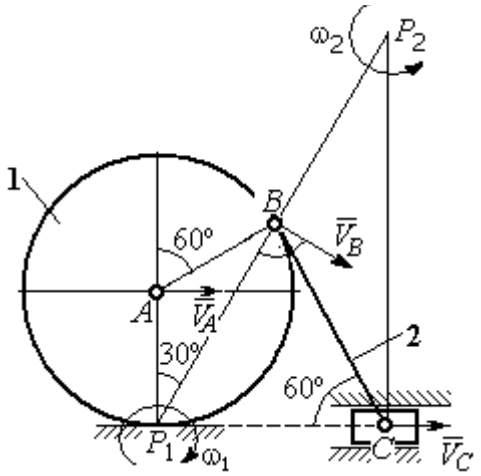


Рис. 2.30. Расчётная схема механизма для определения скоростей точек

Вычислим необходимые расстояния.

Расстояние $P_1B$ (см. рис. 2.30) найдём из треугольника $P_1AB$ по теореме косинусов: $P_1B = r_1\sqrt{3} = 1{,}04$ м. Из построения мгновенных центров скоростей $P_1$ и $P_2$ следует: $P_1B = BP_2 = BC$. Расстояние $P_2C$ определяется из треугольника $P_1P_2C$: $P_2C = P_1P_2 \cdot \cos 30^\circ = 1{,}8$ м.

Угловая скорость шатуна 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{P_2C}$ = 5рад/с. Направление угловой скорости $\omega_2$ определяется направлением скорости $\vec{V}_C$.

Скорость точки *B* найдём по формуле $V_B = \omega_2 \cdot P_2B$ = 5,2 м/с.

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{P_1B}$ = 5 рад/с. Скорость центра колеса 1 $V_A = \omega_1 \cdot P_1A$ = 3 м/с.

Найдём ускорение точки *A*.

Примем точку *B* за полюс и выразим ускорение точки *A* через полюс *B*: $\vec{a}_A = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,\tau}_{AB} + \vec{a}^{\,n}_{AB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса *B*; $\vec{a}^{\,\tau}_{AB}$, $\vec{a}^{\,n}_{AB}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *A* при вращении диска 1 вокруг полюса *B* (рис. 2.31). Направления ускорения точки $\vec{a}_A$ и касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{AB}$ точки *A* выбраны в предположении ускоренного движения диска.

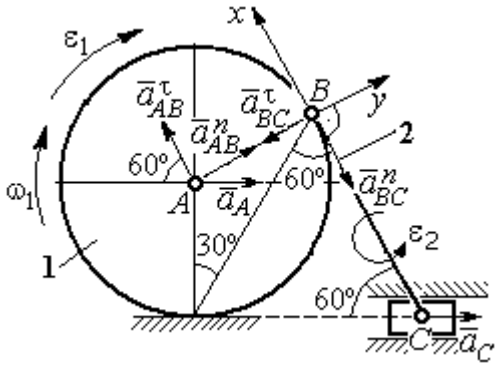


Рис. 2.31. Расчётная схема механизма для определения ускорений точек

Ускорение полюса *B* выразим через полюс *C*: $\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,\tau}_{BC} + \vec{a}^{\,n}_{BC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение полюса *C*; $\vec{a}^{\,\tau}_{BC}$, $\vec{a}^{\,n}_{BC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *B* при вращении шатуна 2 вокруг полюса *C*. Направление касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{BC}$ точки *B* выбрано в направлении вращения шатуна 2 (см. рис. 2.30) исходя из предположения его ускоренного движения. В результате ускорение точки *A* выражается векторной суммой:

$$\vec{a}_A = \vec{a}^{\,\tau}_{AB} + \vec{a}^{\,n}_{AB} + \vec{a}^{\,\tau}_{BC} + \vec{a}^{\,n}_{BC} + \vec{a}_C.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.31.

Заметим, что в любой момент времени движения колеса 1 расстояние от точки $A$ до мгновенного центра скоростей колеса $P_1$ остаётся постоянным, равным радиусу колеса. Дифференцируем выражение $V_A = \omega_1 \cdot P_1A = \omega_1 \cdot r_1$. Получим $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} r_1 = \varepsilon_1 \cdot r_1$, откуда с учётом $\frac{dV_A}{dt} = a_A$ (прямолинейное движение точки $A$) угловое ускорение диска 1 $\varepsilon_1 = \frac{a_A}{r_1}$. В результате, касательное ускорение $a^{\tau}_{AB}$ точки $A$ при вращении диска 1 вокруг полюса $B$ $a^{\tau}_{AB} = \varepsilon_1 \cdot AB = a_A$.

Найдём модули векторов ускорений:

$$a^n_{AB} = \omega_1^2 \cdot AB = 15 \text{ м/с}^2;\ a^n_{BC} = \omega_2^2 \cdot BC = 26 \text{ м/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BC} = \varepsilon_2 \cdot BC$ остаётся неизвестным. Применить здесь способ дифференцирования выражения $V_C = \omega_2 \cdot P_2C$ для определения углового ускорения $\varepsilon_2$ невозможно, так как расстояние $P_2C$ от мгновенного центра скоростей $P_2$ шатуна 2 до точки $C$ меняется во время движения механизма неизвестным образом.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки $A$ на оси $x$, $y$, выбранные, как показано на рис. 2.31. Получим систему уравнений:

$$\text{проекция на ось } x\text{: } -a_A\cos60^\circ = a^{\tau}_{AB} - a^n_{BC} - a_C\cos60^\circ;$$

$$\text{проекция на ось } y\text{: } a_A\cos30^\circ = a^n_{AB} - a^{\tau}_{BC} + a_C\cos30^\circ.$$

Из первого уравнения с учётом того, что $a^{\tau}_{AB} = a_A$, найдём ускорение точки $A$: $a_A$ = 18,67 м/с$^2$. Положительное значение ускорения точки $A$ означает, что вектор $\vec{a}_A$ направлен так, как показано на рис. 2.31, – в сторону направления вектора скорости $\vec{V}_A$. Из этого следует, что диск 1 движется ускоренно и угловое ускорение направлено в сторону его угловой скорости.

Из второго уравнения получим: $a_{BC}^{\tau} = 2{,}29$ м/с$^2$. Угловое ускорение шатуна 2: $\varepsilon_2 = \dfrac{\left|a_{BC}^{\tau}\right|}{BC} = 2{,}2$ рад/с$^2$. Из того, что касательное ускорение $a_{BC}^{\tau}$ положительно, следует, что направление вектора $\vec{a}_{BC}^{\tau}$ совпадает с направлением, указанным на рис. 2.31. Это, в свою очередь, означает, что в данном положении механизма угловое ускорение шатуна 2 направлено так, как показано на рис. 2.31, – по направлению его угловой скорости, то есть шатун 2 вращается ускоренно.

**Задача 35.** По неподвижной шестерне 1 радиуса $r_1$ обкатывается шестерня 2 радиуса $r_2$, насаженная в центре на кривошип $OA$ (рис. 2.32). Кривошип $OA$ вращается вокруг оси $O$ с угловой скоростью $\omega_{OA}$ и угловым ускорением $\varepsilon_{OA}$. На ободе шестерни 2 в точке $B$ шарнирно прикреплен стержень $BC$, соединенный другим концом с центром $C$ диска 3, катящегося без скольжения вдоль горизонтальной прямой. Радиус диска 3 равен радиусу шестерни 2: $r_3 = r_2$. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.32, определить ускорение точки $D$ и угловое ускорение стержня $BC$, если $r_1 = 0{,}2$ м, $r_2 = 0{,}4$ м, $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с$^2$. Длина стержня $BC = 1$ м.

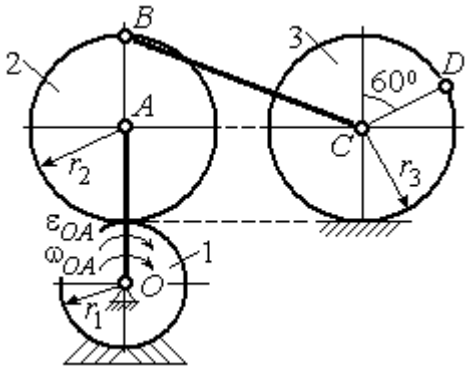


Рис. 2.32. Схема движения плоского механизма

*Решение*

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа $OA$. Скорость его точки $A$: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 2{,}4$ м/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу $OA$ в сторону его вращения (рис. 2.33).

При качении подвижной шестерни 2 по неподвижной 1, точка их соприкосновения $P_2$ является мгновенным центром скоростей шестерни 2. Угловая скорость шестерни 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} =$ 6 рад/с. Скорость точки $B$ шестерни 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2 =$ 4,8 м/с.

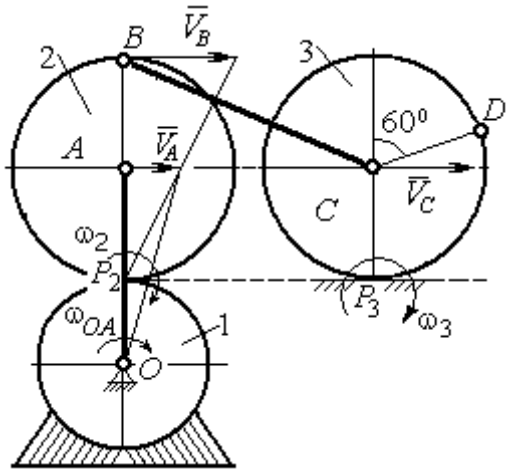



Рис. 2.33. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Для определения угловой скорости стержня $BC$ заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки $B$ и $C$ не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня $BC$ отсутствует (или бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю и стержень совершает мгновенное поступательное движение. При таком движении мгновенные скорости всех точек стержня $BC$ одинаковы по величине и направлению. Таким образом, $\omega_{BC} = 0$; $V_C = V_B =$ 4,8 м/с.

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка $P_3$ касания диска с поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} =$ 12 рад/с. Направление угловой скорости $\omega_3$ определяется направлением вектора $\vec{V}_C$.

Найдём ускорения точек и угловые ускорения звеньев механизма.

Выразим ускорение $\vec{a}_C$ точки $C$, направленное вдоль линии движения центра колеса 3, через полюс $B$. Ускорение представляется векторной суммой: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – вектор ускорения полюса $B$; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $C$ при вращении

стержня $BC$ вокруг полюса $B$. Вектор $\vec{a}^{n}_{CB}$ направлен вдоль стержня от точки $C$ к полюсу $B$, вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ перпендикулярен стержню $BC$. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ выбрано по предполагаемому угловому ускорению стержня $BC$, показанному на рис. 2.34 дуговой стрелкой $\varepsilon_{CB}$.

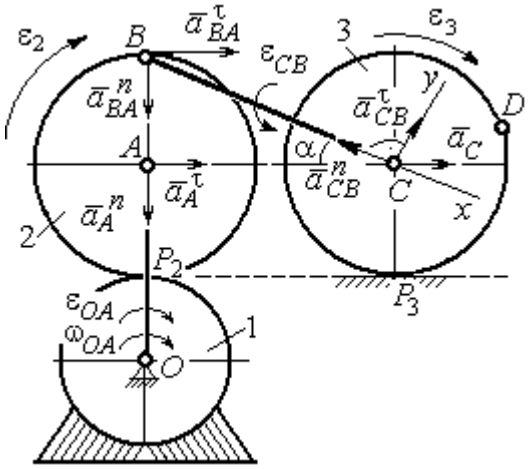



Рис. 2.34. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Рассмотрим плоскопараллельное движение шестерни 2 и выразим ускорение точки $B$ через полюс $A$ в виде векторного равенства: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса $A$; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $B$ при вращении шестерни 2 вокруг полюса $A$. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса шестерни от точки $B$ к полюсу $A$, вектор $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ перпендикулярен линии $BA$. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ соответствует ускоренному вращению шестерни 2.

Рассмотрим вращение кривошипа $OA$. Вектор ускорения точки $A$ кривошипа при вращении его вокруг неподвижной оси $O$ представляется в виде суммы: $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A}$, где $\vec{a}^{n}_{A}$ и $\vec{a}^{\tau}_{A}$ – вектора нормальной и касательной составляющих ускорения точки $A$. Вектор $\vec{a}^{n}_{A}$ направлен вдоль кривошипа по направлению к оси вращения, вектор $\vec{a}^{\tau}_{A}$ перпендикулярен кривошипу и направлен в сторону углового ускорения $\varepsilon_{OA}$ вращения кривошипа.

В результате для определения ускорения точки $C$ имеем векторное равенство:

$$\vec{a}_C = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{CB} + \vec{a}^{\tau}_{CB}.$$

Направления всех векторов ускорений показаны на рис. 2.34.

Вычислим модули векторов, составляющих векторную сумму:

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 9{,}6 \text{ м/с}^2; \quad a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 1{,}2 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot BA = 14{,}4 \text{ м/с}^2; \quad a_{CB}^n = \omega_{BC}^2 \cdot BC = 0.$$

Заметим, что во время движения шестерни 2 расстояние $AP_2$ остается постоянным, равным $r_2$. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 r_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} r_2$. При криволинейном движении точки $A$ производная от скорости равна касательному ускорению: $\frac{dV_A}{dt} = a_A^\tau$. С учётом, что $\frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2$, получим: $a_A^\tau = \varepsilon_2 r_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a_A^\tau}{r_2} = 3$ рад/с$^2$ и $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 1{,}2$ м/с$^2$.

Выберем оси $Cx$, $Cy$, как показано на рис. 2.34, – вдоль отрезка $BC$ и перпендикулярно ему и спроектируем на них векторное равенство ускорения точки $C$. Получим систему уравнений:

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha - a_{CB}^n;$$

$$a_C \sin\alpha = -a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha - a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где $\alpha$ – угол между стержнем $BC$ и линией центров $AC$, $\sin\alpha = \frac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$.

Находим из первого уравнения ускорение точки $C$: $a_C = 12{,}83$ м/с$^2$, из второго – касательное ускорение точки $C$ при вращении стержня $BC$ вокруг полюса $B$: $a_{CB}^\tau = 33{,}95$ м/с$^2$. Величина углового ускорения стержня $BC$: $\varepsilon_{CB} = \frac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 33{,}95$ рад/с$^2$. Положительное значение $a_{CB}^\tau$ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ направлен так, как показано на рис. 2.34. Тогда и

направление углового ускорения $\varepsilon_{CB}$ стержня $BC$ совпадает с направлением, показанным дуговой стрелкой на рис. 2.34.

При качении диска 3 точка $C$ движется по прямой и расстояние $CP_3$ остается постоянным, равным радиусу диска 3. В этом случае равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 r_3$ можно продифференцировать по времени. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} r_3$. Так как движение точки $C$ является прямолинейным, производная от скорости точки $C$ равна ускорению этой точки: $\frac{dV_C}{dt} = a_C$. Тогда с учётом $\frac{d\omega_3}{dt} = \varepsilon_3$ имеем равенство $a_C = \varepsilon_3 r_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{r_3} = 32{,}07$ рад/с$^2$.

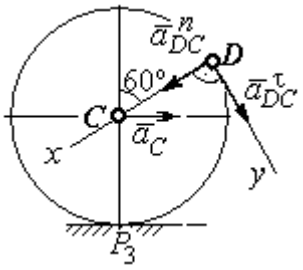


Рис.2.35. Расчетная схема для определения ускорения точки $D$

Выразим ускорение точки $D$ через полюс $C$, ускорение которого известно и по величине, и по направлению: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^n_{DC} + \vec{a}^\tau_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки $C$; $\vec{a}^n_{DC}$, $\vec{a}^\tau_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки $D$ при вращении диска 3 вокруг полюса $C$. Модули ускорений

$$a_C = 12{,}83 \text{ м/с}^2;\ a^n_{DC} = \omega_3^2 DC = 57{,}6 \text{ м/с}^2;\ a^\tau_{DC} = \varepsilon_3 DC = 12{,}83 \text{ м/с}^2.$$

Проведём оси $Dx$ и $Dy$, как показано на рис. 2.34, и спроектируем векторное равенство ускорения точки $D$ на оси. Получим систему уравнений:

$$a_{Dx} = -a_C \cos 30^\circ + a^n_{DC};\quad a_{Dy} = a_C \cos 60^\circ + a^\tau_{DC}.$$

Подставляя в уравнения проекций значения модулей ускорений, найдём: $a_{Dx} = 46{,}49$ м/с$^2$; $a_{Dy} = 19{,}25$ м/с$^2$.

Величина ускорения точки $D$: $a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 50{,}32$ м/с$^2$.

Заметим, что для определения ускорения точки $D$ невозможно было сразу использовать приём с последовательным выражением ускорения точки $D$ через

ускорения полюсов $C$, $B$ и $A$, так как в полученной в результате проекций системе двух уравнений будет три неизвестных величины - $a_{Dx}$, $a_{Dy}$ и величина ускорения $a_{CB}^{\tau}$.

**Задача 36.** Механизм качалки (рис. 2.36) включает в себя кривошип $OA$, вращающийся вокруг неподвижной оси $O$, шестерню 1 радиуса $r_1$, насаженную на кривошип в точке $A$ и обкатывающуюся по неподвижной цилиндрической поверхности, и шатун $BC$, присоединённый одним концом в точке $B$ к шестерне, а другим – в точке $C$ к коромыслу $CO_1$. В положении, указанном на рис. 2.36, определить угловую скорость и угловое ускорение коромысла $CO_1$, если $\omega_{OA}$ = 2 рад/с; $\varepsilon_{OA}$ = 4 рад/с$^2$; $OA$ = 0,8 м; $r_1$ = 0,4 м; $AB$ = 0,2 м; $BC$ = 0,6 м. Для этого же положения определить ускорение точки $C$.

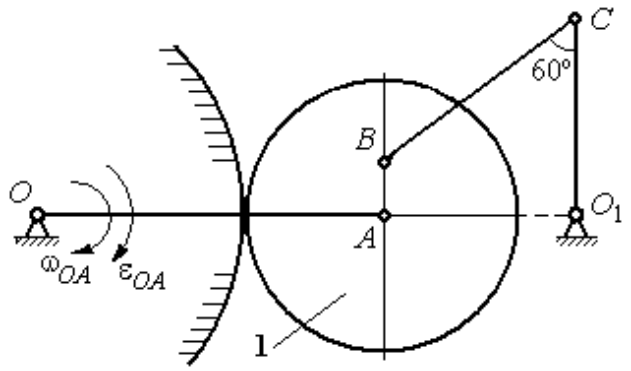


Рис. 2.36. Механизм качалки

*Решение*

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Скорость точки $A$ кривошипа $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$ = 1,6 м/с. Вращаясь, кривошип передаёт движение шестерне 1, которая катится по неподвижной поверхности. Точка касания $P_1$ шестерни с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей шестерни. Тогда её угловая скорость $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1}$ = 4 рад/с. Направление угловой скорости показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой $\omega_1$.

Расстояние от мгновенного центра скоростей шестерни до её точки $B$ $P_1B$ = 0,45 м. Скорость точки $B$: $V_B = \omega_1 \cdot P_1B$ = 1,8 м/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии $P_1B$ и направлен в сторону вращения шестерни.

При вращении коромысла $CO_1$ вокруг неподвижной оси $O_1$ вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен коромыслу. Точка $P_2$, лежащая на пересечении перпендикуляров, восстановленных к векторам $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ – скоростей точек $B$ и $C$, является мгновенным центром скоростей шатуна $BC$ (рис. 2.37). Расстояние $BK = BC\cos 30^\circ = 0{,}52$ м; $\cos\alpha = \dfrac{AP_1}{BP_1} = 0{,}89$; $P_2B = \dfrac{BK}{\cos\alpha} = 0{,}58$ м. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_2} = 3{,}1$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой $\omega_{BC}$.

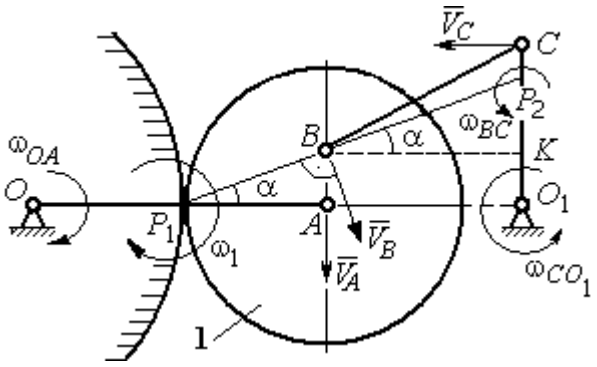



Рис. 2.37. Расчётная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Расстояние $P_2C = BC \cdot \sin 30^\circ - P_2B \cdot \sin\alpha = 0{,}04$ м. Скорость точки $C$ шатуна $BC$: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_2C = 0{,}12$ м/с. Длина коромысла $CO_1 = CK + KO_1 = 0{,}5$ м, угловая скорость коромысла $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{CO_1} = 0{,}24$ рад/с.

Найдём ускорения звеньев механизма.

Считая, что точка $C$ принадлежит шатуну $BC$, выразим ускорение точки $C$ через полюс $B$: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса $B$; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $C$ при вращении шатуна вокруг полюса $B$.

Полагая, что точка $B$ принадлежит шестерне 1, выразим её ускорение через полюс $A$: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки $A$ шестерни; $\vec{a}^{\,n}_{BA}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $B$ при вращении шестерни вокруг полюса $A$.

Поскольку точка $A$ принадлежит и кривошипу $OA$, а точка $C$ – коромыслу $CO_1$, вращающихся вокруг своих неподвижных осей, вектора ускорений этих точек можно представить в виде сумм векторов:

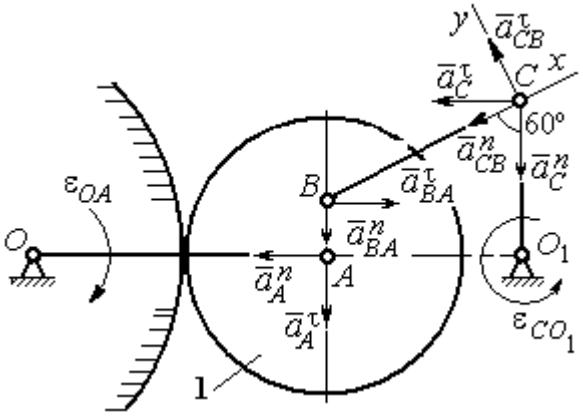



Рис. 2.38. Расчётная схема для определения ускорений точек механизма

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau},\ \vec{a}_C = \vec{a}_C^{\,n} + \vec{a}_C^{\,\tau},$$

где $\vec{a}_A^{\,n}$, $\vec{a}_A^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $A$ при вращении кривошипа вокруг оси $O$; $\vec{a}_C^{\,n}$, $\vec{a}_C^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки $C$ при вращении коромысла вокруг оси $O_1$.

В результате подстановок получим полное векторное равенство, связывающее ускорения точек механизма:

$$\vec{a}_C^{\,n} + \vec{a}_C^{\,\tau} = \vec{a}_{CB}^{\,n} + \vec{a}_{CB}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n} + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau}.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.38.

Модули векторов ускорений:

$$a_C^n = \omega_{CO_1}^2 \cdot CO_1 = 0{,}03 \text{ м/с}^2;\ \ a_{CB}^n = \omega_{CB}^2 \cdot CB = 5{,}77 \text{ м/с}^2,$$

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2,$$

$$a_{BA}^n = \omega_1^2 \cdot BA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ \ a_{BA}^\tau = \varepsilon_1 \cdot BA.$$

Для определения $\varepsilon_1$ углового ускорения шестерни 1 продифференцируем равенство $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 r_1$. Получим: $a_A^\tau = \varepsilon_1 r_1$, откуда $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A^\tau}{r_1} = 8$ рад/с$^2$.

Тогда $a_{BA}^\tau = 1{,}6$ м/с$^2$.

Неизвестными в векторном равенстве ускорений остаются модули векторов $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ и $\vec{a}^{\tau}_{C}$. Выберем ось $x$ вдоль шатуна $BC$, как показано на рис. 2.38, и спроектируем на неё полное векторное равенство.

Получим уравнение:

$$-a^{n}_{C}\cos 60^{\circ} - \vec{a}^{\tau}_{C}\cos 30^{\circ} = -a^{n}_{CB} - a^{n}_{BA}\cos 60^{\circ} + a^{\tau}_{BA}\cos 30^{\circ} - a^{n}_{A}\cos 30^{\circ} - a^{\tau}_{A}\cos 60^{\circ},$$

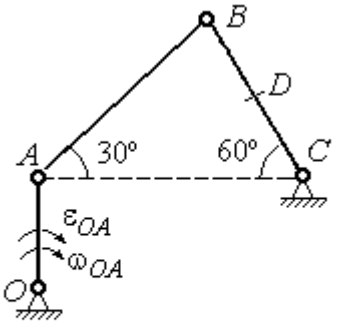
откуда найдём ускорение $a^{\tau}_{C}$ = 11,94 м/с$^2$. Угловое ускорение качалки

$$\varepsilon_{CO_1} = \frac{\left|a^{\tau}_{C}\right|}{CO_1} = 23{,}88 \text{ рад/с}^2.$$

Положительное значение касательного ускорения $a^{\tau}_{C}$ свидетельствует о том, что направление вектора ускорения $\vec{a}^{\tau}_{C}$ совпадает с направлением, показанным на рис. 2.38. В эту же сторону направлена и скорость $\vec{V}_C$ точки $C$ (см. рис. 2.37). Следовательно, в данном положении движение качалки ускоренное и угловое ускорение направлено в сторону угловой скорости.

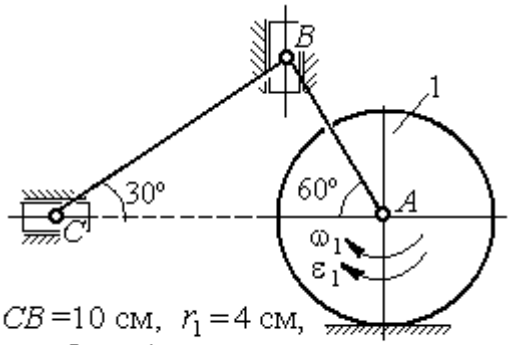
## Упражнения

Упражнения 2.9




$OA = 4$ см, $BD = DC = 4$ см,
$\omega_{OA} = 3$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с$^2$.
Найти ускорение точки $D$

Упражнения 2.10




$CB = 10$ см, $r_1 = 4$ см,
$\omega_1 = 3$ рад/с, $\varepsilon_1 = 2$ рад/с$^2$.
Найти ускорение точки $C$

Рис. 2.39. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.9, 2.10

# 3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

## 3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки

Рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Неподвижная система координат, относительно которой определяются движения точки и тела, называется **основной**. Связанная с телом и движущаяся вместе с ним система координат называется **подвижной.**

Движение точки относительно подвижной системы координат (фактически движение точки относительно тела) называется **относительным**. **Переносным** движением называют движение, которое совершает точка вместе с подвижной системой координат (фактически вместе с телом). Движение точки относительно основной (неподвижной) системы координат называется **абсолютным.**

Скорость точки относительно подвижной системы координат называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

**Переносной скоростью** точки и **переносным ускорением** называют скорость и ускорение той точки тела, с которой в данный момент совпадает движущаяся точка.

Скорость и ускорение точки относительно основной системы называют **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **скорость абсолютного движения точки равна векторной сумме переносной и относительной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **абсолютное ускорение точки равно векторной сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса:** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ –

вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_{\text{к}}$ – вектор ускорения Кориолиса.

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением: $\vec{a}_{\text{к}} = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_{\text{к}}| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где $\alpha$ – угол между вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$ и вектором относительной скорости точки $\vec{V}_r$ (рис. 3.1).

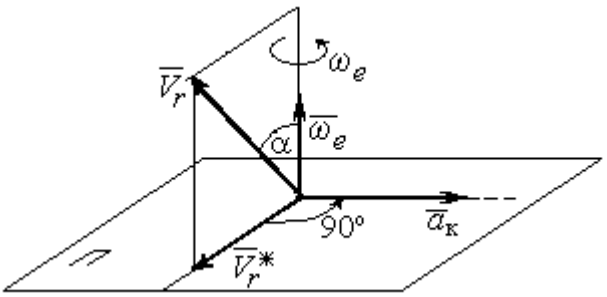


Рис. 3.1. Определение ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

На рис. 3.1 показан способ определения вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем. Построим плоскость *П*, перпендикулярную вектору угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроектируем вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости *П* вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. При этом модуль ускорения Кориолиса $a_{\text{к}} = 2|\omega_e| \cdot |V_r| \sin 90^\circ = 2\omega_e V_r$.

## Примеры решения задач на сложное движение точки

**Задача 37.** Компрессор с криволинейными каналами (рис. 3.2) вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг оси *O*, перпендикулярной плоскости рисунка. Воздух перемещается по каналу *AB* с постоянной относительной скоростью $V_r = 4$ м/с. Найти ускорение частицы воздуха в начале канала в точке *A* и проекции этого ускорения на оси неподвижной системы координат *xOy*, если радиус $OA = 0{,}5$ м, радиус кривизны канала в точке *A* $\rho = 0{,}8$ м, угол между нормалью *n* к кривой *AB* в точке *A* и радиусом *OA* $\alpha = 30^\circ$.

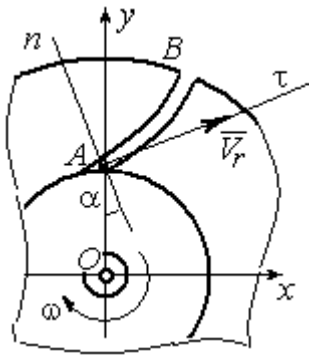


Рис.3.2. Движение воздуха по каналу компрессора

*Решение*

Переносным движением для частицы воздуха будет вращательное движение компрессора, а скорость точки *A* компрессора, где по условию находится частица воздуха, будет её переносной скоростью: $V_e = \omega \cdot OA = 5$ м/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости частицы перпендикулярен радиусу *OA* и направлен в сторону угловой скорости вращения компрессора (рис. 3.3).

Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости частицы воздуха направлен вдоль касательной к кривой *AB* (стенки канала) в точке *A*.

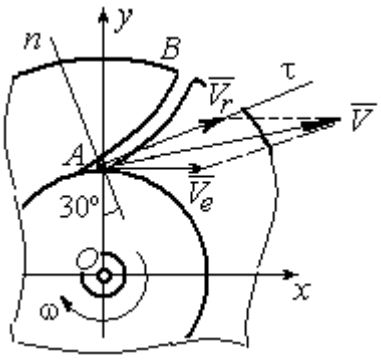


Рис. 3.3. Построение вектора абсолютной скорости частицы

Вектор абсолютной скорости частицы воздуха равен геометрической сумме векторов относительной и переносной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$ (см. рис. 3.3). Спроектируем это векторное равенство на оси *x*, *y*. Получим систему уравнений:

$$V_x = V_e + V_r \cos 30^\circ = 8{,}46 \text{ м/с}; \; V_y = V_r \cos 60^\circ = 2 \text{ м/с}.$$

Модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 8{,}69$ м/с.

Найдём ускорение частицы воздуха.

Абсолютное ускорение частицы определяется по теореме сложения ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_{\text{к}}.$$

В относительном движении частица движется между стенками канала по криволинейной траектории, и её ускорение $\vec{a}_r$ представляется суммой: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих относительного ускорения частицы.

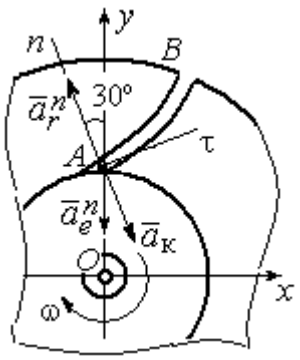


Рис. 3.4. Составляющие ускорения частицы в сложном движении

Переносное ускорение частицы $\vec{a}_e$ есть ускорение точки *A* вращающегося компрессора, которое выражается суммой $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$, где $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих переносного ускорения частицы.

В результате абсолютное ускорение частицы воздуха в точке А выражается векторной суммой:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Вычислим модули ускорений:

$$a_r^{\tau} = \dot{V}_r = 0,\ a_r^n = \frac{V_r^2}{\rho} = 20 \text{ м/с}^2;\ a_e^{\tau} = \varepsilon \cdot OA = \dot{\omega} \cdot OA = 0,$$

$$a_e^n = \omega^2 r = 50 \text{ м/с}^2;\ a_{\text{к}} = 2\omega V_r = 80 \text{ м/с}^2.$$

Направление ускорения Кориолиса определяется простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. Вектора ускорений показаны на рис. 3.4.

Спроектируем векторное равенство ускорения частицы на оси неподвижной системы координат *xOy*. Получим:

$$a_x = -a_r^n \cos 60^\circ + a_к \cos 60^\circ = 30 \text{ м/с}^2 ;$$

$$a_y = a_r^n \cos 30^\circ - a_e^n - a_к \cos 30^\circ = -101{,}96 \text{ м/с}^2.$$

Модуль ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 106{,}28$ м/с$^2$.

**Задача 38.** При совмещении работы механизмов подъёма груза и поворота крана (рис. 3.5) груз *A* перемещается в горизонтальном и вертикальном направлениях. На участке разгона барабан *B* радиуса $r_1 = 0{,}5$ м, на который навит канат, поддерживающий груз, вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon_1 = 3$ рад/с$^2$, а кран разворачивается вокруг оси $O_1O_2$ с угловым ускорением $\varepsilon_2 = 0{,}5$ рад/с$^2$.

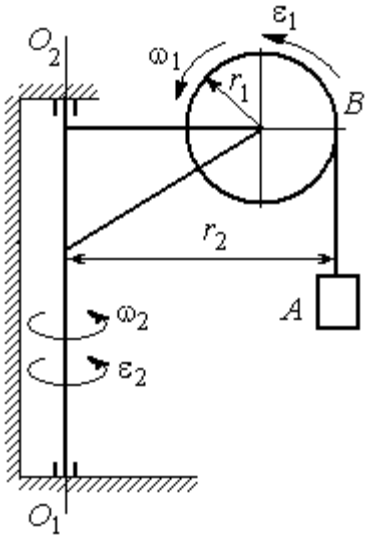


Рис. 3.5. Механизм поворотного крана

Пренебрегая отклонением каната от вертикали, определить скорость и ускорение груза в момент времени $t_1 = 1$ с, если вылет стрелы крана до линии подвеса груза $r_2 = 10$ м.

*Решение*

Подъём груза *A* на канате является для груза относительным движением, а вращение крана – переносным. Вектор абсолютной скорости груза равен сумме $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где вектора относительной $\vec{V}_r$ и переносной $\vec{V}_e$ скоростей.

При равноускоренном вращении барабана *B* из состояния покоя его угловая скорость $\omega_1 = \varepsilon_1 t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_1 = 3$ рад/с. Скорость подъёма груза *A* в этот момент $V_r(1) = \omega_1(1) r_1 = 1{,}5$ м/с. Вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ направлен вдоль линии движения груза, в сторону его подъёма (рис. 3.6).

Угловая скорость крана при постоянном угловом ускорении $\omega_2 = \varepsilon_2 t$. При $t_1 = 1$ с $\omega_2 = 0{,}5$ рад/с. Переносная скорость груза $A$ равна скорости груза, движущегося вместе со стрелой крана по окружности радиуса $r_2$: $V_e = \omega_2 r_2 = 5$ м/с. Вектор переносной скорости груза $\vec{V}_e$ направлен по касательной к траектории переносного движения груза в сторону угловой скорости вращения крана (см. рис. 3.6).

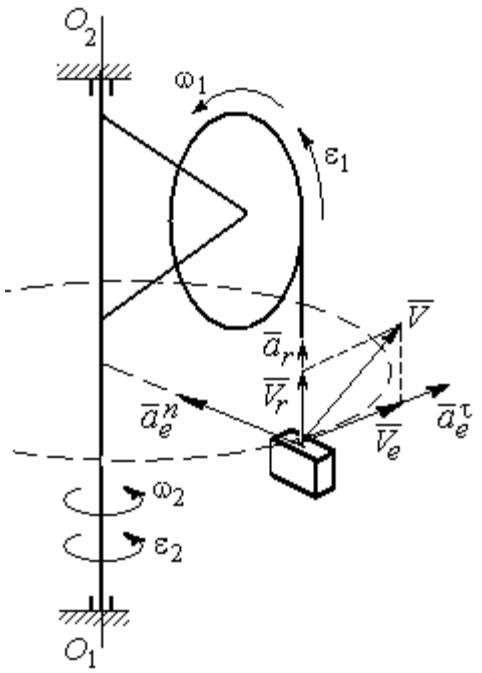



Рис. 3.6. Расчётная схема для определения скорости и ускорения груза на поворотном кране

Так как вектора относительной и переносной скоростей груза взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_r^2 + V_e^2} = 5{,}22$ м/с.

Найдём абсолютное ускорение груза.

Теорема сложения ускорений имеет вид векторной суммы: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_\text{к} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_\text{к}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$, $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$, $\vec{a}_\text{к}$ – вектора нормального и касательного ускорений груза в относительном и переносном движениях и ускорение Кориолиса. Найдём модули векторов ускорений.

Нормальное относительное ускорение $a_r^n$ груза, движущегося прямолинейно, равно нулю: $a_r^n = 0$, а касательное $a_r^\tau$ равно по величине касательному ускорению точки на поверхности барабана: $a_r^\tau = \varepsilon_1 r_1 = 1{,}5$ м/с$^2$. Направление вектора $\vec{a}_r^{\,\tau}$ относительного касательного ускорения груза определяется направлением углового ускорения барабана.

Переносные нормальное $a_e^n$ и касательное $a_e^\tau$ ускорения груза: $a_e^n = \omega_2^2 r_2$ = 2,5 м/с$^2$; $a_e^\tau = \varepsilon_2 r_2$ = 5 м/с$^2$. Вектор касательного ускорения $\vec{a}_e^\tau$ направлен в сторону углового ускорения вращения крана.

Ускорение Кориолиса $a_к$ равно нулю, так как вектор $\vec{V}_r$ параллелен вектору $\vec{\omega}_2$: $a_к = 0$.

Направления векторов ускорений, модули которых отличны от нуля, показаны на рис. 3.6. В результате вектор абсолютного ускорения груза представлен в виде разложения на три взаимно перпендикулярных вектора: $\vec{a} = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_r^\tau$, поэтому модуль абсолютного ускорения груза $a = \sqrt{(a_e^n)^2 + (\vec{a}_e^\tau)^2 + (\vec{a}_r)^2}$ = 5,79 м/с$^2$.

**Задача 39.** Фигура, состоящая из половины диска и построенного на его диаметре равнобедренного треугольника (рис. 3.7), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину $A$ треугольника, по закону $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад. Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой $\varphi$.

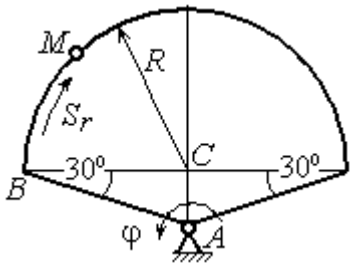


Рис. 3.7. Схема сложного движения точки

По ободу диска из начального положения B движется точка $M$. Уравнение движения точки: $\breve{BM} = S_r = 9\pi t^2$, см.. Положительное направление отсчёта дуги $BM$ показано дуговой стрелкой $S_r$ (см. рис. 3.7). Радиус диска $R$ = 9 см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки $M$ в момент времени $t_1$ = 1 с.

*Решение*

Переносным движением точки $M$ является вращение фигуры вокруг оси $A$, относительным – её движение по окружности обода диска.

Положение точки $M$ на окружности определяется центральным углом: $\alpha = \dfrac{S_r}{R}$, где $S_r$ – длина дуги окружности, пройденная точкой. В момент времени $t_1 = 1$ с $S_r = 9\pi$ см и $\alpha = \pi$. Расчётное положение точки $M$ на рис. 3.8 обозначено $M_1$.

Угловая скорость вращения фигуры равна модулю производной $\omega_e = |\dot{\varphi}_e| = |5 - 4t|$. При $t_1 = 1$ с $\omega_e(1) = 1$ рад/с. Направление угловой скорости определяется знаком производной $\dot{\varphi}_e$. Положительная на данный момент времени величина производной ($\dot{\varphi}_e = 1$) показывает, что вращение фигуры происходит в положительном направлении отсчёта угла $\varphi_e$ и отмечено на рис. 3.8 дуговой стрелкой $\omega_e$.

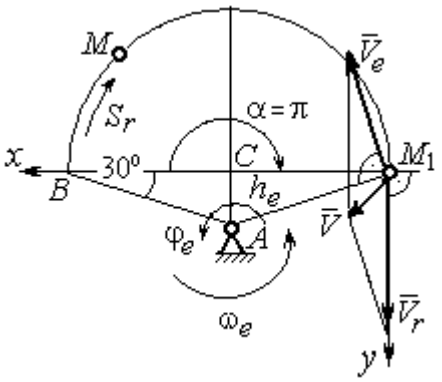


Рис. 3.8. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки

Переносная скорость точки $V_e$ – это скорость расчётного положения точки $M$ вращающейся фигуры: $V_e = \omega_e h_e = = \omega_e AM_1 = \dfrac{\omega_e R}{\cos 30^\circ} = 10{,}39$ см/с. Вектор переносной скорости точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен отрезку $AM_1$ и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.8).

Скорость точки в относительном движении определяется как модуль производной: $V_r = |\dot{S}_r| = |18\pi t|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 56{,}5$ см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r = 18\pi > 0$ указывает, что в этот момент времени относительное движение точки происходит в положительном направлении отсчёта дуги окружности, по которой движется точка. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки перпендикулярен отрезку $CM_1$ и направлен в сторону её движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти абсолютную скорость

точки, выберем оси координат $M_1x$, $M_1y$, как показано на рис. 3.8, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси:

$$V_x = V_e\cos 60^\circ = 5{,}2 \text{ см/с}, \; V_y = -V_e\cos 30^\circ + V_r = 47{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 47{,}8$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяется по теореме сложения ускорений: $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_\text{к}$.

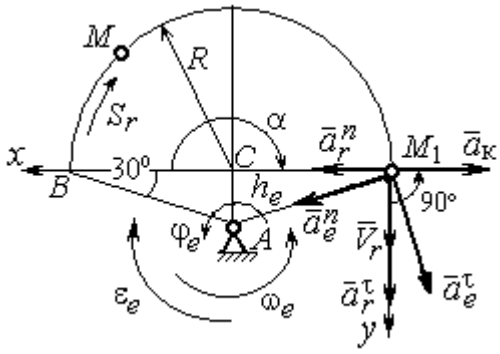



Рис. 3.9. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Переносное ускорение точки представляется в виде суммы: $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n}$, где $\vec{a}_e^{\,\tau}$ и $\vec{a}_e^{\,n}$ – переносные касательное и нормальное ускорения. В относительном движении точки (по дуге окружности) ускорение также может быть разложено на две составляющие – относительные касательное и нормальное ускорения: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$. В результате теорема о сложении ускорений приобретает вид: $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_\text{к}$.

Вычислим модули и направления векторов ускорений в расчётном положении точки $M_1$.

Относительное касательное ускорение $a_r^\tau$ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$, где $\ddot{S}_r = 18\pi = 56{,}5$ см/с$^2$. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,\tau}$ направлен по касательной в сторону положительного отсчёта траектории относительного движения. Относительное нормальное ускорение точки $a_r^n$ вычисляется по формуле: $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно 355,3 см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,n}$ направлен по радиусу диска к центру $C$ (рис. 3.9).

Угловое ускорение фигуры в момент времени $t_1 = 1$ с, $\varepsilon_e = |\ddot{\varphi}_e| = 4$ рад/с$^2$. Поскольку значение второй производной угла поворота отрицательное ($\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с$^2$), то угловое ускорение направлено в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота фигуры, как показано на рис. 3.9 дуговой стрелкой $\varepsilon_e$. Модуль переносного касательного ускорения $a_e^\tau$ определяется по формуле $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = \varepsilon_e \cdot AM_1$ и в момент времени $t_1 = 1$ с равен 41,6 см/с$^2$. Вектор переносного касательного ускорения точки $\vec{a}_e^\tau$ перпендикулярен $AM_1$ и направлен в сторону углового ускорения фигуры $\varepsilon_e$ (см. рис. 3.9). Переносное нормальное ускорение вычисляется по формуле $a_e^n = \omega_e^2 h_e = \omega_e^2 \cdot AM_1$ и на момент времени $t_1 = 1$ с: $a_e^n = 10{,}4$ см/с$^2$. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен вдоль отрезка $M_1A$ к оси вращения тела (см. рис. 3.9).

Модуль ускорения Кориолиса в момент времени $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega V_r =$ $=113{,}1$ см/с$^2$. По условию задачи вектор $\vec{V}_r$ скорости относительного движения точки перпендикулярен вектору $\vec{\omega}_e$ угловой скорости переносного движения. В этом случае для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения (см. рис. 3.9).

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси $M_1x$ и $M_1y$, как показано на рис. 3.9, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на эти оси. Получим:

$$a_x = -a_e^\tau \cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 230{,}4 \text{ см/с}^2;$$

$$a_y = a_e^\tau \cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^\tau = 97{,}9 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 250{,}3 \text{ см/с}^2.$$

**Задача 40.** Диск (рис. 3.10) вращается вокруг оси $O_1O_2$, проходящей вдоль вертикального диаметра, с угловой скоростью $\omega = 2t^2 + 4\cos\pi t$ рад/с. Положительное направление отсчёта угла поворота диска отмечено на схеме дуговой стрелкой $\varphi$. Вдоль другого диаметра диска, наклоненного под углом 30º к вертикальному, движется точка $M$ по закону $CM = S_r = (4t-1)^2 - 1$ см. Расстояние отсчитывается от точки $C$ на краю диска. Положительное направление движения точки $M$ показано стрелкой $S_r$. Радиус диска $R = 4$ см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки $M$ в момент времени $t_1 = 1$ с.

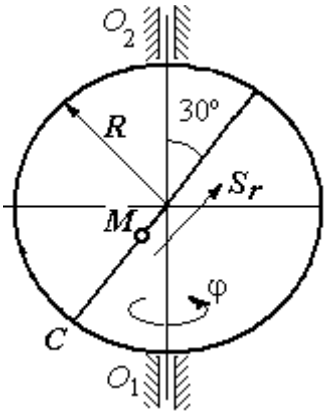


Рис. 3.10. Схема сложного движения точки

*Решение*

Переносным движением точки $M$ является вращение диска вокруг вертикального диаметра, относительным – её прямолинейное движение вдоль наклонного диаметра диска.

Расстояние $S_r$, пройденное точкой, к моменту времени $t_1 = 1$ с равно 8 см. При радиусе диска $R = 4$ см точка $M$ в данный момент времени находится на противоположном от точки $C$ конце диаметра. На рис. 3.11 это положение обозначено буквой $M_1$.

Угловая скорость диска равна модулю производной: $\omega = |\dot{\varphi}| = |2 + 4\cos\pi|$ и при $t_1 = 1$ с $\omega = 2$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по знаку производной $\dot{\varphi}$. В данном случае производная имеет отрицательное значение ($\dot{\varphi} = -2$ рад/с). Это означает, что вращение диска происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота. Направление угловой скорости диска в данный момент времени отмечено на рис. 3.11 дуговой стрелкой $\omega$.

Переносная скорость точки $V_e$ – это скорость точки $M_1$ на вращающемся диске: $V_e = \omega h_e = \omega \cdot KM_1$, где $KM_1 = h_e$ – расстояние от оси вращения диска до точки $M_1$. Очевидно, $KM_1 = 0{,}5R = 2$ см. При $t_1 = 1$ с величина переносной скорости $V_e = 4$ см/с. Вектор переносной скорости $\vec{V}_e$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ и направлен в сторону вращения диска (рис. 3.11, *a*).

(На рис. 3.11, *a* символ ⊙ рядом с вектором означает, что данный вектор направлен перпендикулярно плоскости рисунка «к нам», символ ⊕ – «от нас».)

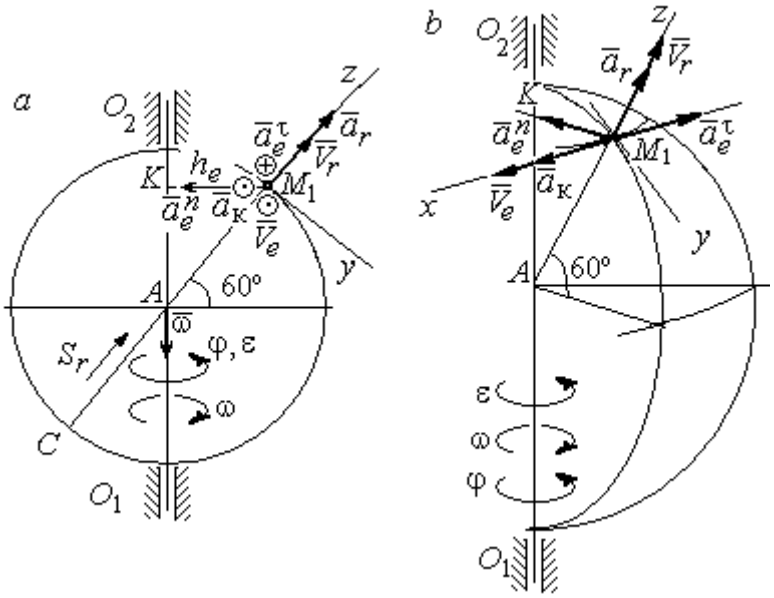



Рис. 3.11. Расчётная схема определения абсолютной скорости и ускорения точки:
*a* – плоская модель движения;
*b* – пространственная модель движения

Относительная скорость точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = \left|8(4t - 1)\right|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 24$ см/с. Положительное значение самой производной $\dot{S}_r$ указывает, что относительное движение точки в данный момент времени происходит в положительном направлении. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении $M_1$ направлен вдоль диаметра диска $CM_1$ в сторону движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Так как векторы $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$ взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_e^2 + V_r^2} = 24{,}33$ см/с. Вектор абсолютной скорости на рис. 3.11 не показан.

Абсолютное ускорение точки определяется векторной суммой, которая при прямолинейном относительном и вращательном переносном движениях представляется в виде: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}$.

Относительное ускорение точки $a_r = \left|\ddot{S}_r\right| = 32$ см/с$^2$. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r$ в точке $M_1$ направлен по линии движения точки в сторону положительного направления (см. рис. 3.11).

Угловое ускорение диска $\varepsilon = \left|\dot{\omega}\right| = \left|4t - 4\pi\sin\pi t\right|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon = 4$ рад/с$^2$. Положительное значение производной в данный момент времени ($\dot{\omega} = 4$ рад/с$^2$) означает, что угловое ускорение $\varepsilon$ направлено в сторону положительного направления отсчёта угла поворота диска. Направление углового ускорения показано на рис. 3.11 дуговой стрелкой $\varepsilon$. Модуль переносного касательного ускорения $a_e^{\tau}$ определяется по формуле $a_e^{\tau} = \varepsilon h_e$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{\tau} = 8$ см/с$^2$. Вектор ускорения $\vec{a}_e^{\tau}$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ в точке $M_1$ и направлен в сторону углового ускорения (противоположно вектору скорости).

Переносное нормальное ускорение $a_e^{n}$ рассчитывается по формуле $a_e^{n} = \omega^2 h_e = \omega^2 \cdot KM_1$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{n} = 8$ см/с$^2$. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^{n}$ направлен вдоль отрезка $M_1K$ к оси вращения диска (см. рис. 3.11).

Вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ составляет с вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}$ угол 150º. Модуль ускорения Кориолиса на момент времени $t_1 = 1$ с $a_{\text{к}} = 2\left|\omega\right\|V_r\left|\sin 150^\circ = 48\right.$ см/с$^2$. Направление вектора ускорения Кориолиса определяем по правилу Жуковского. Так, вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ проектируем на плоскость, перпенди-

кулярную вектору $\vec{\omega}$ (т. е. на плоскость, перпендикулярную оси вращения тела). На рис 3.11, *а* это будет проекция на линию $KM_1$. Далее следует повернуть вектор проекции относительной скорости вокруг оси вращения на 90° в сторону угловой скорости вращения диска. На рис 1.11, *а* вектор ускорения Кориолиса перпендикулярен плоскости рисунка в точке $M_1$ и направлен «на нас».

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси координат $M_1x$, $M_1y$ и $M_1z$, как показано на рис. 3.11 (на рис. 3.11, *а* ось $M_1x$ направлена перпендикулярно рисунку «к нам» и на рисунке не показана). Спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на оси

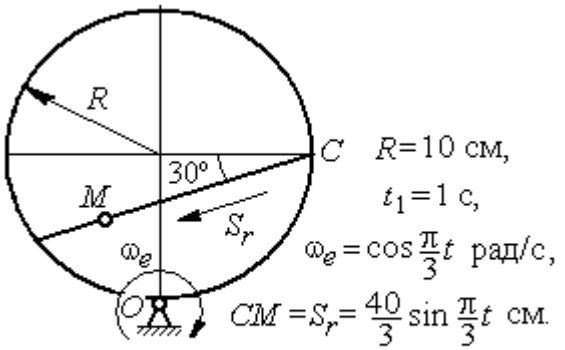
$$a_x = -a_e^{\tau} + a_{\text{к}} = 40 \text{ см/с}^2; \quad a_y = -a_e^n \cos 30^\circ = 6{,}93 \text{ см/с}^2;$$

$$a_z = a_r - a_e^n \cos 60^\circ = 28 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = 49{,}32$ см/с$^2$.

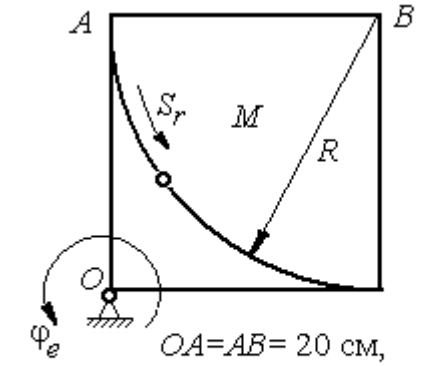
## Упражнения

Упражнение 3.1




Найти скорость и ускорение точки $M$ в момент $t = t_1$

Упражнение 3.2




Найти скорость и ускорение точки $M$ в момент $t = t_1 = 1$ с

Рис. 3.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 3.1, 3.2

# 4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

## 4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение материальной точки под действием системы сил $\vec{F}_1,\ \vec{F}_2,\ldots,\ \vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:**

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}\ ,\ m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}\ ,\ m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}\ .$$

Обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнения движения можно записать в виде:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx}\ ;\ m\ddot{y} = \sum F_{ky}\ ;\ m\ddot{z} = \sum F_{kz}\ ,$$

где $m$ – масса точки; $x$, $y$, $z$ – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций всех сил на оси координат.

Для удобства интегрирования дифференциальные уравнения движения иногда представляют в виде:

$$m\frac{dV_x}{dt} = \sum F_{kx}\ ;\ \ m\frac{dV_y}{dt} = \sum F_{ky}\ ;\ \ m\frac{dV_z}{dt} = \sum F_{kz}\ ,$$

где $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$ – проекции вектора скорости точки на оси координат.

В естественной системе координат движение материальной точки описывается уравнениями в естественной форме:

$$m\frac{dV}{dt} = \sum F_{k\tau}\ ;\ \ m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_{kn}\ ;\ 0 = \sum F_{kb}\ ,$$

где $\rho$ – радиус кривизны траектории; $\tau$, $n$, $b$ – оси естественного трехгранника – касательная, нормаль и бинормаль.

В общем случае правые части дифференциальных уравнений зависят от времени, положения и скорости точки. Интегрирование дифференциальных

уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

### Примеры решения задач на интегрирование уравнений движения

**Задача 41.** При обогащении по трению разделение частиц производится следующим образом. Барабанный питатель (рис. 4.1) сообщает частице в точке $A$ сортировочного стола $AB$ начальную скорость $V_0$, направленную вдоль поверхности стола, наклоненного под углом $\alpha$ к горизонту. Нижний край стола в точке $B$ поднят на высоту $h$ над уровнем пола. Частица скользит по столу, испытывая силу трения скольжения с коэффициентом трения $f$. Дойдя до края стола в точке $B$, частица отрывается от него и совершает свободное падение с высоты $h$. На каком расстоянии $CK = \ell$ на полу нужно установить стенку приёмного устройства, чтобы частицы с коэффициентом трения меньше заданного $f < f_1$ перелетали за точку $C$ и попадали в приёмник, а с большим коэффициентом $f > f_1$ – не долетали до него.

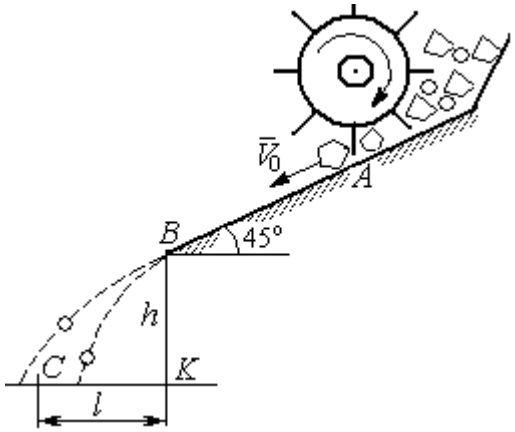


Рис. 4.1. Разделение частиц по трению

Начальная скорость частицы $V_0 = 1$ м/с, длина сортировочного стола $AB = S = 1{,}2$ м, угол наклона $\alpha = 45°$, высота точки отрыва $BK = h = 1{,}5$ м, заданный коэффициент трения для разделения частиц $f_1 = 0{,}4$.

*Решение*

Из условия задачи следует, что частица с коэффициентом трения, равным заданному, $f = f_1$ в конце своего движения (скольжение по столу + свободное падение) должна попасть ровно в точку $C$ (см. рис. 4.1).

Рассмотрим первый участок движения такой частицы – прямолинейное движение по шероховатой поверхности наклонного стола. На частицу действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Выберем систему координат *xAy*, направив ось *x* вдоль линии движения, а ось *y* – перпендикулярно ей (рис. 4.2). Движение частицы описывается уравнениями:

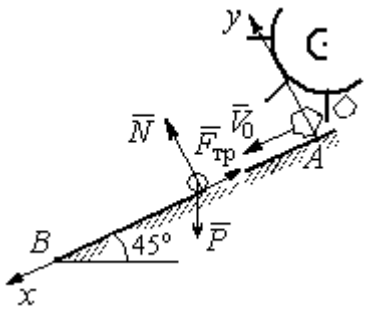


Рис. 4.2. Движение частицы по наклонной плоскости

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} = P\cos 45^\circ - F_{\text{тр}};$$

$$m\ddot{y} = \sum F_{ky} = -P\cos 45^\circ + N.$$

Поскольку вдоль оси *y* частица не перемещается, то $\ddot{y} = 0$. Тогда второе уравнение движения представляется в виде: $-P\cos 45^\circ + N = 0$, откуда реакция опоры частицы $N = mg\cos 45^\circ$. Сила трения, которую испытывает частица, двигаясь по сортировочному столу: $F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 45^\circ$, где $f$ – коэффициент трения.

Подставляя в уравнение движения частицы, выражение силы трения и полагая ускорение $\ddot{x} = \dfrac{dV_x}{dt}$, получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dV_x}{dt} = g(1-f)\cos 45^\circ \text{ или при } f = f_1 = 0{,}4: \ \frac{dV_x}{dt} = 4{,}18.$$

После интегрирования найдём скорость и закон движения частицы как функции времени: $V_x = 4{,}18t + C_1$; $x = 2{,}09t^2 + C_1 t + C_2$.

Константы интегрирования $C_1$, $C_2$ находятся из начальных условий движения. Подставляя начальные условия $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_x(0) = V_0$ в уравнение движения частицы, найдём $C_2 = 0$, $C_1 = V_0$.

Окончательно движение частицы на прямолинейном участке *AB* сортировочного стола описывается системой уравнений: $V_x = 4{,}18t + 1$; $x = 2{,}09t^2 + t$.

Допустим частица достигает края стола $B$ в момент времени $t = t_B$. Её координата равна длине сортировочного стола: $x(t_B) = S$, а скорость равна скорости отрыва её от стола: $V_x(t_B) = V_B$. Подставим эти условия в уравнения движения, получим систему: $V_B = 4{,}18t_B + 1$, $S = 2{,}09t_B^2 + t_B$, откуда скорость частицы в точке отрыва её от стола $V_B = \sqrt{1 + 8{,}36S}$. При длине стола $S$ = 1,2 м скорость отрыва $V_B$ = 3,32 м/с.

Рассмотрим участок $BC$ свободного падения частицы, брошенной с высоты $h$ с начальной скоростью $V_B$, направленной под углом 45° к горизонту (рис. 4.3). В полёте на частицу действует только сила тяжести $\vec{P}$. Выберем прямоугольную систему координат $xKy$ с началом координат в точке $K$ (см. рис. 4.3). Дифференциальные уравнения движения точки

$$m\ddot{x} = 0;\ m\ddot{y} = -P = -mg \text{ или } \ddot{x} = 0,\ \ddot{y} = -g.$$

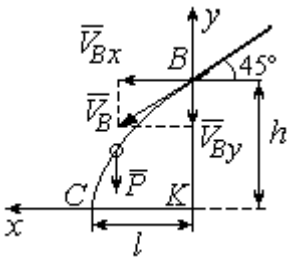


Рис. 4.3. Свободное падение частицы

Интегрируя первое уравнение, получим, что движение частицы вдоль оси $x$ описывается уравнениями $\dot{x} = C_3;\ x = C_3t + C_4$. Константы интегрирования $C_3$ и $C_4$. определяются из начальных условий движения: при $t$ = 0 , $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_{Bx}$, где $V_{Bx}$ – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось $x$, $V_{Bx} = V_B\cos45^\circ$ = 2,35 м/с. После подстановки начальных условий в уравнение движения частицы получим: $C_4$ = 0, $C_3$ = 2,35. В результате, движение частицы вдоль оси $x$ при её свободном падении описывается уравнением $x = 2{,}35t$.

Проинтегрируем уравнение движения частицы в направлении оси $y$. Получим: $\dot{y} = -gt + C_5$ и $y = -g\dfrac{t^2}{2} + C_5t + C_6$. Начальные условия движения частицы вдоль оси $y$: при $t$ = 0 , $y(0) = h$ = 1,5 м, $\dot{y}(0) = V_{By} = -V_B\cos45^\circ = -2{,}35$ м/с, где $V_{By}$ – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось $y$. Подставляя начальные

условия в уравнение движения, найдём: $C_6 = h$; $C_5 = V_{By} = -2{,}35$. Таким образом, движение частицы вдоль оси $y$ при её свободном падении описывается уравнением $y = -4{,}91t^2 - 2{,}35t + 1{,}5$.

В момент $t = t_{\text{п}}$ падения частицы на пол её вертикальная координата обращается в нуль: $y = 0$, а горизонтальная – равна дальности полёта: $x = \ell$. Подставляя эти условия в уравнения движения частицы, получим систему:

$$\ell = 2{,}35t_{\text{п}},\ 0 = -4{,}91t_{\text{п}}^2 - 2{,}35t_{\text{п}} + 1{,}5.$$

Исключая в системе время $t_{\text{п}}$, выразим уравнение для определения дальности горизонтального полёта: $\ell^2 + 1{,}12\ell - 1{,}68 = 0$. Отсюда находим: $\ell = 0{,}85$ м.

Таким образом, частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}4$ в конце своего движения падают на горизонтальную поверхность на расстоянии 0,85 м от края стола. Очевидно, именно здесь необходимо установить разделительную стенку приёмного устройства. Частицы с меньшим коэффициентом трения ($f < 0{,}4$) будут улетать за стенку, а при большем ($f > 0{,}4$) – недолетать. К примеру, длина горизонтального полёта частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}3$ составляет 0,89 м, а при $f = 0{,}5$ равна 0,61 м.

**Задача 42.** Материальная точка массой $m = 1$ кг движется прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10 - kt$ Н, где $k$ – коэффициент пропорциональности; $k = \text{const}$; $t$ – время в секундах. Определить величину коэффициента $k$, при котором скорость точки за первую секунду от начала движения увеличится от начального значения $V_0 = 2$ м/с до величины $V_1 = 10$ м/с, а также путь, пройденный точкой до остановки.

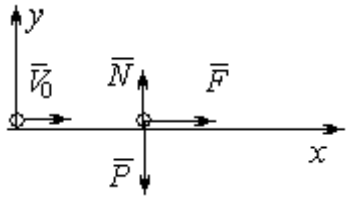


Рис. 4.4. Прямолинейное движение точки

*Решение*

Для описания движения точки выберем прямоугольную систему координат $x$, $y$ с началом в том месте, откуда точка начала движение (рис. 4.4).

На точку действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и заданная сила $\vec{F}$. Направление силы $\vec{F}$ на рис. 4.4 соответствует начальному этапу движения, когда проекция силы на ось *x* положительная. Движение точки описывается уравнением $m\ddot{x} = F_x = 10 - kt$.

Положим $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$. Здесь в силу того, что движение происходит только вдоль одной координаты, индекс *x* у скорости опущен. Учитывая массу точки, получим уравнение $\dfrac{dV}{dt} = 10 - kt$. Разделив переменные и проинтегрировав полученное уравнение, найдём закон изменения скорости точки $V = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + C_1$. Выражая скорость через производную от координаты $V = \dfrac{dx}{dt}$, получим дифференциальное уравнение $\dfrac{dx}{dt} = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + C_1$, интегрируя которое, найдём уравнение движения точки $x = 5t^2 - k\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$.

Подставляя начальные условия (при $t = 0$, $V = V_0 = 2$ м/с, $x = 0$) в уравнения, получим: $C_1 = 2$, $C_2 = 0$. Окончательно движение точки описывается системой уравнений: $V = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + 2$; $x = 5t^2 - k\dfrac{t^3}{6} + 2t$.

Известно, что через 1 с от начала движения точка приобрела скорость $V_1 = 10$ м/с. Подставляя это условие в первое уравнение, найдём $k = 4$.

В момент $t_1$ точка остановилась и её скорость обращается в нуль: $V(t_1) = 0$, а координата равна пройденному пути: $x(t_1) = S$. Подставляя эти условия в уравнения движения с учетом вычисленного значения коэффициента *k*, получим систему: $0 = 10t_1 - 2t_1^2 + 2$; $S = 5t_1^2 - \dfrac{2}{3}t_1^3 + 2t_1$, откуда находим путь, пройденный точкой до остановки: $S = 51{,}86$ м.

**Задача 43.** Материальная точка массой $m$ = 1 кг, находясь на высоте $h_1$ = 2 м над уровнем Земли, подброшена вертикально вверх (ось $x$) с начальной скоростью $V_0$ = 4 м/с (рис. 4.5, *a*). При движении на точку действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости, так, что проекция её на вертикаль направлена в сторону, противоположную движению, $R_x = -0{,}5mV^2$ Н, где $V$ – скорость точки. Определить, на какой высоте $h_2$ от уровня Земли скорость падающей обратно точки достигнет значения начальной стартовой скорости.

*Решение*

Решение задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе рассматривается движение точки вверх с высоты $h_1$ с начальной скоростью $V_0$ и определение максимальной высоты полёта $H$, на втором этапе – падение точки вниз с высоты $H$ без начальной скорости (рис. 4.5, *b*).

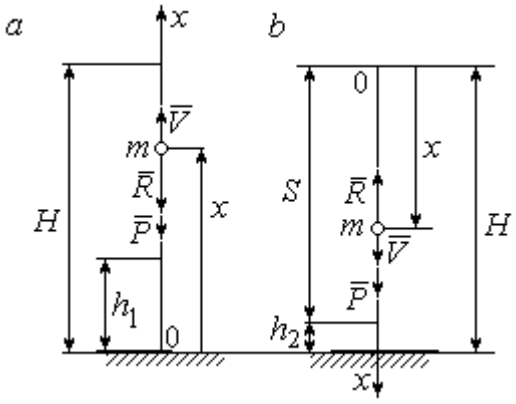



Рис. 4.5. Силы, действующие на точку в полёте:
*a* – движение точки вверх;
*b* – движение точки вниз

Рассмотрим первый этап движения и найдём максимальную высоту подъёма точки. На рис. 4.5, *a* показаны силы, действующие на точку в полёте: сила тяжести $\vec{P}$ и сила сопротивления $\vec{R}$. Ось $x$, вдоль которой происходит движение точки, выбрана по направлению движения, начало координат – на уровне Земли (см. рис. 4.5, *a*).

Дифференциальное уравнение движения точки в проекции на ось $x$: $m\ddot{x} = \sum F_x = P_x + R_x$, где проекции сил тяжести и сопротивления на ось $x$: $P_x = -P = -mg$; $R_x = -0{,}5mV^2$. Полагая $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$, получим уравнение движения точки в виде: $\dfrac{dV}{dt} = -(g + 0{,}5V^2)$.

Учитывая, что $\frac{dV}{dt}=\frac{dV}{dx}\frac{dx}{dt}=V\frac{dV}{dx}=\frac{dV^2}{2dx}$, исходное уравнение движения представляется в виде, удобном для интегрирования: $\frac{dV^2}{g+0{,}5V^2}=-2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g+0{,}5V^2)=-x+C$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, точка находилась на высоте $x = h_1$, а скорость её $V = V_0$. Подставив эти значения в проинтегрированное уравнение, получим: $C=h_1+\ln(g+0{,}5V_0^2)$. Окончательно положение точки в полёте определяется выражением $x=h_1+\ln\left(\frac{g+0{,}5V_0^2}{g+0{,}5V^2}\right)$.

При максимальном подъёме точки, т. е. при $x=H$, её скорость обращается в нуль: $V = 0$. Подставляя $H$, получим: $H=h_1+\ln\left(1+\frac{V_0^2}{2g}\right)$. При начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, с учётом высоты точки старта $h_1 = 2$ м, высота подъёма точки относительно уровня Земли $H = 2{,}6$ м.

Рассмотрим второй этап решения задачи – движение точки вниз с максимальной высоты $H$ без начальной скорости. Выберем ось $x$ по направлению движения и поместим начало координат в точке, откуда началось движение вниз (рис. 4.5, *b*). Дифференциальное уравнение движения падающей точки: $m\frac{dV}{dt}=P_x+R_x = mg-0{,}5mV^2$, которое, как и в предыдущем случае, приводится к виду: $\frac{dV^2}{g-0{,}5V^2}=2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g-0{,}5V^2)=-x+C_1$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, координата точки и скорость равны нулю: $x = 0$, $V = 0$. Подставив эти значения, находим: $C_1=\ln g$.

Окончательно положение падающей точки определяется выражением $x = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V^2}\right)$.

Расстояние $S$, которое пролетела точка с высоты $H$, приобретя скорость, $V_0$: $S = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V_0^2}\right)$. Высота $h_2$ этого положения от уровня Земли: $h_2 = H - S$ (см. рис. 4.5, *b*). С учётом величины начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, максимальной высоты подъёма точки $H = 2{,}6$ м высота $h_2 = 0{,}91$ м.

**Задача 44**. Точка 1 движется горизонтально с постоянной скоростью $V_1$ на высоте $h$. Точка 2 массой $m_2$ находится в начале координат (рис. 4.6).

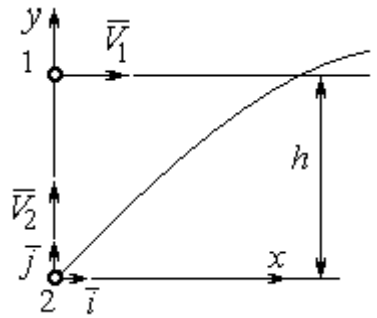


Рис. 4.6. Схема встречного движения точек

В момент, когда обе точки находились на одной вертикали $y$, точка 2 стартовала вертикально вверх со скоростью $V_2$. В полёте на точку 2 действует отклоняющая сила $\vec{F}_2$, которая представлена в виде разложения по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ системы координат $xy$: $\vec{F}_2 = p\vec{i} + q\vec{j}$, где $p$, $q$ – const. С какой скоростью $V_2$ должна стартовать точка 2, чтобы обе точки встретились.

*Решение*

Рассмотрим движение точки 2. На точку действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, проекции которой на оси $x$, $y$: $F_{2x} = p$, $F_{2y} = q$ (рис. 4.7).

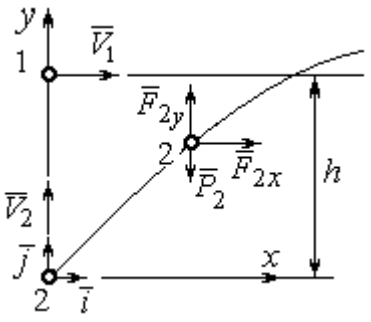


Рис. 4.7. Расчётная схема встречи точек

Уравнения движения точки в проекциях на оси $xy$ имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = p,\ m_2\ddot{y} = q - m_2 g.$$

Дважды интегрируя первое уравнение, полу-

чим: $\dot{x} = \frac{p}{m_2}t + C_1$; $x = \frac{p}{2m_2}t^2 + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования найдём из условия, что в начальный момент вторая точка стартовала из начала координат вертикально, то есть при $t = 0$ $x = 0$ и $\dot{x} = V_{2x} = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = 0$. Таким образом, движение точки 2 вдоль оси $x$ описывается уравнением $x = \frac{p}{2m_2}t^2$.

Аналогично, дважды интегрируя второе уравнение движения, получим зависимость скорости движения точки 2 от времени и закон её движения вдоль оси $y$: $\dot{y} = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)t + C_3$; $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + C_3 t + C_4$. Из начальных условий: при $t = 0$ $y = 0$, $\dot{y} = V_{2y} = V_2$ следует: $C_3 = V_2$, $C_4 = 0$.

В результате закон движения точки 2 вдоль оси $y$: $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + V_2 t$.

Обозначим $t_1$ – время движения точек до встречи. В момент встречи высота точки 2 $y(t_1) = h$, а расстояние по горизонтали, которое прошла точка 2 до встречи, должно быть равно расстоянию, пройденному точкой 1 за это же время. Подставляя условия встречи в уравнения движения, получим систему:

$$V_1 t_1 = \frac{p}{2m_2}t_1^2; \qquad h = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1^2}{2} + V_2 t_1,$$

откуда найдём: $V_2 = \frac{h}{t_1} - \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1}{2}$, где $t_1 = \frac{2V_1 m_2}{p}$.

## Упражнения

Упражнение 4.1. Тело массы $m$ = 2 кг поднимается по прямой по шероховатой поверхности, составляющей угол 30° с горизонтом. Коэффициент трения $f$ = 0,4. На тело действует сила $F = kt + 0{,}5P$, направленная в сторону движения, параллельно плоскости. Определить величину коэффициента $k$ и начальную скорость тела, направленную вверх по наклонной плоскости, если за первую секунду тело прошло путь $S$ = 2 м, а скорость увеличилась вдвое относительно начальной.

Упражнение 4.2. Материальную точку массы $m$ = 1 кг, находящуюся на высоте $H$ = 10 м над уровнем Земли, бросили под углом φ = 30° к горизонту с начальной скоростью $V_0$. Свободное движение точки происходит в вертикальной плоскости. Определить начальную скорость $V_0$ и горизонтальную дальность полета $l$ при падении точки на Землю, если высоту $h$ =7 м она пересекла через 1 с от начала движения.

## 4.2. Колебания материальной точки

Если материальная точка массой $m$ движется вдоль оси О$x$ под действием линейной восстанавливающей силы, равной $F = cx$, где $c$ – постоянный коэффициент, $x$ – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало координат, то дифференциальное уравнение свободных прямолинейных колебаний имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,\ \omega^2 = \frac{c}{m},$$

где $\omega$ – угловая частота колебаний.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$. Постоянные интегрирования $C_1$ и $C_2$ находятся из начальных условий.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.** В случае гармонического возмущения $Q = H\sin pt$, где $H$, $p$ – амплитуда и угловая частота возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,\ \omega^2 = \frac{c}{m},\ h = \frac{H}{m}$$

где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний; $h$ – относительная амплитуда возмущающей силы.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при отсутствии резонанса (частота собственных колебаний точки не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$) имеет вид:

$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае возникновения резонанса ($p = \omega$) определяется формулой: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \dfrac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ находятся с учётом начальных условий движения.

Колебания груза на двух параллельных пружинах с жесткостью $c_1$ и $c_2$ можно рассматривать как колебания груза на одной пружине с эквивалентной жесткостью $c_{экв} = c_1 + c_2$, где $c_{экв}$ – жесткость эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{экв} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$.

## Примеры решения задач на колебания точки

**Задача 45.** Подъёмное устройство (рис. 4.8) опускает груз $Q$ массой $m = 400$ кг в шахту при помощи упругого троса с коэффициентом жесткости $c = 8 \cdot 10^4$ Н/м с постоянной скоростью $V = 10$ м/с. В некоторый момент во время спуска трос защемило в блоке. Пренебрегая массой троса, определить дальнейшее движение груза и найти максимальную силу натяжения троса.

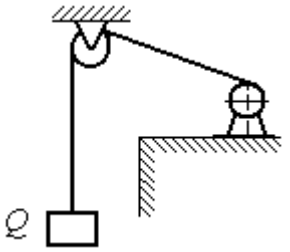


Рис. 4.8. Подъёмное устройство

*Решение*

После того как произошло защемление троса в обойме блока, вертикальную часть троса длиной $\ell_0$ можно рассматривать как пружину с закреплённым верхним концом, а груз – материальной точкой.

Расчетная схема колебаний груза $Q$ на пружине показана на рис. 4.9.

Ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, направлена вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* (точка *O*) выбрано в положении нерастянутой пружины.

На рис. 4.9, *a* положение нерастянутой пружины соответствует положению груза на тросе в момент его защемления. В произвольном положении груза (рис. 4.9, *b*), обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{Q}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -cx$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox* имеет вид: $m\ddot{x} = Q - cx$. В результате получаем неоднородное дифференциальное уравнение колебаний:

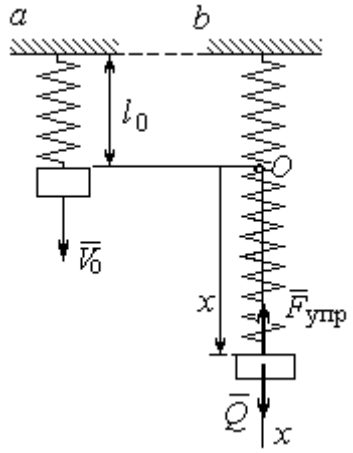



Рис. 4.9. Расчётная схема колебаний груза:
*a* – положение груза на начало колебаний; *b* – положение груза в произвольный момент времени

$$m\ddot{x} + cx = mg \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = g,$$

где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}14$ рад/с.

Решение неоднородного дифференциального уравнения представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{g}{\omega^2}$, где первые два слагаемых представляют общее решения однородного уравнения, последнее – частное решение неоднородного

Для определения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ используем начальные условия движения: при $t = 0$ груз находился в положении $x = 0$, а его скорость равнялась скорости груза $\dot{x} = V_0 = 10$ м/с. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний, полу-

чим: $C_1 = -\frac{g}{\omega^2} = -0{,}69$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставив начальное значение скорости груза при $t = 0$, получим: $C_2 = \frac{V_0}{\omega} = 0{,}71$ м. Окончательно, движение груза после защемления троса в обойме блока описывается уравнением

$$x = -0{,}69\cos 14{,}14t + 0{,}71\sin 14{,}14t + 0{,}69.$$

Представим уравнение колебаний в виде $x = A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}$, где $A$ – амплитуда собственных колебаний груза $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, $\alpha$ – фаза колебаний; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$. Максимальное растяжение троса равно максимальному значению координаты груза: $x_{\max} = \max[A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}] = A + \frac{g}{\omega^2} = 1{,}68$ м. Соответственно, максимальное усилие в тросе равно значению силы упругости при максимальном растяжении: $F_{\text{упр max}} = cx_{\max} = 134{,}4$ кН.

**Задача 46.** Рабочий орган вибрационной машины представляет собой массивное тело, расположенное на гладкой наклонной плоскости между двумя пружинами (см. рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 60º. Масса груза $m = 9$ кг. Пружины, зажимающие груз, имеют коэффициенты жесткости $c_1 = 300$ Н/м и $c_2 = 600$ Н/м.

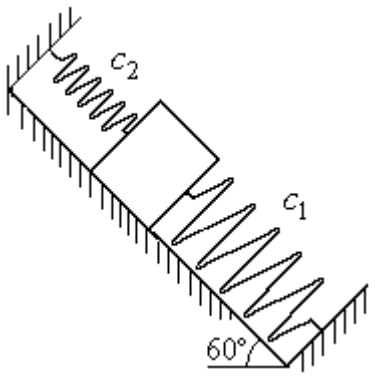


Рис. 4.10. Колебания груза на наклонной плоскости

В начальный момент груз, когда пружины не деформированы, груз оттягивают вниз по наклонной плоскости на расстояние $\Delta\ell = 0{,}12$ м и отпускают без начальной скорости.

Найти период колебаний, амплитуду и уравнение движения груза.

*Решение*

Колебания груза, зажатого между двумя пружинами, представим как колебания груза, прикреплённого к одной пружине эквивалентной жёсткости: $c_э = c_1 + c_2$ = 900 Н/м (рис. 4.11). Ось, вдоль которой происходят колебания, направим вниз по наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты груза $x$ выберем в положении его статического равновесия (точка $O$) (см. рис. 4.11).

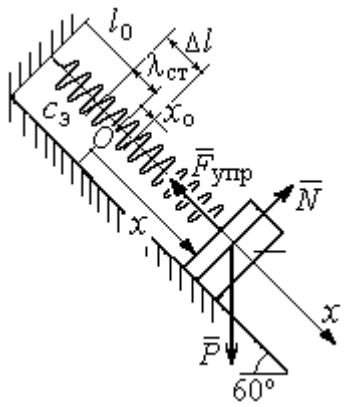



Рис. 4.11. Схема колебаний груза на эквивалентной пружине

Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось $Ox$: $m\ddot{x} = P_x - F_{упр\,x}$. Проекция силы упругости пружины на ось $Ox$: $F_{упр\,x} = -c_э \Delta\ell$, где $\Delta\ell = (x + \lambda_{ст})$ – удлинение пружины, включающее её растяжение $\lambda_{ст}$ относительно положения нерастянутой пружины и растяжение $x$ относительно начала координат.

Удлинение пружины $\lambda_{ст}$ определяется из условия равновесия груза на наклонной плоскости в положении статического равновесия:

$$P\cos 30^\circ - F_{упр} = 0{,}87mg - c_э\lambda_{ст} = 0.$$

Находим $\lambda_{ст} = \dfrac{0{,}87mg}{c_э} = 0{,}085$ м.

Подставляя выражение силы упругости, с учётом условия статического равновесия груза ($0{,}87mg = c_э\lambda_{ст}$), получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} = -c_э x$ или $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 10$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных $C_1$ и $C_2$ вычислим начальные условия движения груза.

Координата начального положения груза на оси $Ox$ (см. рис. 4.11) $x_0 = \Delta\ell - \lambda_{ст} = 0{,}035$ м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим: $C_1 = x_0 = 0{,}035$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega_2 \sin\omega_2 t + C_2\omega_2 \cos\omega_2 t$. Подставив начальное значение скорости груза: при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза относительно его положения статического равновесия $x(t) = 0{,}035\cos 10t$ м. Амплитуда колебаний $A = 0{,}035$ м. Период колебаний $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 0{,}63$ с.

**Задача 47.** Пружинный амортизатор состоит из двух одинаковых вертикально стоящих пружин, к верхним концам которых прикреплена невесомая горизонтальная площадка (рис. 4.12). Жёсткость каждой пружины $c$ = 350 Н/м. Груз массой $m$ = 5 кг падает с высоты $h$ = 0,3 м.

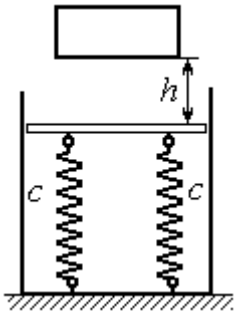


Рис. 4.12. Пружинный амортизатор

Коснувшись площадки, груз начинает двигаться вместе с ней. Определить максимальную осадку амортизатора и уравнение движения груза.

*Решение*

Заменим две пружины амортизатора одной с жесткостью, эквивалентной двум пружинам: $c_э = 2c$ = 700 Н/м. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.13. Начало координат оси $x$ (точка $O$), вдоль которой происходят колебания, выбрано на уровне статического равновесия груза.

При движении (на рис. 4.13, $c$ предполагается движение груза вниз) на груз действуют сила упругости $\vec{F}_{упр}$ и сила тяжести $\vec{P}$. Уравнение движения груза в проекции на ось $x$: $m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение (или сжатие) пружины относительно недеформированного состояния.

В произвольном положении груза, обозначенном координатой $x$ (см. рис. 4.13, *c*), сжатие пружины относительно её недеформированного состояния (см. рис. 4.13, *a*) составляет величину: $\Delta\ell = x + \lambda_{ст}$. Величина $\lambda_{ст}$ находится из условия статического равновесия груза, которое выражается равенством (рис. 4.13, *b*): $P - F_{упр\,ст} = P - c_э\lambda_{ст} = 0$.

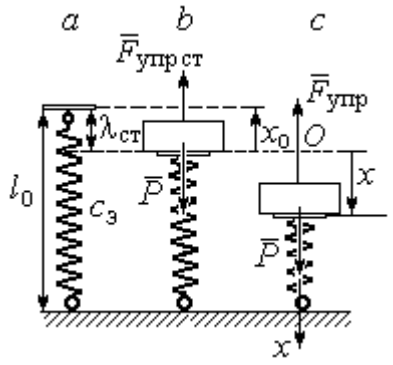



Рис. 4.13. Расчётная схема колебаний на эквивалентной пружине:
*a* – недеформированная пружина;
*b* – положение статического равновесия груза; *c* – произвольное положение

Подставляя это условие в уравнение движения груза, получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} + c_э x = 0$ или $m\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}}$ = 11,83 рад/с – угловая частота колебаний.

Общее решение однородного уравнения колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где $C_1$ и $C_2$ – произвольные постоянные, вычисляемые по начальным условиям движения груза.

По условию задачи груз падает на площадку, установленную на недеформированных пружинах. Это означает, что начальная координата груза при его движении на пружинах соответствует положению недеформированной пружины: $x_0 = -\lambda_{ст} = -\dfrac{mg}{c_э} = -0{,}07$ м.

Начальная скорость колебаний груза равна скорости груза при падении его с высоты 1 м. Интегрируя уравнение движения груза во время падения $m\ddot{s} = mg$, где $s$ – путь, пройденный телом, получим зависимость скорости от пройденного пути: $V^2 = 2gs$. Полагая $s$ = 0,3, найдём скорость груза при его встрече с площадкой: $V$ = 2,43 м/с. Проекция начальной скорости колебаний груза на ось $x$ положительна: $V_{0x} = V$ = 2,43 м/с.

Подставив начальные условия в общее решение уравнения колебаний, получим: $C_1 = x_0 = -0{,}07$ м; $C_2 = \frac{V_{0x}}{\omega} = 0{,}2$ м. Окончательно уравнение колебаний груза на амортизаторе $x = -0{,}07\cos 11{,}83t + 0{,}2\sin 11{,}83t$. Амплитуда колебаний $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0{,}21$ м. Проседание амортизатора $H$ отсчитывается от положения нерастянутых пружин: $H = A + \lambda_{ст} = 0{,}28$ м.

**Задача 48.** Для регистрации (записи) вертикальных колебаний тяжёлых платформ используется пружинный виброграф (рис. 4.14). Схема действия прибора состоит в следующем. Массивная платформа $A$ совершает вертикальные гармонические колебания по закону $\xi = \xi(t)$. На платформе установлена вертикальная стойка с горизонтальной перекладиной, к которой прикреплена пружина жесткостью $c$. К нижнему концу пружины подвешен груз $P$ массой $m$ с индикаторной стрелкой $B$ (см. рис. 4.14). Вертикальная шкала индикаторной стрелки закреплена на платформе $A$. В начальный момент груз на пружине находился в покое в положении статического равновесия. Определить закон колебаний стрелки $B$ вдоль шкалы, если масса груза $m = 1$ кг, жесткость пружины $c = 10$ Н/м, платформа совершает вертикальные колебания по закону $\xi = a\sin pt$ см, где амплитуда $a = 0{,}02$ м, частота колебаний платформы $p = 7$ рад/с.

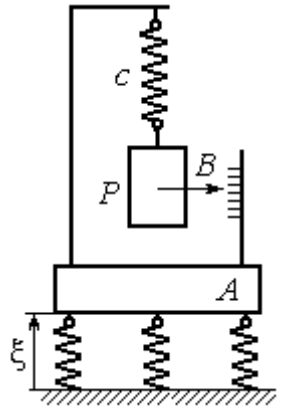


Рис.4.14. Регистратор вертикальных колебаний

*Решение*

Выберем неподвижную ось $x$, связанную, например, с неподвижной поверхностью, на которой стоит платформа. Начало координат – точку $O$ выберем на уровне статического равновесия груза на пружине при неподвижной платформе. Произвольное положение груза отмечено координатой $x$ (рис. 4.15).

Растяжение пружины при неподвижной платформе составляет величину $x+\lambda_{ст}$, где $\lambda_{ст}$ – удлинение пружины в положении статического равновесия груза, определяемое из условия $P-c\lambda_{ст}=0$. Вместе с тем колебание платформы вызывает аналогичное смещение точки подвеса пружины. В результате растяжение пружины при произвольном положении груза равно сумме: $\Delta\ell=(x+\lambda_{ст}+\xi)$.

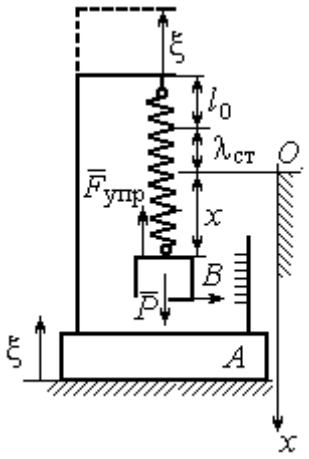


Рис. 4.15. Расчётная схема колебаний груза

На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{упр}$. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*: $m\ddot{x}=P_x+F_{упр\,x}$, где проекции $P_x=P$, $F_{упр\,x}=-c\Delta\ell=-c(x+\lambda_{ст}+\xi)$. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.15.

С учётом условия статического равновесия груза $P-c\lambda_{ст}=0$ получим дифференциальное уравнение вынужденных колебаний груза в виде:

$$\ddot{x}+\omega^2x=-h\sin pt,$$

где $\omega$ – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega=\sqrt{\dfrac{c}{m}}=3{,}16$ рад/с;

$h$ – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h=\dfrac{ca}{m}$ = 0,2 м/с$^2$;

$p$ – угловая частота вынужденных колебаний, $p$ = 7 рад/с.

Решение уравнения вынужденных колебаний представляется суммой $x=x_1+x_2$, где $x_1$ является общим решением однородного уравнения $\ddot{x}_1+\omega^2x_1=0$, а $x_2$ – частное решение уравнения вынужденных колебаний: $\ddot{x}_2+\omega^2x_2=-h\sin pt$.

Решив однородное уравнение, находим: $x_1=C_1\cos\omega t+C_2\sin\omega t$.

При отсутствии резонанса (а в данном случае частота вынужденных колебаний груза не совпадает с частотой собственных $\omega \neq p$) частное решение уравнения вынужденных колебаний ищем в виде $x_2 = b\sin pt$. Подставляя частное решение в уравнение вынужденных колебаний, получим уравнение $-bp^2\sin pt + \omega^2 b\sin pt = -h\sin pt$, откуда находим коэффициент: $b = \dfrac{h}{p^2 - \omega^2}$.

В результате общее решение уравнения колебаний принимает вид:

$$x = x_1 + x_2 = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{p^2 - \omega^2}\sin pt,$$

где константы $C_1$ и $C_2$ подлежат определению.

В начальный момент груз находился на пружине в положении статического равновесия, и потому его начальная координата и скорость равны нулю Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при $t$ = 0, получим $C_1$= 0. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \dfrac{hp}{p^2 - \omega^2}\cos pt$. Подставив начальное значение скорости груза, найдём $C_2 = -\dfrac{hp}{\omega(p^2 - \omega^2)} = -0{,}01$ м.

Таким образом, колебания груза относительно неподвижной системы координат описываются уравнением $x = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t$ и представляют абсолютное движение груза. Для того чтобы найти закон движения груза относительно платформы – относительное движение, нужно из его абсолютного движения исключить переносное – колебания платформы. Поскольку стрелка прибора закреплена на грузе, а шкала – на платформе, то закон движения стрелки относительно шкалы:

$$x_r = x - \xi = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t - 0{,}02\sin 7t = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}03\sin 7t.$$

## Упражнения

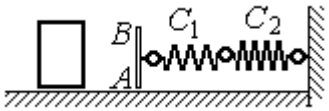



Рис. 4.16. Схема движения груза

Упражнение 4.3. Груз массы $m$ = 0,5 кг, получив начальную скорость $V_0$ = 6 м/с, движется по горизонтальной поверхности, испытывая силу сопротивления, равную по величине $F = kV$ и направленную в сторону, противоположную движению. Через 1 с груз соединяется с невесомой вертикальной площадкой $AB$ и продолжает движение вместе с ней, уже без сопротивления. К площадке прикреплены две горизонтальные последовательно соединённые пружины жёсткостью $C_1$ = 120 и $C_2$ = 40 Н/м (рис. 4.16).

Найти величину максимального сжатия пружины, если $k$ = 0,5 Н/м/с. Определить закон движения груза.

Упражнение 4.4. Груз массы $m$ =1 кг прикреплен к конструкции, состоящей из трёх вертикальных пружин одинаковой жёсткости $C$ = 160 Н/м (рис. 4.17), и находится в равновесии. В некоторый момент времени грузу сообщают скорость $V$ = 4 м/с, направленную вверх.

Найти амплитуду и частоту колебаний груза.

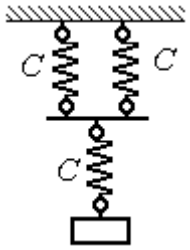



Рис. 4.17. Схема крепления груза на пружинах

### 4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки

**Работой постоянной по величине и направлению силы** $\vec{F}$ на прямолинейном перемещении точки приложения силы $M$ (рис. 4.18) называется скалярная величина $A(\vec{F}) = FS\cos\alpha$, где $F$ – модуль силы; $S$ – конечное перемещение точки приложения силы; $\alpha$ – угол между направлением вектора силы и направлением перемещения точки приложения силы.

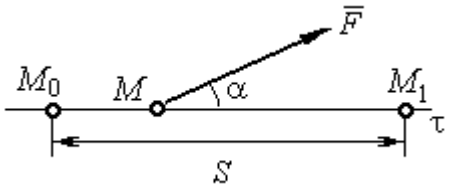



Рис. 4.18. Работа постоянной силы на прямолинейном участке

**Работа силы тяжести** материальной точки при перемещении её из положения $M_0$ в положение $M_1$ равна произведению $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где $P$ – величина силы тяжести точки; $h$ – вертикальное перемещение точки (рис. 4.19).

Работа силы тяжести положительна, если начальная точка движения выше конечной (см. рис. 4.19, *a*), и отрицательна, если начальная точка ниже конечной (см. рис. 4.19, *b*).

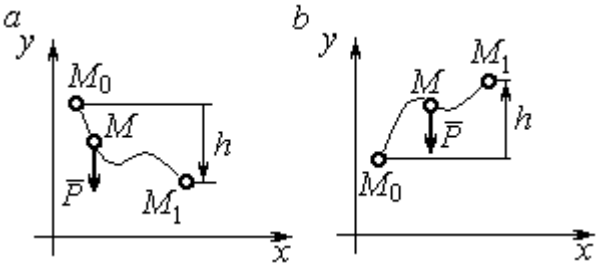



Рис. 4.19. Работа силы тяжести:
*a* – перемещение точки сверху вниз;
*b* – перемещение точки снизу вверх

**Работа силы упругости пружины** при перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние *h* определяется формулой $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\frac{ch^2}{2}$, где $c$ – коэффициент жесткости (или жёсткость) пружины.

**Кинетической энергией материальной точки** называется скалярная величина $T = \frac{1}{2}mV^2$, где *m* – масса точки; *V* – её скорость.

**Теорема об изменении кинетической энергии точки**. Изменение кинетической энергии материальной точки при переходе её из начального положения в текущее равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где $V_0$, $V_1$ – скорость точки в начальном положении $M_0$ и в положении $M_1$; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при перемещении её из положения $M_0$ в положение $M_1$. При несвободном движении точки в сумму работ сил войдёт и работа реакций связи.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат, $\rho$ – радиус кривизны траектории точки.

## Примеры решения задач с использованием теоремы об изменении кинетической энергии точки

**Задача 49.** Подъёмное устройство в шахте опускает груз массой 500 кг с постоянной скоростью $V_0$ = 6 м/с. После обрыва каната подъёмника срабатывает предохранительное устройство, которое создаёт силу трения между лифтом подъёмного устройства и стенками шахты. Какую силу трения, считая её постоянной, должно создать предохранительное устройство, чтобы остановить лифт на протяжении пути 10 м.

*Решение*

Рассмотрим падение груза после обрыва каната подъёмника. На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, направленная в сторону, противоположную движению. Считая груз материальной точкой, составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки. Получим выражение $\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = Ps - F_{\text{тр}}s$, где $V_0$, $V$ – скорость груза в начале движения (сразу после обрыва каната) и в конце; $s$ – путь, проходимый грузом за время движения. В конце движения груз должен остановиться, то есть $V$ = 0. Тогда уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\frac{mV_0^2}{2} = \left(P - F_{\text{тр}}\right)s$, откуда находим требуемую для остановки груза силу трения: $F_{\text{тр}} = P + \frac{mV_0^2}{2s}$. Подставляя условия задачи, получим: $F_{\text{тр}}$ = 5,81 кН

**Задача 50.** Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг сопряженных окружностей радиусов $R$ = 1 м и $r$ = 0,5 м (рис. 4.20). Линия $OO_1$, соединяющая центры окружностей, составляет с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик весом $P$ = 10 Н. В точке $A$, положение которой на дуге радиуса $R$ определяется углом $\alpha$ = 60°, шарику сообщают начальную скорость $V_0$, после чего он скользит по стержню без трения. Опре-

делить значение начальной скорости, при которой шарик достигнет наивысшей точки $B$ со скоростью, равной половине начальной. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке $C$, положение которой на дуге радиуса $r$ определяется углом $\beta = 90°$ относительно линии центров.

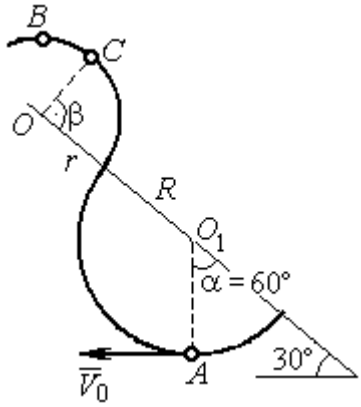


Рис. 4.20. Движение шарика по изогнутому стержню

*Решение*

При движении шарика по стержню без трения на него действуют сила тяжести $\vec{P}$ и реакция опоры $\vec{N}$. При этом работу совершает только сила тяжести шарика. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня и потому её работа равна нулю.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении её из начального положения $A$ в положение $B$ имеем равенство:

$$\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = -Ph_{(AB)},$$

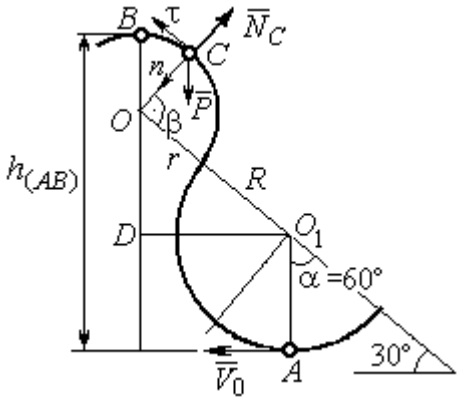


Рис. 4.21. Расчётная схема движения шарика

где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек $B$ и $A$, $h_{(AB)} = R + DO + r = \frac{3}{2}(R + r)$ (см. рис. 4.21); $V_A$, $V_B$ – скорость шарика в точках $A$ и $B$, причём $V_A = V_0$, $V_B = 0{,}5V_0$.

В результате уравнение, составленное на основании теоремы об изменении кинетической энергии, принимает вид: $\frac{3V_0^2}{8} = g\frac{3}{2}(R + r)$, откуда $V_0 = 2\sqrt{(R + r)g} = 7{,}67$ м/с.

На рис. 4.21 показаны силы, приложенные к шарику, в момент, когда он находится в точке *C*. Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль $Cn$. Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N_C$, откуда найдём реакцию $N_C$.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *C* в положение *B*. Получим равенство $\dfrac{mV_B^2}{2} - \dfrac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где $h_{(CB)}$ – перепад высот при движении шарика из начального положения *C* в положение *B*. С учётом известных значений $V_B = 0{,}5V_0 =$ 3,84 м/с и $h_{(CB)} = r\cos 30^\circ =$ 0,43 м получим: $V_C = \sqrt{V_B^2 + 2gh_{(CB)}} =$ 4,82 м/с.

Из уравнения движения шарика находим реакцию опоры $N_C = P\cos 30^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r} =$ – 38,7 Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика показывает, что фактическое направление реакции противоположно тому, как показано на рис. 4.21. Искомое давление шарика на трубку равно модулю реакции опоры.

**Задача 51.** Желоб состоит из шероховатой наклонной прямой *AB* и гладкой дуги окружности радиуса *r* = 0,8 м, сопряжённых в точке *B* так, что прямая *AB* является касательной к окружности в точке *B* (рис. 4.22). Положение точки *B* на дуге задаётся углом 30º относительно вертикального диаметра окружности. Тяжёлый шарик массой *m* = 0,5 кг начинает движение из точки *A* со скоростью $V_0 = 0{,}2$ м/с.

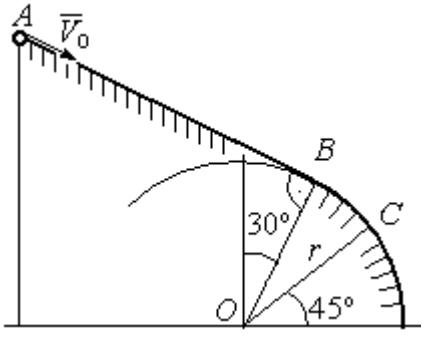


Рис. 4.22. Движение точки по составному желобу

Какой длины *S* должен быть желоб *AB*,

чтобы шарик оторвался от окружности в точке $C$, определяемой углом 45º относительно горизонтального диаметра, если при движении по прямой $AB$ шарик испытывает сопротивление скольжения с коэффициентом трения $f = 0{,}4$.

*Решение*

Рассмотрим движение шарика по дуге окружности. Проведём в точке $C$ оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль $Cn$ (рис. 4.23). На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция $\vec{N}_C$ опоры в точке $C$. Уравнение движения шарика в проекции на ось $Cn$ имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 45^\circ - N_C$, где $V_C$ – скорость шарика в точке $C$. Реакция опоры $N_C = P\cos 45^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r}$.

В момент отрыва шарика в точке $C$ реакция опоры обращается в ноль: $N_C = 0$. В результате получаем уравнение $V_C^2 = rg\cos 45^\circ$, из которого находим скорость шарика в момент его отрыва от опоры: $V_C = 2{,}36$ м/с.

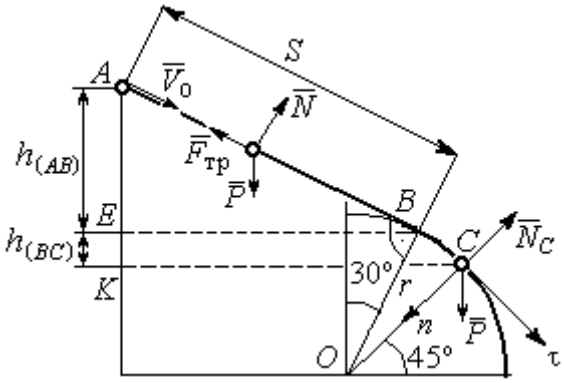



Рис. 4.23. Расчётная схема движения точки

Рассмотрим движение шарика из начального положения $A$ в положение $C$. На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и, при движении по наклонной прямой $AB$, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (см. рис. 4.23). Работу совершают сила тяжести шарика и сила трения. Реакция опоры $\vec{N}$ и в том и другом случае перпендикулярна траектории движения, и её работа равна нулю.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки $\dfrac{mV_C^2}{2} - \dfrac{mV_A^2}{2} = Ph_{(AC)} - F_{\text{тр}}S$, где $S$ – длина участка $AB$; $h_{(AC)}$ – перепад высот на участке $AC$ (см. рис. 4.23); $h_{(AC)} = h_{(AB)} + h_{(BC)} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right)$.

Модуль силы трения: $F_{\text{тр}} = fN$. Для того чтобы найти реакцию $N$ опоры шарика на наклонную поверхность желоба $AB$, составим проекцию уравнения движения шарика на ось $y$, перпендикулярную $AB$ (на рис. 4.23 не показана). Получим: $m\ddot{y} = N - P\cos 30^\circ = 0$. Отсюда $N = P\cos 30^\circ$ и сила трения $F_{\text{тр}} = fP\cos 30^\circ$.

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии точки найдём выражение для определения длины $S$ участка $AB$:

$$\frac{V_C^2 - V_A^2}{2g} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right) - fPS\cos 30^\circ,$$

откуда получим $S = 1$ м.

**Задача 52.** Груз подвешен на нити длиной $l = 1$ м, закреплённой в неподвижной точке $O$ (рис. 4.24). В начальный момент груз находился в положении $A$, при котором линия $OA$ составляет с вертикалью угол $60°$. В этом положении грузу сообщают начальную скорость $\vec{V}_0$, перпендикулярно нити. Достигнув горизонтального положения, нить, натянутая грузом, встречает препятствие в виде тонкой проволоки в точке $O_1$, расположенной на середине длины нити, и дальше навивается на неё.

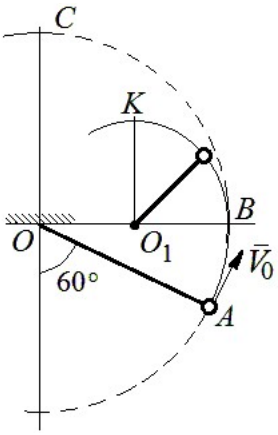


Рис. 4.24. Схема движения груза на нити

Какую минимальную начальную скорость нужно сообщить грузу в точке $A$, чтобы после встречи нити с проволокой в $O_1$ груз проскочил верхнюю точку траектории $K$. На какую максимальную высоту (относительно горизонтального диаметра $OB$) поднимется груз, двигаясь из той же точки $A$ и с той же начальной скоростью, если нить будет двигаться беспрепятственно. Определить скачок натяжения нити в точке $B$ при переходе груза с одной траектории на другую.

*Решение*

Построим оси естественной системы координат $n K \tau$ в точке $K$ траектории – окружности радиуса $0{,}5l$ с центром $O_1$ (рис. 4.25, *a*). Во время движения на груз действуют сила тяжести и реакция нити. Уравнение движения груза в проекции на ось $Kn$ имеет вид: $m\dfrac{V_K^2}{r} = P + N_K$, где $V_K$ – скорость

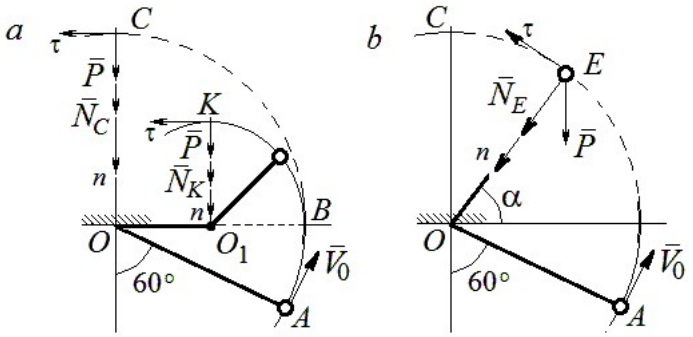


Рис. 4.25. Расчётная схема движения груза:
*a* – нить навивается на препятствие;
*b* – свободное движение

груза в точке $K$; $N_K$ – реакция нити; $r$ – радиус окружности движения груза; $r = 0{,}5l$. Из уравнения движения находим реакцию нити: $N_K = m\dfrac{2V_K^2}{l} - P$.

Так как нить представляет собой гибкую связь, то условием достижимости грузом точки $K$ является требование, что при движении нить должна быть натянута, иначе говоря, всюду во время движения должно выполняться неравенство $N_K \geq 0$. С учётом уравнения движения груза это приводит к неравенству, выражающему требование к скорости в конечной точке: $V_K^2 \geq \dfrac{1}{2}gl$.

Скорость груза в точке $K$ найдём на основании теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из положения $A$ в положение $K$. Имеем равенство $\dfrac{mV_K^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AK)}$, где $h_{(AK)}$ – перепад высот точек $A$ и $K$; $h_{(AK)} = l$ (см. рис. 4.25, *a*). Решая полученное уравнение, найдём зависимость скорости груза в точке $K$ от начальной: $V_K^2 = V_0^2 - 2gl$. С учётом выполнения неравенства натяжения нити получим: $V_0 \geq \sqrt{\dfrac{5}{2}gl}$ .

При минимальной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$ груз достигает верхней точки *K*. Однако, натяжение нити в точке *K* обращается в нуль: $N_K = 0$ и нить в этом месте перестаёт быть натянутой. Груз продолжает движение, но уже в виде свободного падения с начальной скоростью $V_K = \sqrt{\frac{1}{2}gl}$.

Определим, на какую высоту поднимется груз из положения *A* с минимальной начальной скоростью $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, если нить движется беспрепятственно (см. рис. 4.25, *b*). Построим в точке *E* оси естественной системы координат $nE\tau$ аналогично тому, как это было сделано в точке *K*. Уравнение движения груза в проекции на ось *En* имеет вид: $m\frac{V_E^2}{l} = P\sin\alpha + N_E$, где $V_E$ – скорость груза в точке *E*; $N_E$ – проекция реакции нити на нормальную ось.

Для определения скорости груза в точке *E* составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из начального положения *A* в положение *E*. Получим: $\frac{mV_E^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AE)}$, где $h_{(AE)}$ – перепад высот точек *A* и *E*; $h_{(AE)} = \frac{l}{2} + l\sin\alpha$ (см. рис. 4.25, *b*). Решая полученное уравнение относительно скорости $V_E$ при заданной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, найдём: $mV_E^2 = \frac{3}{2}mgl - 2mgl\sin\alpha$. С другой стороны, из уравнения движения груза (учитывая, что в точке *E* натяжение нити равно нулю: $N_E = 0$) получим: $mV_E^2 = Pl\sin\alpha$. Приравнивая выражения, получим $\sin\alpha = \frac{1}{2}$. Высота подъёма относительно горизонтального радиуса составляет $\frac{1}{2}l$.

Для определения скачка натяжения нити при переходе груза в точке $B$ с окружности радиуса $l$ на окружность радиуса $\frac{1}{2}l$, т. е. в момент, когда нить начинает навиваться на проволоку, напишем проекции уравнения движения груза на нормальную ось в точке $B$. Получим для малой окружности $\frac{2mV_B^2}{l} = N_B$ и для большой $\frac{mV_B^2}{l} = N'_B$, где $N_B$ и $N'_B$ – проекции реакции нити в точке $B$ при движении груза по окружности радиусов $\frac{1}{2}l$ и $l$. Из уравнений видно, что переход груза с большой окружности на малую вызывает двукратное увеличение натяжения нити: $N'_B = \frac{3}{2}mg$, $N_B = 3mg$.

**Задача 53.** Шарик массой $m$ = 0,5 кг движется в вертикальной плоскости из положения $A$ внутри трубки, которая состоит из полуокружности $AB$ радиуса $R$ = 0,6 м и прямолинейного участка $BD$, сопряжённого в точке $B$ с окружностью (рис. 4.26). Диаметр полуокружности $AB$ составляет с горизонталью угол 60°. Начальная скорость шарика $V_0$ = 5 м/с. В конце кругового участка в точке $B$ шарик упирается в недеформированную пружину жесткостью $c$ = 100 Н/м. Найти величину $S$ максимального сжатия пружины.

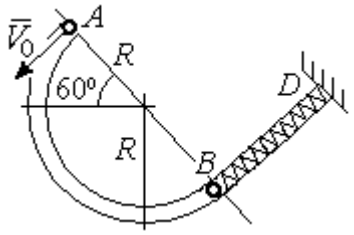


Рис. 4.26. Схема движения шарика

*Решение*

Найдём скорость шарика в точке $B$. Для этого составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения $A$ в положение $B$. Получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = Ph_{(AB)}$, где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек $A$ и $B$, $h_{(AB)} = 2R\sin 60^\circ = 1{,}04$ м (рис. 4.27).

Решая уравнение, найдём скорость шарика в точке $B$: $V_B = \sqrt{V_A^2 + 2gh_{(AB)}} = 6{,}74$ м/с.

Для того, чтобы найти величину максимального сжатия пружины, рассмотрим движение шарика на прямолинейном отрезке трубки $BD$. На этом отрезке работу совершают сила тяжести шарика и сила упругости пружины, приложенные к шарику (см. рис. 4.27).

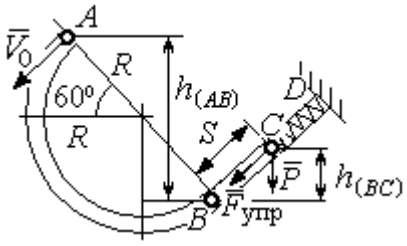



Рис. 4.27. Расчетная схема движения шарика

Обозначим $S$ – максимальное сжатие пружины, равное $BC$. На основании теоремы об изменении кинетической энергии точки, применённой к движению шарика на отрезке $BC$, имеем уравнение $\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(P) + A(F_{упр}) = -Ph_{(BC)} - \frac{cS^2}{2}$,

где $h_{(BC)}$ – перепад высот точек $B$ и $C$; $h_{(BC)} = S\sin 30^\circ = 0{,}5S$ (см. рис. 4.27).

В точке $C$ максимального сжатия пружины скорость шарика обращается в нуль: $V_C = 0$. Подставляя это условие, с учётом $V_B = 6{,}74$ м/с, получим уравнение для определения величины максимального сжатия пружины: $S^2 + 0{,}05S - 0{,}23 = 0$.

Выбирая положительный корень уравнения, находим: $S = 0{,}45$ м.

## Упражнения

Упражнение 4.5. Лётчик в самолёте пикирует из точки $A$ по прямой, составляющей с горизонтом угол φ, с начальной скоростью $V_0$. Пройдя расстояние $AB = l$, самолёт продолжает движение по дуге окружности радиуса $R$, сопряженной с прямой $AB$ в точке $B$ (рис. 4.28).

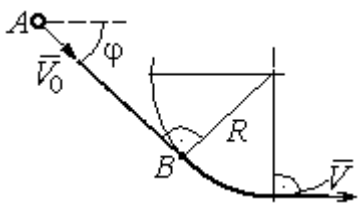



Рис. 4.28. Схема движения самолёта

Каким должен быть радиус окружности, чтобы в точке $C$ – выхода самолёта на горизонтальный полёт - сила давления человека на корпус самолёта не превосходила его тройной вес.

Упражнение 4.6. Пружина жесткостью $C$ = 100 Н/м, сжатая из недеформированного состояния на расстояние $KA = a = 0{,}3$ м, выталкивает шарик массой $m = 0{,}5$ кг, который отделяется от неё в точке $K$ и продолжает движение в трубке по дуге $KCB$, окружности радиуса $R$ = 1 м, затем – по горизонтальному участку $BD$. Определить давление шарика на трубку в точке $C$. Какой путь пройдёт шарик до остановки по прямой $BD$, если здесь на него действует сила трения с коэффициентом $f = 0{,}4$.

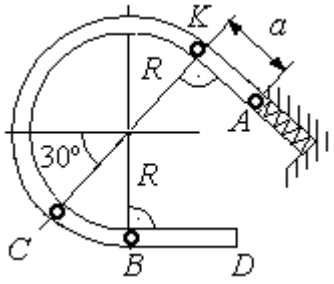


Рис. 4.29. Схема движения шарика в трубке

# 5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ

## 5.1. Теорема о движении центра масс системы

**Центром масс** системы материальных точек называют точку $C$, координаты которой $x_C$, $y_C$, $z_C$ удовлетворяют равенствам:

$$mx_C = \sum m_k x_k \ , \quad my_C = \sum m_k y_k \ , \ mz_C = \sum m_k z_k \ ,$$

где $m$ – масса системы: $m = \sum m_k$ ; $m_k$, $x_k$, $y_k$, $z_k$ – массы и координаты материальных точек системы.

**Теорема о движении центра масс системы**. Центр масс механической системы движется как материальная точка с массой, равной массе системы, и к которой приложены внешние силы, действующие на систему: $m\vec{a}_C = \sum \vec{F}_k^e$ , где $\vec{a}_C$ – вектор ускорения центра масс системы; $\sum \vec{F}_k^e$ – сумма всех внешних сил, действующих на систему.

**Пример решения задач на применение теоремы о движении центра масс**

**Задача 54.** Груз 1, находящийся на верхнем основании прямоугольной пирамиды *ABCD*, соединен с грузом 2 нерастяжимой нитью, перекинутой через блок $C$ (рис. 5.1). Определить перемещение пирамиды, если груз 2 опустился на высоту 1 м. Масса груза 1 $m_1$ = 15 кг, груза 2 $m_2$ = 20 кг, пирамиды $m$ = 50 кг. Трение при движении груза 1 по пирамиде и пирамиды по горизонтальной поверхности не учитывать.

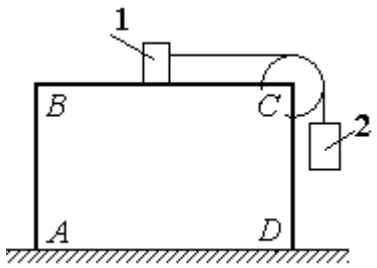


Рис. 5.1. Пирамида с системой подвижных грузов

*Решение*

Рассматриваем механическую систему, состоящую из двух грузов, соединённых нерастяжимой нитью, блока *C* и пирамиды *ABCD*.

Внешние силы, приложенные к системе: силы тяжести грузов и пирамиды – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}$ и нормальная реакция $\vec{N}$ опоры поверхности, на которой стоит пирамида. Направления векторов внешних сил показаны на рис. 5.2.

Выберем неподвижную систему координат *Axy*, как показано на рис. 5.2. Все внешние силы, действующие на механическую систему, вертикальны, поэтому дифференциальное уравнение, составленное на основании теоремы о движении центра масс механической системы в проекции на ось *Ax,* имеет вид:

$$(m + m_1 + m_2)\ddot{x}_C = P_{1x} + P_{2x} + P_x + N_x = 0$$

$$\text{или} \quad \ddot{x}_C = 0,$$

где $x_C$ – координата центра масс системы.

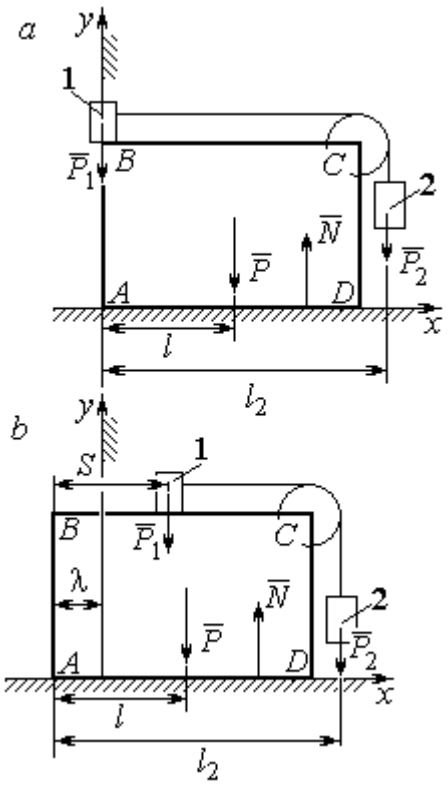



Рис. 5.2. Расчётная схема перемещения пирамиды: *a* – начальное положение; *b* – положение пирамиды при перемещении грузов на расстояние *S*

Проинтегрировав его дважды, получим закон движения центра масс системы: $x_C = C_1 t + C_2$, где константы интегрирования $C_1$ и $C_2$ находятся из начальных условий. Предположим, в начальный момент движение в механической системе отсутствовало и координата центра масс системы была равна $x_{C0}$ (на рис. 5.2, *a* не показана), то есть при $t = 0$ $x_C(0) = x_{C0}$ и $\dot{x}_C(0) = 0$. Подставляя начальные условия, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = x_{C0}$. В результате закон движения центра масс системы имеет вид: $x_C = x_{C0}$. Последнее означает, что при любом перемещении тел в системе координата центра масс системы на оси *Ax* остаётся постоянной, равной своему начальному значению.

Предположим, в начальный момент времени груз 1 находился у левого края призмы, как показано на рис. 5.2, *a*.

Начальная координата $x_{C0}$ центра масс системы находится из равенства $(m_1 + m_2 + m)x_{C0} = \sum m_k x_k = m_1 \cdot 0 + m_2 l_2 + ml$, где $l_2$ – расстояние от начала координат до линии действия силы тяжести груза 2 (координата центра масс гру-

за 2 на оси $Ax$); $l$ – аналогичное расстояние до линии действия силы тяжести пирамиды (см. рис. 5.2, *a*). Тогда начальная координата центра масс системы: $x_{C0} = \dfrac{m_2 l_2 + ml}{(m_1 + m_2 + m)}$.

Положение грузов в системе, после того как груз 1 переместился на расстояние *S*, и положение призмы показано на рис. 5.2, *b*. На рисунке отмечено, что при перемещении груза 1 вправо на расстояние *S* призма *ABCD* сместилась влево на расстояние $\lambda$. Координата $x_{C1}$ центра масс для нового положения системы определяется из равенства:

$$(m_1 + m_2 + m)x_{C1} = m_1(S - \lambda) + m_2(l_2 - \lambda) + m(l - \lambda).$$

Выражая отсюда координату $x_{C1}$ и приравнивая её начальному значению координаты центра масс $x_{C0} = x_{C1}$, найдём перемещение пирамиды $\lambda = \dfrac{m_1 S}{(m_1 + m_2 + m)}$. Подставляя данные задачи, получим $\lambda = 0{,}18$ м.

## 5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси

**Момент инерции однородного диска** радиусом *R*, массой *m* относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска: $J_z = \dfrac{1}{2}mR^2$. **Для неоднородных тел момент инерции** относительно оси *z* вычисляется по формуле: $J_z = mi_z^2$, где $i_z$ – радиус инерции тела.

**Кинетическим моментом (моментом количества движения) системы относительно неподвижной оси *z*** называется величина, равная сумме моментов количеств движения точек относительно этой оси $\vec{L}_z = \sum M_z(m_k \vec{V}_k)$.

**Для твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*, кинетический момент**: $L_z = J_z\omega$, где $J_z$ и $\omega$ – момент инерции и угловая скорость

тела. **Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси**. Производная по времени от кинетического момента системы относительно неподвижной оси $z$ равна сумме моментов внешних сил относительно той же оси: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

## Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетического момента системы

**Задача 55.** Для подъёма груза используется лебёдка со ступенчатым барабаном и противовесом. Груз 1 массой $m_1$ поднимается на канате, навитом на барабан 2 массой $m_2$ радиуса $R$. Противовес 3 массой $m_3$ прикреплён к канату, который навит на малую ступень барабана радиуса r (рис. 5.3). Радиус инерции барабана относительно оси вращения $i_z$. На барабан действует постоянный момент сил сопротивления $M_c = 60$ Н·м. В начале движения к барабану лебёдки прикладывается вращающий момент, пропорциональный времени: $M_{вр} = 620 + 30t$ Н·м, который через 2 с отключается. Определить, на какую высоту поднимется груз, если движение началось из состояния покоя. Массы грузов и барабана: $m_1 = 100$ кг, $m_2 = 50$ кг, $m_3 = 20$ кг. Радиусы ступеней барабана и радиус инерции: $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}4$ м; $i_z = 0{,}5$ м.

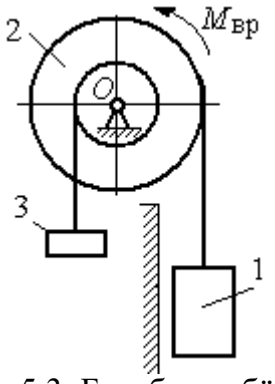


Рис. 5.3. Барабан лебёдки с грузом и противовесом

*Решение*

Решение следует рассматривать на двух этапах. На первом груз поднимается под действием вращающего момента, на втором – по инерции.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, барабана 2 и противовеса 3. На систему действуют силы тяжести груза $\vec{P}_1$, барабана $\vec{P}_2$, противовеса $\vec{P}_3$, реакция шарнира $\vec{R}$, пара сил с моментом, равным моменту вра-

щения $M_{вр}$, и пара сил с моментом сопротивления $M_c$. Направления векторов сил и моментов показаны на рис. 5.4. Выберем начало оси *y*, вдоль которой поднимается груз на первом участке движения, в точке начала движения (см. рис. 5.4).

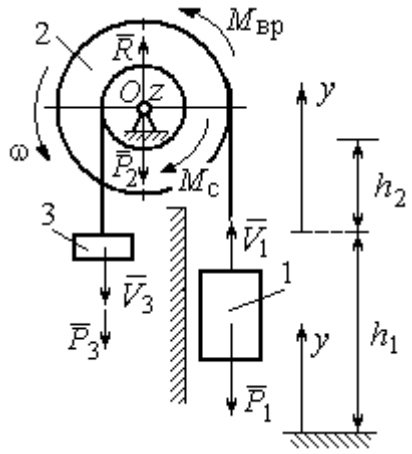



Рис. 5.4. Силы, действующие на систему во время движения

Воспользуемся теоремой об изменении кинетического момента системы относительно оси *z*, проходящей через центр *O*: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$. Кинетический момент системы относительно оси *z* равен сумме кинетических моментов барабана, груза и противовеса: $L_z = L_z^{бар} + L_z^{гр} + L_z^{пр}$. Кинетический момент барабана, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*: $L_z^{бар} = J_z\omega$, где $J_z$ – момент инерции барабана относительно оси *z*, $J_z = m_2 i_z^2$; $\omega$ – угловая скорость барабана. Рассматривая груз и противовес как материальные точки, найдём их кинетические моменты относительно оси *z*: $L_z^{гр} = M_z(m_1\vec{V}_1) = m_1V_1R$; $L_z^{пр} = M_z(m_3\vec{V}_3) = m_3V_3r$.

Суммарный кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{бар} + L_z^{гр} + L_z^{пр} = m_2 i_z^2\omega + m_1V_1R + m_3V_3r.$$

Выразим скорости груза 1 и противовеса 3 через угловую скорость барабана: $V_1 = \omega R$, $V_3 = \omega r$ - и подставим их в выражение кинетического момента. Получим $L_z = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\omega = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{V_1}{R}$.

Суммарный момент внешних сил относительно оси *z*

$$\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{вр} - M_c - P_1R + P_3r.$$

Дифференциальное уравнение движения груза:

$$(m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{dV_1}{dt} = \left(M_{вр} - M_c - P_1R + P_3r\right)R,$$

или с учётом данных задачи $\frac{dV_1}{dt} = 0{,}58 + 0{,}35t$.

Дважды интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём скорость груза $V_1$ и проходимый им путь $y$ как функции времени:

$$V_1(t) = 0{,}58t + 0{,}175t^2;\quad y(t) = 0{,}29t^2 + 0{,}058t^3.$$

Из уравнений движения найдём: при $t = 2$ с (конец первого участка) груз поднялся на высоту $h_1 = y(2) = 1{,}62$ м и имел скорость $V_1 = V_1(2) = 1{,}86$ м/с.

На втором участке движения груз продолжает подниматься вверх. Уравнение движения груза здесь аналогично первому участку, за исключением вращающего момента (см. рис. 5.4):

$$(m_2 i_z^2 + m_1 R^2 + m_3 r^2)\frac{dV_1}{dt} = \left(-M_c - P_1 R + P_3 r\right)R, \text{ или } \frac{dV_1}{dt} = -6{,}61.$$

Представим ускорение груза в виде: $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_1 dy}{dy dt} = V_1 \frac{dV_1}{dy}$. Теперь уравнение движения груза на втором участке имеет вид: $V_1 \frac{dV_1}{dy} = -6{,}61$. Интегрируя его, получим зависимость скорости груза от пройденного пути $\frac{V_1^2}{2} = -6{,}61y + C_3$. Выберем начало второго участка на высоте $h_1$. Из начальных условий движения груза: при $t = 0$, $y = 0$, $V_1 = 1{,}86$ м/с, получим: $C_3 = 1{,}73$.

Максимальную высоту $h_2$, на которую поднялся груз на втором участке, определим из условия, что в этой точке скорость груза обращается в нуль. Имеем $0 = -6{,}61h_2 + 1{,}73$, откуда $h_2 = 0{,}26$ м. Максимальная высота подъёма груза $H = h_1 + h_2 = 1{,}88$ м.

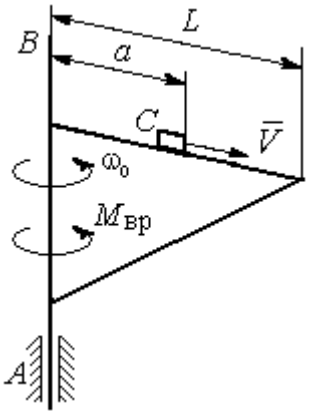


Рис. 5.5. Поворотный кран

**Задача 56.** Тележка $C$ поворотного подъёмного крана (рис. 5.5) движется с постоянной относительно стрелы скоростью $V = 0{,}5$ м/с. Длина стрелы

$L$ = 10 м, масса тележки с грузом $m_1$ = 100 кг, момент инерции крана относительно оси вращения $AB$ без учёта тележки и груза $J$ = 1800 кг·м$^2$. Двигатель крана создаёт постоянный вращающий момент $M_{вр}$ = 400 Н·м. Определить угловую скорость крана в момент, когда тележка достигнет края стрелы, если в начальный момент конструкция вращалась с угловой скоростью $\omega_0$ = 2 рад/с, а тележка находилась на расстоянии $a$ = 1 м от оси вращения.

*Решение*

На систему действуют внешние силы: $\vec{P}_1$ – сила тяжести тележки с грузом, $\vec{P}_2$ – сила тяжести поворотного крана (на рис. 5.6 показана в условном центре тяжести крана); $\vec{R}_x$, $\vec{R}_y$ – составляющие реакции подшипника $A$ и пара сил с моментом, равным вращающему моменту $M_{вр}$ (см. рис. 5.6). Применим к описанию движения системы теорему об изменении кинетического момента системы относительно оси вращения $z$, направленной вдоль линии $AB$.

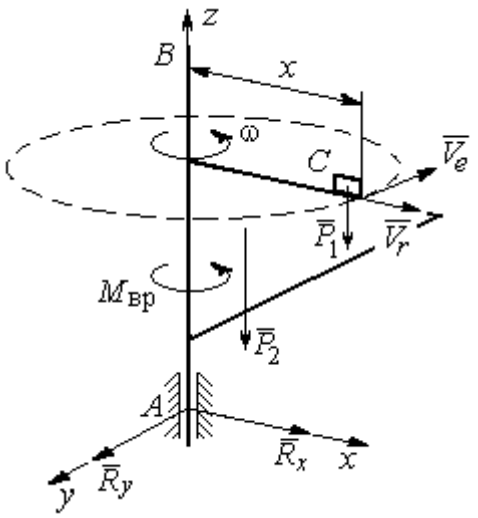


Рис. 5.6. Внешние силы, действующие на кран при его движении

Поскольку силы тяжести параллельны оси вращения крана, а составляющие реакции шарнира $A$ пересекают её, то моменты этих сил относительно оси $z$ равны нулю и теорема об изменении кинетического момента системы принимает вид: $\frac{dL_z}{dt} = M_{вр}$. Интегрируя это уравнение при постоянном вращающем моменте, получим равенство: $L_z - L_{z0} = M_{вр}t$, где $L_z, L_{z0}$ – кинетический момент системы в текущий и начальный моменты времени.

Кинетический момент системы $L_z$ равен сумме: $L_z = L_z^{кран} + L_z^{груз}$. Кинетический момент крана как твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной

оси: $L_z^{\text{кран}} = J\omega$. Полагая тележку с грузом материальной точкой, определим её кинетический момент $L_z^{\text{груз}}$, как момент вектора количества движения тележки относительно оси *z*. Тележка с грузом участвует в сложном движении. Вектор абсолютной скорости тележки $\vec{V}_{\text{абс}}$ равен сумме $\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где $\vec{V}_r$ относительная скорость тележки (перемещение по стреле крана); $\vec{V}_e$ – переносная скорость (движение вместе с краном). Воспользовавшись теоремой Вариньона при вычислении момента количества движения тележки с грузом, получим:

$$L_z^{\text{груз}} = M_z(m_1\vec{V}_{\text{абс}}) = M_z(m_1\vec{V}_e + m_1\vec{V}_r) = M_z(m_1\vec{V}_e) = m_1V_ex = m_1\omega x^2.$$

В результате суммарный кинетический момент системы в текущий момент времени $L_z = L_z^{\text{кран}} + L_z^{\text{груз}} = \left(J + m_1x^2\right)\omega$. Тогда начальный кинетический момент систем: $L_{z0} = \left(J + m_1a^2\right)\omega_0$.

Подставляя выражения начального и текущего кинетического моментов в уравнение движения, получим: $\left(J + m_1x^2\right)\omega - \left(J + m_1a^2\right)\omega_0 = M_{\text{вр}}t$, откуда закон изменения угловой скорости крана $\omega = \dfrac{M_{\text{вр}}t + \left(J + m_1a^2\right)\omega_0}{\left(J + m_1x^2\right)}$. Момент времени $t_{\text{к}}$, когда тележка достигнет края стрелы ($x = L$), найдём из условия движения тележки по стреле с постоянной скоростью: $Vt_{\text{к}} = L - a$. С учётом данных задачи угловая скорость крана в этот момент $\omega(t_{\text{к}}) = 0{,}93$ рад/с.

### 5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

**Кинетическая энергия тела при поступательном движении** $T = \dfrac{1}{2}mV_C^2$, где $m$ – масса тела; $V_C$ – скорость центра масс тела; **при вращательном движении** вокруг неподвижной оси $z$: $T = \dfrac{1}{2}J_z\omega^2$, где $J_z$ – момент инерции тела относительно оси *z*; $\omega$ – угловая скорость тела; **при плоскопа-**

**раллельном движении**: $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где $m$ – масса тела; $V_C$, $\omega$ – скорость центра масс и угловая скорость тела; $J_{zC}$ – момент инерции тела относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

**Работа постоянной силы** $F$ при прямолинейном перемещении точки приложения силы $A = FS\cos\alpha$, где $S$ – перемещение точки; $\alpha$ – постоянный угол между перемещением и направлением силы. **Работа пары сил с постоянным моментом** $M$ при повороте тела на конечный угол $\varphi$ вычисляется по формуле: $A = \pm M\varphi$, где $\varphi$ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

**Мощностью силы** $F$ называют величину, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}$, где $V$ – скорость точки приложения силы. При плоском движении тела мощность силы равна сумме скалярных произведений: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O \cdot \vec{\omega}$, где $V_O$ – скорость точки, выбранной полюсом; $\omega$ – угловая скорость тела; $\vec{M}_O = M_O(\vec{F})$ – момент силы относительно полюса. Если в качестве полюса выбрать точку $K$ – мгновенный центр скоростей, то мощность силы $N(\vec{F}) = \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}$, где $M_K(\vec{F})$ – момент силы относительно мгновенного центра скоростей.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме.** Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении**. Изменение кинетической энергии системы при перемещении её

из начального состояния в текущее равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему: $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ и сумма мощностей внутренних сил равны нулю: $\sum A(\vec{F}_k^i) = 0$.

## Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетической энергии системы

**Задача 57.** Планетарный механизм, позволяющий получать повышенные передаточные отношения угловых скоростей, состоит из трех одинаковых колёс, соединённых кривошипом *OA* (рис. 5.7). Колесо 1 неподвижно, кривошип *OA* вращается с угловой скоростью $\omega_{OA}$ и приводит в движение колёса 2 и 3. Полагая массы колёс и их радиусы одинаковыми, равными *m* и *r,* и пренебрегая массой кривошипа, найти кинетическую энергию механизма.

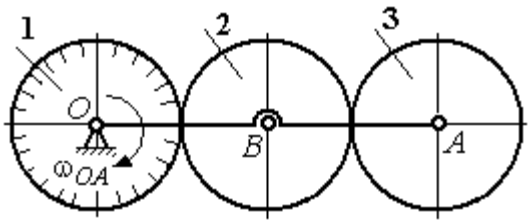


Рис. 5.7. Планетарный механизм

*Решение*

Кинетическая энергия механизма *T* равна сумме энергий колёс 2 и 3: $T = T_2 + T_3$. Энергия колеса 1 равна нулю потому, что оно неподвижно, а энергия кривошипа равна нулю, так как массой кривошипа пренебрегаем. При движении механизма колесо 2, увлекаемое кривошипом, катится по неподвижной поверхности первого колеса. Энергия колеса 2:

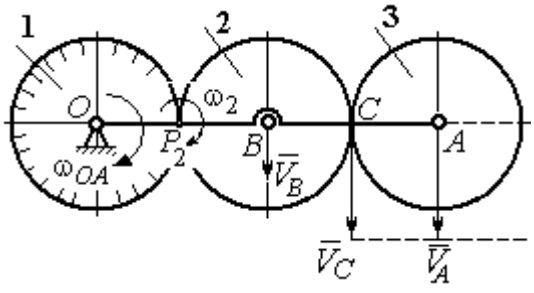


Рис. 5.8. Расчётная схема вычисления энергии механизма

$T_2 = \frac{mV_B^2}{2} + \frac{J_{2B}\omega_2^2}{2}$, где $V_B$ – скорость центра масс колеса 2, $J_{2B}$ – момент инерции колеса 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости колеса, $J_{2B} = \frac{mr^2}{2}$.

Выразим кинетическую энергию колеса 2 через угловую скорость $\omega_{OA}$ кривошипа $OA$.

Скорость точки $B$, лежащей на кривошипе $OA$: $V_B = \omega_{OA} \cdot OB = \omega_{OA} 2r$.

Так как точка $P_2$ касания колёс 1 и 2 является мгновенным центром скоростей колеса 2 (рис. 5.8), угловая скорость колеса 2 $\omega_2 = \frac{V_B}{BP_2}$. В результате получим: $\omega_2 = 2\omega_{OA}$. Подставив зависимости $V_B$ и $\omega_2$ в выражение кинетической энергии колеса 2, найдём:

$$T_2 = \frac{m(\omega_{OA} 2r)^2}{2} + \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{(2\omega_{OA})^2}{2} = 3m\omega_{OA}^2 r^2.$$

Вычислим кинетическую энергию колеса 3. Найдём скорость точки $C$, считая, что она принадлежит колесу 2: $V_C = \omega_2 \cdot P_2C = 4\omega_{OA} r$. Скорость точки $A$ – центра колеса 3 определим, полагая, что точка $A$ лежит и на кривошипе: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 4\omega_{OA} r$. Скорости двух точек $A$ и $C$ колеса 3 равны и параллельны, причём линия $AC$ перпендикулярна векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 5.8). В этом случае мгновенный центр скоростей отсутствует и колесо 3 совершает мгновенно-поступательное движение. Энергия поступательного движения колеса 3: $T_3 = \frac{mV_A^2}{2} = \frac{m(4\omega_{OA} r)^2}{2} = 8m\omega_{OA}^2 r^2$.

Окончательно, энергия механизма: $T = T_2 + T_3 = 11m\omega_{OA}^2 r^2$.

**Задача 58.** Горизонтальный желоб $DE$ опирается на блок 1 и на каток 3 одинакового радиуса $r$ (рис. 5.9). Блок 1 весом $P_1$ вращается вокруг неподвиж-

ной оси $O_1$. Каток 3 катится по горизонтальному рельсу без проскальзывания. На одной оси с катком 3 жестко связано колесо 2 радиуса $R$. Их общий вес равен $Q$, а общий радиус инерции относительно оси $z$, проходящей через центр масс $C$ перпендикулярно плоскости катка, равен $i_z$. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом $M$. Массой желоба пренебрегаем. Скольжение между желобом и блоком 1, а также катком 3 отсутствует. Определить ускорение центра масс колеса 2 и катка 3 и угловое ускорение блока 1, если: $P_1$ = 40 Н, $Q$ = 60 Н, $F$ = 50 Н, $M$ = 45 Н·м, $R$ = 0,8 м, $r$ = 0,6 м, $i_z$ = 0,4 м.

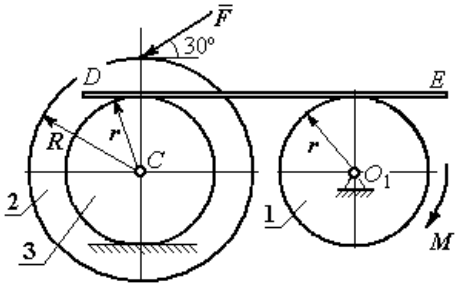


Рис. 5.9. Схема движения механической системы

*Решение*

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии для неизменяемых механических систем: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где $T$ – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

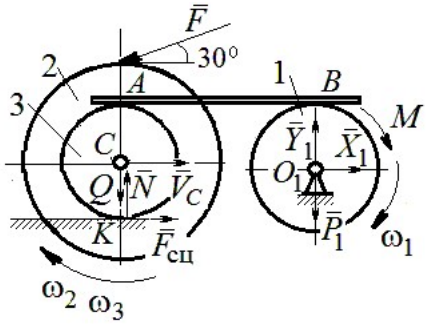


Рис. 5.10. Расчетная схема для исследования движения системы

Предположим, во время движения системы блок 1 вращается по ходу часовой стрелки.

Угловые скорости $\omega_1$, $\omega_2$ блока 1, катка 3 и скорость $\vec{V}_C$ центра масс катка 3 показаны на рис. 5.10. Угловая скорость колеса 2 и катка 3 равны: $\omega_3 = \omega_2$.

Кинетическая энергия вращательного движения блока 1 $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$,

где $J_{zO_1}$ – осевой момент инерции блока, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$.

Фигура, состоящая из катка 3 и колеса 2, двигается плоскопараллельно. Кинетическая энергия фигуры определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где $m$ – общая масса катка и колеса, $m = \frac{Q}{g}$, $J_{zC}$ – момент инерции фигуры относительно оси $z$, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m i_z^2$,

У катка 3 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка $K$ на рис. 5.10). Тогда $\omega_3 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки $A$ катка $V_A = \omega_3 2r = 2V_C$. Приравнивая скорость точки $A$ на катке 2 к скорости точки $B$ на блоке 1, получим $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

Найдём кинетическую энергию системы, выраженную через скорость центра масс катка 3:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{Q}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) V_C^2 = \frac{V_C^2}{2g}\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил.

На блок 1 действуют: сила тяжести $\vec{P}_1$, пара сил с моментом $M$ и реакция шарнира $O_1$, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ (рис. 5.10). 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. Момент $M$ направлен в сторону вращения блока 1, его мощность $N(M) = M\omega_1 = M\frac{2V_C}{r}$.

На каток 3 (вместе с жестко связанным с ним колесом 2) действуют: сила $\vec{F}$, сила тяжести $\vec{Q}$ катка и колеса, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления $\vec{F}_{\text{сц}}$ катка 3 с поверхностью.

Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей катка 3, скорость которого равна нулю. Мощность силы тяжести $\vec{Q}$ равна нулю, так как угол между вектором силы и вектором скорости точки $C$ равен 90°.

Для определения мощности силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, выберем в качестве полюса точку $K$ – мгновенный центр скоростей диска 2. С учётом того, что скорость $V_K = 0$, получим:

$$N(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{V}_K + \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}_2 = \vec{M}_K(\vec{F})\vec{\omega}_2 =$$

$$= -F(r+R)\omega_2 \cos 30° = -FV_C\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30°.$$

Поскольку вращение, создаваемое моментом силы $\vec{F}$ относительно центра $K$, противоположно выбранному направлению угловой скорости катка, мощность силы $\vec{F}$ отрицательная.

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -FV_C\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30° + M\frac{2V_C}{r}.$$

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы. Находим производную по времени от кинетической энергии системы $\frac{dT}{dt} = \frac{V_C}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]$ и приравниваем суммарной мощности внешних сил. Получим:

$$\frac{1}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30° + \frac{2M}{r},$$

откуда с учётом исходных данных задачи ускорение центра масс диска 2 $a_C = 2{,}88$ м/с$^2$. Для определения углового ускорения блока 1 продифференцируем по времени равенство $\omega_1 = \dfrac{2V_C}{r}$. Получим: $\varepsilon_1 = \dfrac{2a_C}{r} = 9{,}6$ рад/с$^2$.

**Задача 59.** Каток радиуса *r*, весом *P* закатывают вверх по наклонной плоскости приложив в центре катка силу $\vec{F}$ под углом 30° к наклонной плоскости (рис. 5.11). Сама плоскость наклонена под углом 30° к горизонту. Величина силы *F* = 2*P*. В начальном положении центр катка имел скорость $V_0$.

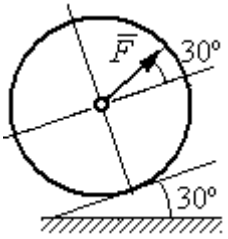


Рис. 5.11. Движение катка на наклонной плоскости

На какое расстояние *S* переместился центр катка, если в конце перемещения его скорость удвоилась.

*Решение*

Применим теорему об изменении кинетической энергии на конечном перемещении системы: $T - T_0 = \sum A(F_k)$. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, сила $\vec{F}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с наклонной плоскостью (рис. 5.12). При перемещении центра катка на расстояние *S* вдоль наклонной плоскости работу совершают только сила $\vec{F}$: $A(\vec{F}) = F\cos 30° S$ и сила тяжести: $A(\vec{P}) = -Ph$, где *h* – перепад высот при перемещении центра масс катка. Работа реакции опоры и силы сцепления равна нулю.

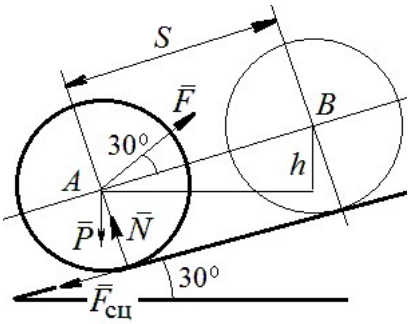


Рис. 5.12. Расчётная схема движения катка

Кинетическая энергия катка $T = \dfrac{1}{2}mV_A^2 + \dfrac{1}{2}J_{zA}\omega^2$, где $J_{zA}$ – момент инерции фигуры относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zA} = \dfrac{mr^2}{2}$. Выражая угловую скорость катка через

скорость центра масс $\omega = \dfrac{V_A}{r}$, с учётом выражения момента инерции катка, получим энергию катка в виде: $T = \dfrac{3}{4} m V_A^2$.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии при перемещении центра катка на расстояние $S$: $\dfrac{3}{4} m V_B^2 - \dfrac{3}{4} m V_A^2 = F\cos 30° S - Ph$, где $V_A = V_0$ $V_B = 2V_0$, $F = 2P$, $h = S\sin 30°$.

Найдём искомое перемещение: $S = \dfrac{9V_0^2}{4g\left(2\cos 30° - \sin 30°\right)}$.

## Упражнения

Упражнение 5.1. Крановая тележка массы $m_1$ может перемещаться по горизонтальной балке без трения (рис. 5.13). В центре масс тележки закреплён трос длиной $l$, на другом конце которого привязан груз массы $m_2$. Трос может совершать колебательные движения в вертикальной плоскости. В начальный момент трос был в вертикальном положении. Определить горизонтальное перемещение тележки в зависимости от угла наклона троса. Весом троса пренебречь.

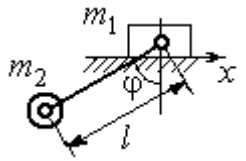


Рис. 5.13. Движение крановой тележки

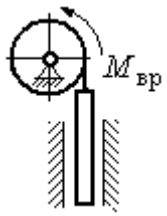


Рис. 5.14. Схема механизма лебёдки

Упражнение 5.2. К барабану лебёдки, поднимающей штангу, приложен вращающий момент, пропорциональный времени $M_{ВР} = kt$ (рис. 5.14). Штанга массы $m_1$ поднимается посредством каната, навитого на барабан массы $m_2$ и радиуса $r$. В начальный момент система находилась в покое. Определить угловую скорость барабана, считая его однородным диском.

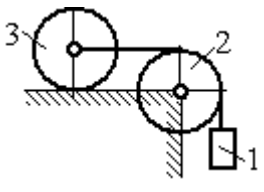


Рис. 5.15. Схема движения системы

Упражнение 5.3. Груз 1 массы $m_1$ подвешен на нерастяжимом тросе, другой конец которого переброшен через блок 2 и закреплён в центре масс катка 3 (рис. 5.15). Каток 3 катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. Блок 2 и каток 3 – однородные диски массы $m_2$ и $m_3$, радиуса $r$. В начальный момент система находилась в покое. Определить скорость груза, когда он опустится на высоту $h$, если к катку 3 приложен момент $M$.

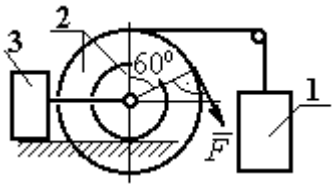


Рис. 5.16. Схема механизма катка

Упражнение 5.4. Механическая система включает два груза 1 и 3 одинакового веса $P$ и каток 2 весом $2P$, радиусом $R = 2r$ с цилиндрическим выступом радиусом $r$ (рис. 5.16). Каток катится выступом по неподвижной поверхности без проскальзывания. К катку по касательной к окружности приложена сила $F = 2P$ . Найти ускорение центра масс катка, если его радиус инерции относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения: $i_{zC} = r\sqrt{2}$.

## 5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию движений твёрдого тела

**Поступательное движение твердого тела** описывается дифференциальными уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F^e_{kz}$ - или в алгебраической форме $ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}$, $ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}$, $ma_{Cz} = \sum F^e_{kz}$, где $m$ – масса тела; $\ddot{x} = a_{Cx}$, $\ddot{y} = a_{Cy}$, $\ddot{z} = a_{Cz}$ – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; $F^e_{kx}$, $F^e_{ky}$, $F^e_{kz}$ – проекции внешних сил.

**Вращательное движение твердого тела** относительно неподвижной оси $z$ описывается дифференциальным уравнением: $J_z \dfrac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$ или алгебраическим уравнением: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где $\omega$, $\varepsilon$ – угловая скорость и угловое ускорение тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси $z$; $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$.

**Плоскопараллельное движение твердого тела** описывается уравнениями движения центра масс и вращательного движения тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx};\ ma_{Cy} = \sum F^e_{ky};\ J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где $a_{Cx}$, $a_{Cy}$ – проекции ускорения центра масс тела; $F^e_{kx}$, $F^e_{ky}$ – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; $J_{zC}$ – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; $\varepsilon$ – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение каждого тела системы в отдельности, предварительно освободив его от связей и заменив их действие реакциями.

## Примеры решения задач на составление уравнений движения твердых тел

**Задача 59.** Лебёдка поднимает груз 1 массы $m_1 = 50$ кг посредством троса, переброшенного через блок 3 и навитого на барабан 2 массы $m_2 = 20$ кг, радиуса $r = 0{,}8$ м (рис. 5.17). К барабану приложен постоянный вращающий момент $M_{вр} = 480$ Н·м. Определить ускорение груза, натяжение троса и реакцию шарнира барабана 2. Весом троса и массой блока 3 пренебречь, барабан считать сплошным цилиндром.

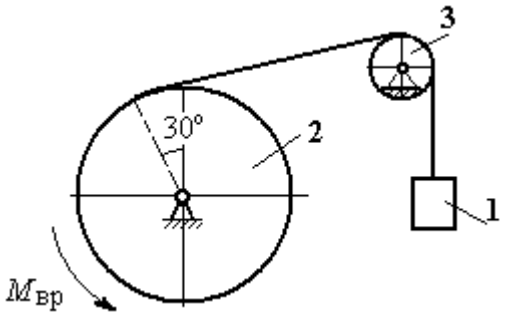


Рис. 5.17. Механизм лебёдки

*Решение*

Составим уравнение движения груза 1. Для этого освобождаем груз от связей, заменив действие троса реакцией. На груз действует сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция троса $\vec{H}_1$ (рис. 5.18). Выберем ось *x* по направлению движения груза. Уравнение движения груза в проекции на ось *x*: $m_1 a_1 = H_1 - P_1$.

Рассмотрим движение барабана 2. Освободим барабан от связей и заменим их действие реакциями.

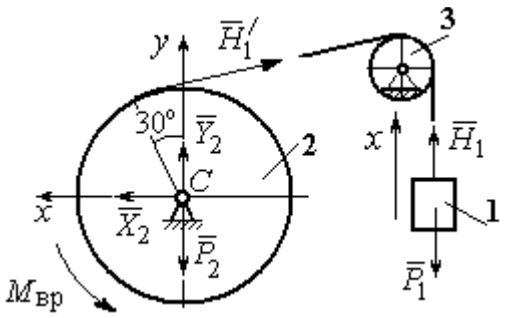


Рис. 5.18. Внешние силы и реакции, действующие на груз и барабан при движении системы

На барабан действует сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом вращения $M_{вр}$, реакция троса $\vec{H}_1'$ и реакция шарнира (на рис. 5.18 разложена на составляющие $\vec{X}_2$, $\vec{Y}_2$). Так как массой блока 3 пренебрегаем, то модули сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$ равны. Направления действия сил и момента показаны на рис. 5.18.

Уравнение вращательного движения барабана относительно оси $z$: $J_z\varepsilon_2 = \sum M_z(F_k) = M_{вр} - H_1'r$, где момент инерции барабана $J_z = \dfrac{m_2 r^2}{2}$.

Продифференцируем по времени равенство $V_1 = \omega_2 r$ и выразим угловое ускорение барабана через ускорение груза 1. Получим $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Подставляя выражение углового ускорения в уравнение вращательного движения барабана с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, напишем уравнения движения барабана и груза в виде системы уравнений:

$$m_1 a_1 = H_1 - P_1, \;\; m_2 a_1 = \frac{2M_{вр}}{r} - 2H_1,$$

откуда находим $a_1$= 1,82 м/с$^2$, $H_1$ = 581,8 Н. Натяжение троса численно равно реакции.

Для определения реакции шарнира составим (формально) уравнение движения центра масс блока 2 в проекциях на оси $x$, $y$ (см. рис. 5.18):

$$m_2 a_{Cx} = X_2 - H_1'\cos 30^\circ = 0, \; m_2 a_{Cy} = Y_2 + H_1'\cos 60^\circ - P_2 = 0.$$

Отсюда $X_2 = 503{,}84$ Н, $Y_2 = -94{,}7$ Н, $R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} = 512{,}66$ Н.

**Задача 60.** Барабан весом $G$, радиусом $R$ имеет цилиндрический выступ радиусом $r$ (рис. 5.19). Барабан скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30°, опираясь на неё поверхностью выступа. К барабану приложены постоянные силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Сила $\vec{F}_1$ направлена по касательной к поверхности барабана. Сила $\vec{F}_2$ действует под углом 30° к диаметру барабана, перпендикулярному наклонной плоскости. В начальный момент времени барабан приведён в равновесие парой сил с моментом $M$.

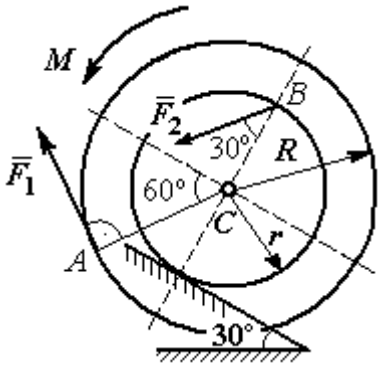


Рис. 5.19. Схема движения барабана по наклонной плоскости

Определить угловое ускорение барабана и закон движения центра масс, если в положении равновесия величину уравновешивающего момента увеличить в 1,2 раза. Исходные данные для решения задачи: $R$ = 0,6 м, $r$ = 0,2 м, $G$ = 100 Н, $F_1$ = 60 Н, $F_2$ = 25 Н, радиус инерции барабана $i_z$ = 0,4 м.

*Решение*

На барабан действуют силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{G}$, пара сил с неизвестным моментом $M$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{сц}$ сцепления барабана с поверхностью. Сила сцепления приложена в точке $K$ касания выступа барабана с наклонной плоскостью и направлена вдоль неё (рис. 5.20).

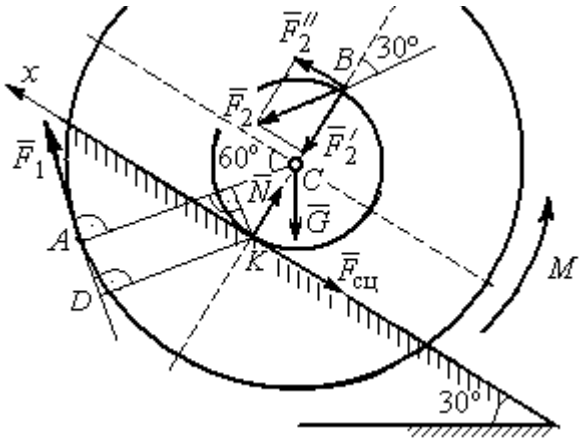


Рис. 5.20. Силы, действующие на барабан, во время движения

Для определения момента $M$, приводящего барабан в равновесие, запишем уравнение равно-

весия в виде равенства нулю моментов сил $\sum M_K(\vec{F}_k^e) = 0$ относительно точки *K*. Точка *K* выбрана с той целью, что в уравнение не будет входить момент неизвестной силы сцепления.

На рис. 5.20 показано разложение силы $\vec{F}_2$: $\vec{F}_2 = \vec{F}_2' + \vec{F}_2''$. Значения составляющих определяются как проекции: $F_2' = F_2\cos 30°$, $F_2'' = F_2\sin 30°$.

Применяя теорему Вариньона, вычислим момент силы $\vec{F}_2$ относительно точки *K*: $M_K(\vec{F}_2) = M_K(\vec{F}_2') + M_K(\vec{F}_2'') = F_2\sin 30° \cdot 2r$.

Момент силы $\vec{F}_1$ относительно точки *K*:

$$M_K(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot KD = -F_1(R - r\cos 30°).$$

В результате уравнение моментов сил при равновесии барабана принимает вид

$$\sum M_K(\vec{F}_k^e) = -F_1(R - r\cos 30°) + F_2\sin 30° \cdot 2r - Gr\sin 30° + M = 0.$$

Подставляя сюда исходные данные задачи, находим величину уравновешивающего момента $M = 30{,}61$ Н·м. Направление момента показано дуговой стрелкой на рис. 5.20.

Увеличим значение момента *M*, удерживающего барабан в равновесии, в 1,2 раза: $M_1 = 1{,}2M$. Возникшее после этого качение барабана вверх по наклонной плоскости представляет собой плоскопараллельное движение, которое описывается с применением теорем о движении центра масс и об изменении кинетического момента.

Уравнение движения центра масс барабана в проекции на ось *x*, направленную вверх по наклонной плоскости, имеет вид:

$$m\ddot{x}_C = F_1\cos 30° + F_2\cos 60° - G\cos 60° - F_{\text{сц}},$$

где $x_C$ – координата центра масс барабана.

Применив теорему об изменении кинетического момента барабана относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости

движения и считая моменты сил положительными, если они создают вращение в сторону движущегося вверх барабана, выразим уравнение вращательного движения барабана вокруг оси $z$ в виде:

$$J_{zC}\ddot{\varphi} = -F_1 R + F_2 r\cos 60° + F_{\text{сц}} r + M_1,$$

где $\varphi$ – угол поворота барабана; $J_{zC}$ – момент инерции барабана, $J_{zC} = mi_z^2$; $i_z$ – радиус инерции. С учётом соотношения $\ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r}$ получим уравнение:

$$m\ddot{x}_C\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) = -F_1\left(\frac{R}{r} - \cos 30°\right) + 2F_2\cos 60° - G\cos 60° + \frac{M_1}{r}.$$

После подстановки данных задачи находим дифференциальное уравнение движения центра масс: $\ddot{x}_C = 0{,}6$. Дважды интегрируя его с нулевыми начальными условиями (так как движение началось из состояния покоя), находим закон движения центра масс: $x_C = 0{,}3t^2$ м. Из уравнения следует, что барабан движется в сторону положительного направления оси $x$.

Угловое ускорение барабана $\varepsilon = \ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r} = 3$ рад/с$^2$.

**Задача 61.** Механизм (рис. 5.21) включает в себя груз 1, каток 2 и ступенчатый барабан 3, соединённых нерастяжимыми нитями. Движение механизма происходит из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы

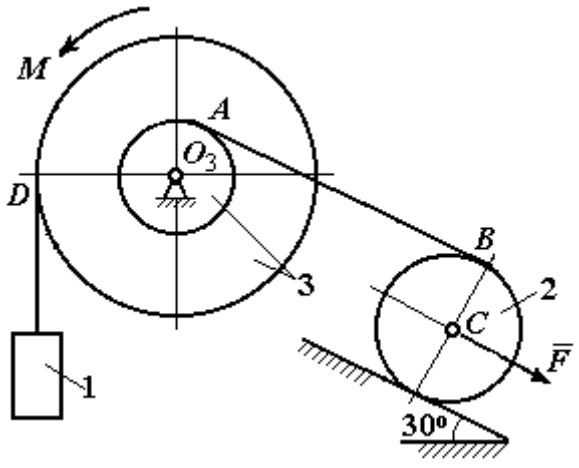


Рис. 5.21. Конструкция механической системы

$\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, и пары сил с моментом $M$, приложенной к барабану 3. Качение катка 2 по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 30º происходит без проскальзывания.

Каток 2 считать однородным диском радиуса $R_2$. Радиусы ступеней барабана 3: $R_3$, $r_3$, радиус инерции барабана $i_3$.

Найти ускорение груза 1, силы натяжения нитей и динамическую реакцию шарнира барабана 3, если $P_1 = P_2 = 2P$; $P_3 = 3P$, $F = 3P$; $M = Pr$, $R_2 = 2r$; $R_3 = 3r$; $r_3 = r$; $i_3 = r\sqrt{3}$.

*Решение*

Рассмотрим движение каждого тела системы отдельно, предварительно освободив тела от связей и заменив их действие реакциями. На рис. 5.22 изображены силы, действующие на тела системы, после освобождения их от связей и направление движения каждого тела.

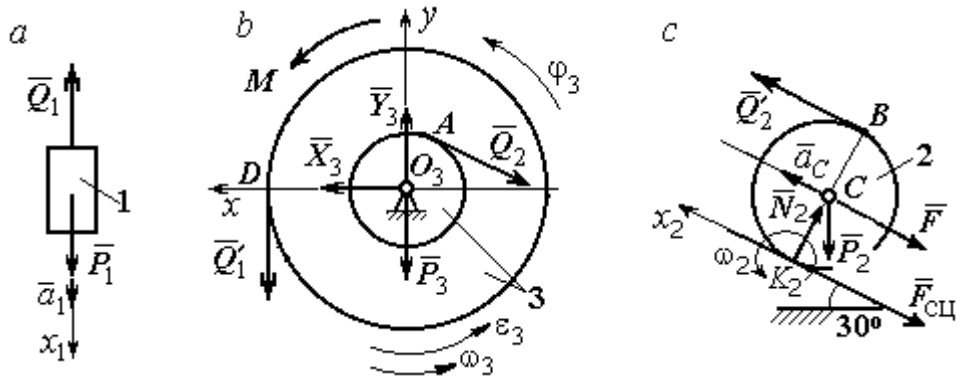



Рис. 5.22. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему

Допустим, груз движется вниз со скоростью $V_1$, ускорением $a_1$. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.22, *a*). Направим ось $x_1$ в сторону движения груза. Уравнение движения груза вдоль оси $x_1$ имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1 .$$

Барабан 3 вращается вокруг неподвижной оси $z$, проходящей через центр масс $O_3$. На диск 3 действует сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника $\vec{R}_3$ (на

рис. 5.22, *b* показано разложение реакции на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$), пара сил с моментом *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$.

При составлении уравнения вращательного движения барабана моменты сил относительно оси считаем положительными, если они создают поворот в сторону вращения барабана. Уравнение вращения барабана 3 имеет вид:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1'R_3 + M - Q_2r_3 = Q_1'3r + Pr - Q_2r,$$

Момент инерции барабана относительно оси *z*: $J_{zO_3} = m_3i_3^2 = \dfrac{9Pr^2}{g}$;

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$, нормальная реакция $\vec{N}_2$ наклонной плоскости и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с поверхностью (рис. 5.22, *c*).

Выберем ось $x_2$ по направлению движения центра масс катка 2. Плоскопараллельное движение катка описывается уравнениями движения его центра масс в проекции на ось $x_2$ и вращения вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2\cos 60^\circ = Q_2' - 3P - F_{\text{сц}} - P;$$

$$J_C\varepsilon_2 = Q_2'R_2 + F_{\text{сц}}R_2 = Q_2'2r + F_{\text{сц}}2r,\ \ J_C = \frac{m_2R_2^2}{2}.$$

При составлении второго уравнения момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения катка.

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей между ускорениями точек и угловыми ускорениями тел. Предположим, скорость центра масс катка 2 равна $V_C$ (см. рис. 5.22, *c*). Угловая скорость катка $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK_2} = \dfrac{V_C}{R_2}$, где $CK_2$ – расстояние от

центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей. Продифференцировав по времени последнее равенство, получим: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{R_2} = \dfrac{a_C}{2r}$.

Скорость точки $B$ катка 2 $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = 2V_C$. Приравняв скорость точки $A$ к скорости точки $B$ (см. рис. 5.21), получим: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \dfrac{2V_C}{r}$. После дифференцирования найдём: $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс катка 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда ускорение груза 1 $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения с учётом равенства модулей сил $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_1$, а также $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ получим систему:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1; \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}; \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

откуда находим: $a_C = 0{,}09g$, $Q_1 = 0{,}92P$, $Q_2 = 2{,}14P$.

Динамические реакции $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, действующие на ось вращающегося барабана 3 (рис. 5.22, *b*), определяются из уравнений, которые можно получить, формально применив к барабану теорему о движении центра масс. Так как центр масс барабана 3 неподвижен, его ускорение равно нулю, $a_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения его центра масс в проекциях на оси $x$, $y$ имеют вид:

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0;$$

$$m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0.$$

Подставляя значения $Q_1 = 0{,}92P$ и $Q_2 = 2{,}14P$, находим составляющие реакции оси барабана 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 реакции оси барабана 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

**Задача 62.** Подъёмное устройство (рис. 5.23) состоит из однородного диска 1 массой $m_1$, радиусом $r_1$, ступенчатого диска 2 массой $m_2 = 3m_1$, радиусом $R_2 = 4r_1$ и радиусом ступеньки $r_2 = r_1$ и груза 3 массой $m_3 = 2m_1$. Система движется из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести и пары сил с моментом $M = m_1 g r_1$, приложенной к диску 1. Определить ускорение груза 3 и натяжение нити груза 3, если радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, походящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска 2, $i_{2C} = 2r_1$.

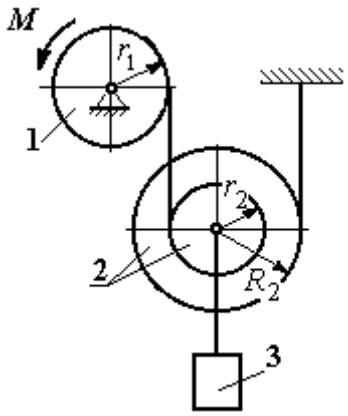


Рис. 5.23. Конструкция подъёмного устройства

Решение задачи осуществить с применением теоремы об изменении кинетической энергии системы и проверить его методом динамического расчёта, составляя уравнения движения тел, входящих в систему.

*Решение*

**1**. Для неизменяемой системы (состоящей из абсолютно твёрдых тел, соединённых нерастяжимыми нитями), движущейся из состояния покоя, теорема об изменении кинетической энергии на конечном перемещении имеет вид $T = \sum A(\vec{F}_k^e)$. Схема движения механизма в предположении, что груз 3 опускается, показана на рис. 5.24.

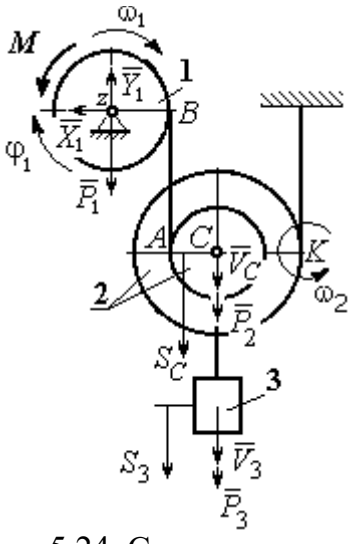


Рис. 5.24. Схема движения механизма

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси $z$. Кинетическая энергия диска 1: $T_1 = \dfrac{J_{1z}\omega_1^2}{2}$, где момент инерции диска $J_{1z} = \dfrac{m_1 r_1^2}{2}$.

У диска 2 плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия диска 2: $T_2 = \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2}$, где $V_C$ – скорость центра масс диска 2. Момент инерции диска 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно движению диска, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$.

Кинетическая энергия груза 3: $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2}$.

Энергия механизма равна сумме энергий тел, входящих в систему:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{J_{1z}\omega_1^2}{2} + \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2} + \frac{m_3 V_3^2}{2}.$$

Выразим угловые скорости дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 через скорость груза 3.

Скорость центра масс диска 2 равна скорости груза 3, $V_C = V_3$. Угловая скорость диска 2 $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_3}{R_2}$, где $CK$ – расстояние от центра диска 2 до его мгновенного центра скоростей.

Скорость точки $B$ нити равна скорости точки $A$. Из равенства $\omega_1 r_1 = \omega_2 (R_2 + r_2)$ найдём: $\omega_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\omega_2 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{V_3}{R_2}$.

Подставляя найденные зависимости в выражение энергии системы, получим кинетическую энергию механизма:

$$T = \frac{V_3^2}{2}\left[\frac{m_1}{2}\left(1 + \frac{r_2}{R_2}\right)^2 + m_2\left(1 + \frac{i_{2C}^2}{R_2^2}\right) + m_3\right] = \frac{209}{64} m_1 V_3^2.$$

Во время движения механизма работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом $M$. Перемещения $S_C$ и $S_3$ точек приложения сил $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и угол $\varphi_1$ поворота диска 1 показаны на рис. 5.24.

Сумма работ сил $\sum A(\vec{F}_k^e) = P_3S_3 + P_2S_C - M\varphi_1$. Работа момента отрицательная, так как заданное направление момента противоположно выбранному направлению вращения колеса 1.

Выразим перемещение центра масс диска 2 и угол поворота диска 1 через перемещение груза 3. Проинтегрировав равенство скоростей $V_3 = V_C$, получим равенство перемещений: $S_3 = S_C$. Аналогично, из равенства $\omega_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{V_3}{R_2}$ следует соотношение $\varphi_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{S_3}{R_2}$.

В итоге суммарная работа внешних сил в механизме:

$$\sum A(\vec{F}_k^e) = \left[ P_3 + P_2 - M\frac{(r_2 + R_2)}{r_1 R_2} \right] S_3 = \frac{15}{4} m_1 g S_3 .$$

Составляя уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы, получим равенство:

$$\frac{209}{64} m_1 V_3^2 = \frac{15}{4} m_1 g S_3 \text{ или } V_3^2 = \frac{240}{209} g S_3 .$$

Продифференцируем последнее равенство. Получим: $2V_3\frac{dV_3}{dt} = \frac{240}{209} g \frac{dS_3}{dt}$.

Так как $\frac{dS_3}{dt} = V_3$, а $\frac{dV_3}{dt} = a_3$, находим ускорение груза 3: $a_3 = \frac{120}{209} g$ м/с$^2$.

Для того чтобы найти натяжение нити груза 3, необходимо написать уравнение его движения. Выделим груз 3 из системы, заменив действие нити её реакцией $H_3$. Выберем ось $x$ по направлению движения груза. Применим к описанию движения груза теорему о движении центра масс, написав её проекцию на ось $x$: $m_3 a_3 = P_3 - H_3$, где $H_3$ –реакция нити. При известном ускорении $a_3$ находим реакцию нити $H_3 = \frac{178}{209} m_1 g$. Натяжение нити численно равно реакции, но направлено в противоположную сторону.

**2**. Для решения задачи вторым способом – путём составления уравнений движения тел, входящих в состав механизма, освободим тела от связей и заменим их реакциями. На рис. 5.25 изображены силы и реакции, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей, а также направления угловых ускорений тел и ускорения центров масс.

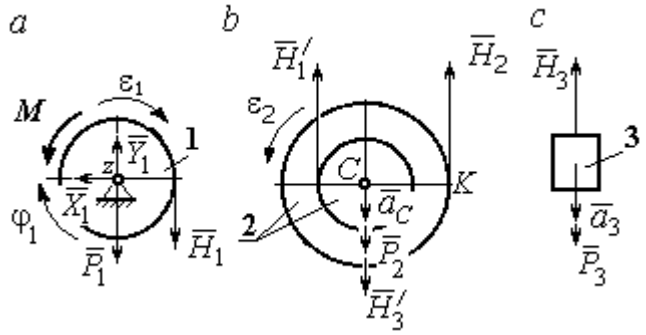


Рис. 5.25. Внешние силы и реакции связей, действующие на тела системы

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси *z*. На диск действует сила тяжести $\vec{P}_1$, реакция подшипника $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$, пара сил с моментом *M* и реакция нити $\vec{H}_1$. Вращение диска описывается уравнением: $J_{1z}\varepsilon_1 = \sum M_z(F_k) = H_1 r_1 - M$. Момент инерции диска 1 относительно оси *z*, $J_{1z} = \dfrac{m_1 r_1^2}{2}$.

Диск 2 (рис. 5.25, *b*) совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$ и реакции нитей $\vec{H}_1'$, $\vec{H}_2$ и $\vec{H}_3'$. Плоскопараллельное движение диска 2 описывается уравнением движения его центра масс в проекции на вертикальную ось и уравнением вращения диска вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2 a_C = P_2 - H_1' - H_2 + H_3'; \;\; J_{2C}\varepsilon_2 = H_2 R_2 - H_1' r_2 .$$

Момент инерции диска 2 $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$. При составлении уравнения вращательного движения диска 2 момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения диска.

Груз 3 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 5.25, *c*). Уравнение движения груза 3 в проекции на вертикальную ось, направленную в сторону его движения, имеет вид:

$$m_3 a_3 = P_3 - H_3 ,$$

Выразим угловые ускорения дисков 1 и 2 и ускорение центра масс диска 2 через ускорение груза 3. Для этого нужно продифференцировать соответствующие кинематические соотношения между скоростями. Так, из найденных ранее выражений: $V_3 = V_C$, $\omega_2 = \dfrac{V_3}{R_2}$, $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$ следует: $a_3 = a_C$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{R_2}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{a_3}{R_2}$.

Подставляя кинематические соотношения между ускорениями в уравнения движения тел с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, а также $\vec{H}_3$ и $\vec{H}_3'$, получим систему уравнений, описывающих движение звеньев механизма:

$$\frac{5}{8}m_1 a_3 = H_1 - m_1 g;\ \ 3m_1 a_3 = 3m_1 g - H_1 - H_2 + H_3;$$

$$3m_1 a_3 = 4H_2 - H_1;\ \ 2m_1 a_3 = 2m_1 g - H_3.$$

Решая систему, найдём $a_3 = \dfrac{120}{209}g$ м/с$^2$, $H_3 = \dfrac{178}{209}m_1 g$. Выражения ускорения $a_3$ груза 3 и натяжения нити $H_3$ совпадают с аналогичными выражениями, полученными в пункте 1 при решении данной задачи с применением теоремы об изменении кинетической энергии.

## Упражнения

Упражнение 5.5. Система состоит из двух катков 1 и 2, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.26). Каток 1 весом $P$, радиуса $r$. Каток 2 весом $2P$, радиуса $3r$ имеет цилиндрический выступ радиуса $r$. Невесомый стержень, параллельный плоскости качения катков, закреплён в центре катка 1 и передаёт движение катка 1 катку 2 в верхней точке вертикального диаметра цилиндрического выступа без проскальзывания. Качение катков без скольжения. К катку 1 приложена пара сил с моментом $M = 4Pr$. В центре масс катка 2 приложена сила $F = 2P$. Радиус инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр катка перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = r\sqrt{2}$. Найти ускорение центра масс катка 1 и реакцию стержня.

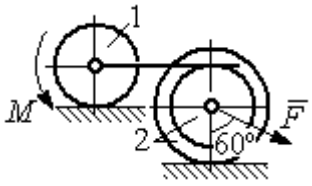


Рис. 5.26. Система катков

Упражнение 5.6. С помощью подъёмного устройства (рис. 5.27) производится подъём груза 1. Нить, закреплённая одним концом на неподвижной поверхности, спускается, охватывает снизу блок 2 массы $m_2 = m$, радиуса $r$, затем поднимается и проходит параллельно горизонтальной плоскости, где к концу её привязан груз 3 массы $m_3 = m$, передвигающийся по плоскости под действием силы $F = 2{,}5mg$. Нити, удерживающие блок 2, вертикальны. Груз 1 массы $m_1 = 3m$ прикреплён к оси блока 2. Найти ускорение груза 1 и натяжения нитей, удерживающих блок 2.

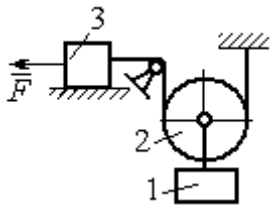


Рис. 5.27. Подъёмное устройство

Упражнение 5.7. Груз 1 массы $m_1 = m$, спускается вниз по наклонной плоскости без трения (рис. 5.28). Нить, прикреплённая к грузу 1, другим своим концом намотана на барабан катка 2 радиуса $R = 2r$ и при движении груза заставляет барабан катиться по горизонтальной поверхности цилиндрическим выступом радиуса $r$. Качение происходит без проскальзывания. К центру катка привязана другая нить, посредством которой каток тащит за собой груз 3 массы $m_3 = 2m$, скользящий по горизонтальной поверхности без трения. Масса катка $m_2 = 3m$, радиус инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения $i_2 = r\sqrt{3}$. По касательной к ободу катка 2 приложена сила $F = mg$ (точка приложения силы см. рис. 5.28). Определить ускорение груза 1 и натяжения нитей.

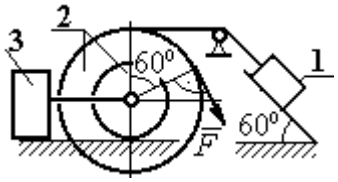


Рис. 5.28. Схема движения механической системы

# 6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ

## 6.1. Принцип Даламбера для системы

**Силой инерции** материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения. Направлен вектор силы инерции точки в сторону, противоположную ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где $m$ – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

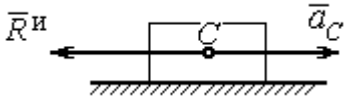


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

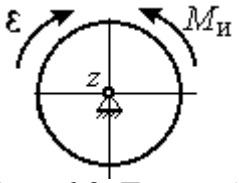


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При вращении тела вокруг неподвижной оси $z$, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции обращается в нуль. Главный момент $\vec{M}^{\text{и}}$, сил инерции относительно оси вращения равен по величине $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где $J_z$ – момент инерции тела относительно оси $z$; $\varepsilon$ – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

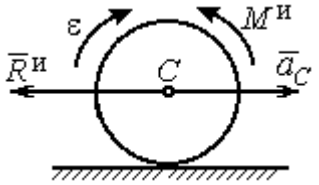


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением $\varepsilon$ главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ равен по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению центра масс $\vec{a}_C$ (рис. 6.3). Главный момент сил инерции $\vec{M}^{\text{и}}$ относи-

тельно оси, проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где $J_C$ – момент инерции тела относительно оси вращения, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению.

Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной.

**Принцип Даламбера** даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия (метод кинетостатики):

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0,\ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ –внешние силы, действующие на систему; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$, $\vec{M}_O^{и}$ – моменты внешних сил и главный момент сил инерции относительно произвольного центра *O*.

### Примеры решения задач на применение принципа Даламбера

**Задача 63**. Груз 1 массы $m_1$ = 10 кг спускается вниз по наклонной грани клина, образующей угол 60º с горизонтом, и посредством нити, переброшенной через блок 2, укреплённый в верхней точке клина, приводит в движение груз 3 массы $m_3$ = 5 кг (рис. 6.4). Клин *ABC* массы $m_4$ = 15 кг стоит гранью *AC* на горизонтальной гладкой поверхности и упирается в выступ *E*.

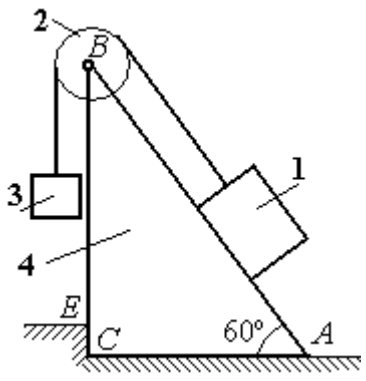


Рис. 6.4. Клин с грузами

Найти давление клина на выступ. Массой блока 2 и нити пренебречь.

*Решение*

Выберем систему, состоящую из клина *ABC*, блока 2, грузов 1 и 3 и нити, соединяющей грузы. Внешние силы, действующие на систему, – силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$ грузов 1, 3 и клина 4, горизонтальная реакция $\vec{R}_x$ упора клина в вы-

ступ и вертикальная реакция $\vec{R}_y$ опоры на горизонтальную поверхность. Реакция нити, реакция опоры груза 1 на наклонную поверхность клина и реакция шарнира *B* блока 2 для данной системы являются внутренними.

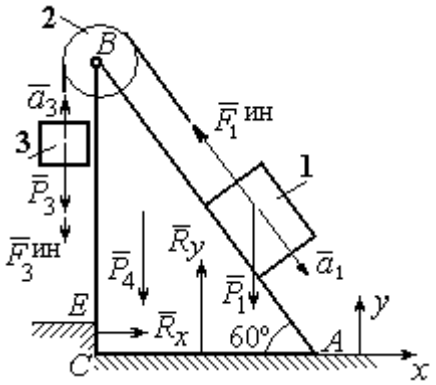


Рис. 6.5. Внешние силы и силы инерции, действующие на систему

Допустим, груз 1 движется вниз, груз 3 – вверх. Приложим силы инерции. Направления ускорений грузов и сил инерции показаны на рис. 6.5.

В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Условие равновесия: $\sum \vec{F}_k^e + \vec{F}_1^{ин} + \vec{F}_3^{ин} = 0$.

Выберем оси *xy,* как показано на рис. 6.5, и спроектируем векторное равенство на ось *x*. Получим: $R_x - F_1^{ин}\cos 60^\circ = 0$, где модуль силы инерции $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

Найдём ускорение груза 1. С этой целью рассмотрим отдельно движение грузов 1 и 3 (рис. 6.6 *a*, *b*).

Рассматривая груз 1 как отдельную систему, изобразим внешние силы: силу тяжести $\vec{P}_1$, реакцию нити $\vec{T}'$ и реакцию опоры $\vec{N}$ (см. рис. 6.6, *b*). Присоединим силу инерции $\vec{F}_1^{ин}$ и составим уравнение равновесия полученной системы сил в проекции на ось *x*, расположенную вдоль наклонной грани клина: $P_1 \sin 60^\circ - T' - F_1^{ин} = 0$, где $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

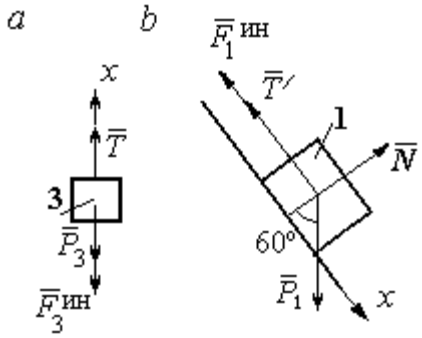


Рис. 6.6. Равновесие грузов

Для груза 3 внешними силами будут сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{T}$. Присоединим к грузу 3 силу инерции $\vec{F}_3^{ин}$ (см. рис. 6.6, *a*) и составим уравне-

ние равновесия системы сил в проекции на ось *x*, выбранную по направлению движения груза 3: $T - P_3 - F_3^{\text{ин}} = 0$, где модуль силы инерции $F_3^{\text{ин}} = m_3 a_3$.

Решая полученную систему с учётом, что модули реакций нити и модули ускорений грузов равны: $T = T'$ и $a_1 = a_3$, находим ускорение грузов. Получим: $a_1 = a_3 = \dfrac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)g}{m_1 + m_3}$. Тогда давление клина на уступ:

$$R_x = F_1^{\text{ин}} \cos 60^\circ = m_1 g \frac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)}{(m_1 + m_3)} \cos 60^\circ .$$

Подставляя данные из условия задачи, найдём $R_x$ = 11,97 Н.

**Задача 64.** Для подъёма грузов используется лебёдка со ступенчатым воротом, изображённая на рис. 6.7. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота $r_1$ и $r_2$, радиус инерции барабана относительно оси вращения $i_3$. Лебёдка установлена на горизонтальной балке *AB*, которая закреплена в точке *A* на неподвижном цилиндрическом шарнире и опирается на каток в точке *B*. Груз 1 поднимается на верёвке, навитой на большую ступеньку ворота. На малой ступеньке барабана ворота закреплена другая верёвка, удерживающая противовес 2. К барабану лебёдки приложен постоянный вращающий момент $M_{\text{вр}}$.

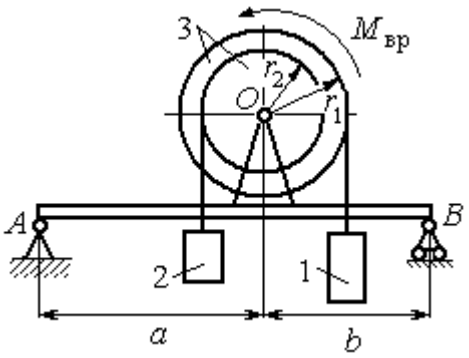


Рис. 6.7. Лебёдка на балке

Найти реакции опор балки во время движения груза, если радиусы ступенек барабана $r_1$ = 0,8 м, $r_2$ = 0,2 м, радиус инерции барабана относительно оси вращения $i_3$ =0,6 м, масса груза 1 $m_1$ = 100 кг, противовеса 2 $m_2$ =30 кг, масса барабана $m_1$ = 50 кг, величина вращающего момента $M_{\text{вр}}$ = 1050 Н·м, расстояния от крайних точек балки *A* и *B* до линии вертикального диаметра барабана *a* = 2 м, *b* = 1 м.

*Решение*

Выберем систему, включающую только барабан 3, грузы 1 и 2 и нити, связывающие грузы с барабаном (рис. 6.8). Внешние силы, действующие на эту систему, – пара сил, создающая вращающий момент $M_{\text{вр}}$, силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ грузов 1, 2 и барабана 3 и реакция $\vec{R}_O$ опоры барабана на шарнир в точке $O$. Натяжения нитей для данной системы являются внутренними и на рис. 6.8 не показаны.

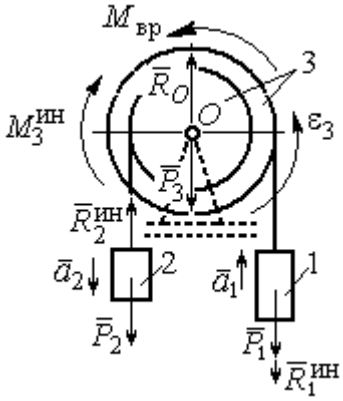



Рис. 6.8. Расчётная схема равновесия барабана

Приложим силы инерции. Направления главных векторов сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ и момента сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ показаны на рис. 6.8.

Согласно принципу Даламбера, полученная система внешних сил и сил инерции является уравновешенной. Составим уравнения равновесия:

$$R_O + R_2^{\text{ин}} - P_2 - P_3 - P_1 - R_1^{\text{ин}} = 0;\ \ M_{\text{вр}} - M_3^{\text{ин}} - R_2^{\text{ин}} r_2 + P_2 r_2 - P_1 r_1 - R_1^{\text{ин}} r_1 = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $M_3^{\text{ин}} = J_{3O}\varepsilon_3$, $J_{3O} = m_3 i_3^2$.

Из второго уравнения с учётом кинематических соотношений: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{r_1}$ и $a_2 = \dfrac{r_2}{r_1} a_1$, найдём ускорение груза 1: $a_1 = \dfrac{r_1(M_{\text{вр}} + P_2 r_2 - P_1 r_1)}{m_3 i_3^2 + m_2 r_2^2 + m_1 r_1^2}$. Подставляя данные задачи, получим $a_1$ = 3,49 м/с$^2$.

Вычислим модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$=349 Н; $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$ = 26,17 Н.

Подставляя модули сил инерции в первое уравнение условий равновесия, найдём реакцию опоры барабана на шарнир $O$:

$$R_O = -R_2^{\text{ин}} + P_2 + P_3 + P_1 + R_1^{\text{ин}} = 2088{,}63 \text{ Н}.$$

Для определения реакций опор балки $AB$ выберем объектом равновесия саму балку (рис. 6.9). На балку действуют сила $\vec{R}'_O$ давления со стороны шарнира $O$, реакция шарнира в точке $A$ (на рис. 6.9 разложенная на составляющие $\vec{R}_{Ax}$, $\vec{R}_{Ay}$) и реакция $\vec{R}_{By}$ опоры балки на шарнир в точке $B$. Составим уравнения равновесия балки:

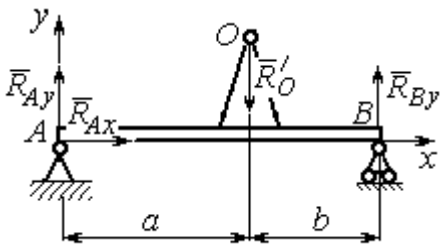


Рис. 6.9. Равновесие балки

$$\sum F_x = R_{Ax} = 0,\ \sum F_y = R_{Ay} - R'_O + R_{By} = 0,$$

$$\sum M_A(F) = R_{By}(a+b) - R'_O a = 0.$$

Решая систему с учётом того, что модули сил $\vec{R}'_O$ и $\vec{R}_O$ равны, найдём реакции опор балки: $R_{By} = R_O \dfrac{a}{a+b} = 1392{,}42$ Н; $R_{Ay} = R_O - R_{By} = 696{,}21$ Н.

Для сравнения реакции опор балки при неподвижном барабане $R_{By} = 1419{,}18$ Н, $R_{Ay} = 346{,}62$ Н.

### Упражнение

Упражнение 6.1. Груз 1 соединён с грузом 2 нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок (рис. 6.10). Опускаясь вниз, груз 2 перемещает груз 1 по горизонтальной поверхности призмы 3 без трения. Призма стоит на горизонтальной гладкой поверхности и упирается левым краем в выступ. Определить силу давления призмы на пол, если массы грузов 1, 2 и призмы 3 одинаковы и равны $m$. Массой нити и блока пренебречь.

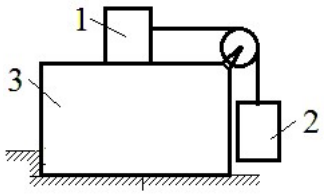


Рис. 6.10. Схема движения грузов в системе

## 6.2. Принцип возможных перемещений

**Возможными перемещениями** механической системы называют любую совокупность элементарных (бесконечно малых) перемещений точек системы из занимаемого в данный момент времени положения, которые допускаются всеми наложенными на систему связями.

**Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

**Принцип возможных перемещений**.

Если все приложенные к точкам системы внешние и внутренние силы разделить на **активные силы** и **реакции связей**, то для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ всех активных сил была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$.

## Примеры решения задач на применение принципа возможных перемещений

**Задача 65**. В талевом механизме барабан 1 состоит из двух соосных жестко связанных валов (рис. 6.11). При поднятии груза верхний трос барабана 1 наматывается на вал большего радиуса $R_1$, нижний – сматывается с вала меньшего радиуса $r_1$.

Какой вращающий момент $M$, постоянный по величине, нужно приложить к барабану, чтобы уравновесить груз весом $P$, прикреплённый в центре блока 4. Массами блоков и троса пренебречь.

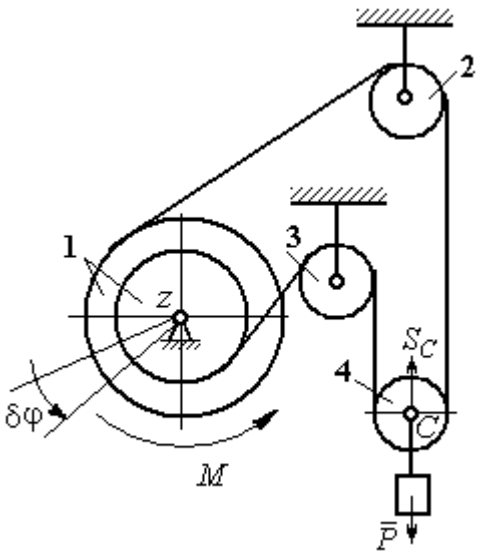



Рис. 6.11. Уравновешивание талевого механизма

*Решение*

Активными силами в системе являются сила тяжести груза $\vec{P}$ и уравновешивающий момент $M$. По принципу возможных перемещений для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(M) + \delta A(\vec{P}) = 0, \text{ или } M\delta\varphi_1 - P\delta S_C = 0.$$

где $\delta\varphi_1$ и $\delta S_C$ – возможные перемещения барабана и груза.

Найдём связь между перемещениями $\delta\varphi_1$ и $\delta S_C$. Предположим, в механизме осуществляется подъём груза. На рис. 6.12 показано построение мгновенного центра скоростей блока 4 – точки *K*. Здесь скорость точки *A* блока 4 (рис. 6.12) равна скорости точек обода малого вала барабана 1, а скорость точки *B* – скорости точек обода большого вала. Составим пропорцию $\frac{V_B}{V_A}=\frac{BK}{AK}=\frac{r_4+CK}{r_4-CK}$, где $r_4$ – радиус блока 4 (см. рис.6.12). Подставляя выражения для скоростей точек *A* и *B* $V_A=\omega_1 r_1$, $V_B=\omega_1 R_1$, найдём расстояние: $CK=\frac{(R_1-r_1)r_4}{R_1+r_1}$.

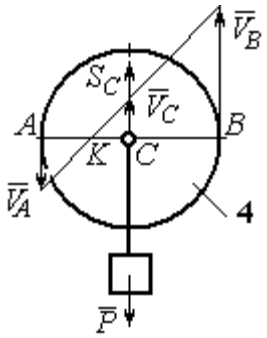


Рис. 6.12. Распределение скоростей точек блока 4

Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_B}{r_4+CK}=\frac{\omega_1(R_1+r_1)}{2r_4}$. Скорость его центра: $V_C=\omega_4\cdot CK=\frac{\omega_1(R_1-r_1)}{2}$. Выразим соотношение между скоростью точки *C* и угловой скоростью барабана 1 в дифференциальной форме: $dS_C=d\varphi_1\frac{(R_1-r_1)}{2}$. Поскольку действительное перемещение является одним из возможных (т. е. $ds=\delta s$, $d\varphi=\delta\varphi$), получим связь между возможными перемещениями барабана 1 и груза: $\delta S_C=\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}$.

Подставляя найденное соотношение в уравнение принципа возможных перемещений, представим его в окончательном виде: $M\delta\varphi_1-P\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}=0$, откуда найдём значение уравновешивающего момента: $M=\frac{P(R_1-r_1)}{2}$.

**Задача 66.** Брус 1 весом $P_1 = P$ лежит на цилиндрическом катке 2 и на блоке 3 одинаковых радиусов $r$, и одинакового веса $P_2 = P_3 = 2P$ (рис. 6.13). Каток 2 катится без проскальзывания по наклонной плоскости с углом наклона 30º к горизонту. Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси $z$ и к нему приложена пара сил с моментом $M = Pr$. Каток и блок расположены так, что брус 1 параллелен наклонной плоскости.

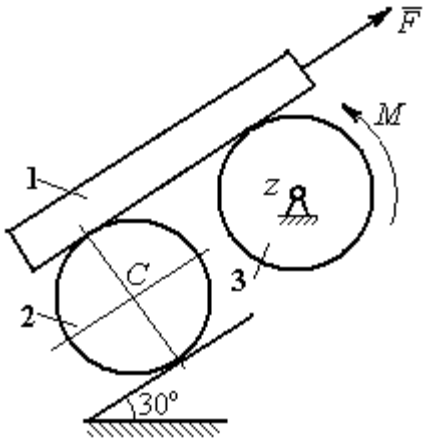


Рис. 6.13. Равновесие механической системы

Какую силу $F$, параллельную наклонной плоскости, нужно приложить к брусу 1, чтобы удержать его в равновесии. Скольжение между брусом и катком, брусом и блоком отсутствует.

*Решение*

Рассмотрим механизм, состоящий из бруса 1, катка 2 и блока 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ бруса, катка и блока, пара сил с моментом $M$, приложенная к блоку 3, и сила $\vec{F}$, приложенная к брусу. Связи в механизме идеальные, так как работа реакции $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на плоскость, работа силы $\vec{F}_{сц}$ сцепления катка с плоскостью и работа реакции шарнира блока 3 при любом перемещении системы равны нулю. Направления векторов сил в системе показаны на рис. 6.14.

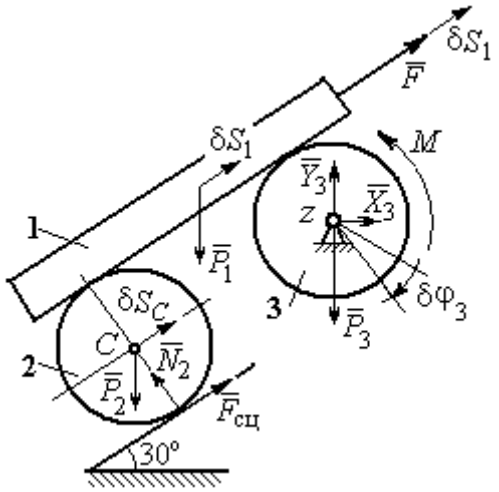


Рис. 6.14. Расчётная схема применения принципа возможных перемещений

Придадим системе возможное перемещение, сдвинув брус 1 на расстояние $\delta S_1$ вдоль линии действия силы $\vec{F}$, вверх по наклонной плоскости. Тогда

центр катка 2 переместится на расстояние $\delta S_C$, а блок 3 повернётся на элементарный угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.14).

Для определения условий равновесия применим к системе принцип возможных перемещений. Получим уравнение:

$$-P_1\delta S_1\cos 60^\circ - P_2\delta S_C\cos 60^\circ - M\delta\varphi_3 + F\delta S_1 = 0.$$

Выразим все перемещения через перемещение бруса $\delta S_1$. Допустим, скорость бруса равна $V_1$. Тогда $V_C = \frac{V_1}{2}$, и, следовательно, $\delta S_C = \frac{\delta S_1}{2}$.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \frac{V_1}{r}$, отсюда $\delta\varphi_3 = \frac{\delta S_1}{r}$.

Подставляя найденные соотношения в уравнение принципа возможных перемещений с учётом данных задачи, находим $F = 2P$.

**Задача 67.** Уравновешивание роликового катка 3 с противовесом 1 осуществляется с помощью пары сил с моментом *M*, приложенных к блоку 2. Каток состоит из двух соосных жестко связанных дисков (рис. 6.15) радиусов *r* и *R* = 2*r* с общей массой 3*m*. Масса груза 1 равна *m*. При движении каток катится без скольжения по вертикальной поверхности, касаясь её диском меньшего радиуса. Вертикальная пружина с закреплённым верхним концом своим нижним концом удерживает каток за центр масс. Жесткость пружины $c = mg / r$.

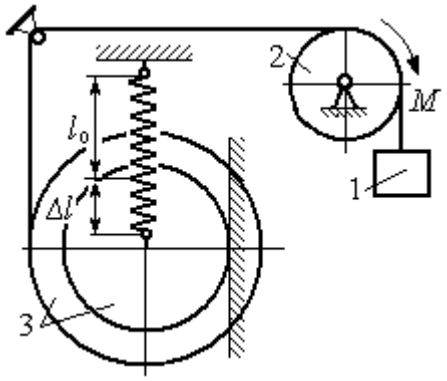


Рис. 6.15. Уравновешивание роликового катка

Какой величины уравновешивающий момент *M* приложен к блоку 2, если при равновесии катка пружина растянулась относительно недеформированного состояния на величину $\Delta l = r$.

*Решение*

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, блока 2 и катка 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ – груза, блока и катка, пара сил с моментом $M$, приложенная к блоку 2, и сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости пружины, приложенная к центру катка. Реакциями связей в механизме являются: сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления катка с плоскостью и реакция $\vec{R}_2$ шарнира блока 2. Реакция $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на вертикальную плоскость равна нулю (на рис. 6.16 не показана).

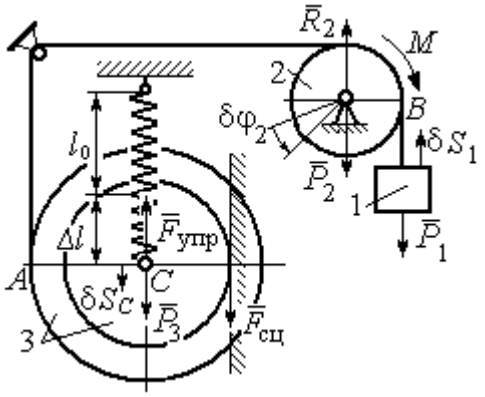


Рис. 6.16. Расчётная схема уравновешивания ролика

Допустим, система находится в равновесии. Дадим центру катка возможное перемещение $\delta S_C$, направленное вертикально вниз. При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$, а груз 1 получит бесконечно малое перемещение $\delta S_1$. Направления возможных перемещений показаны на рис. 6.16.

Составим уравнение принципа возможных перемещений:

$$P_3\delta S_C - F_{\text{упр}}\delta S_C + M\delta\varphi_2 - P_1\delta S_1 = 0,$$

где сила упругости в положении равновесия системы $F_{\text{упр}} = c\Delta l$.

Выразим перемещения $\delta\varphi_2$, $\delta S_1$ блока 2 и груза 1 через перемещение центра катка $\delta S_C$. Предположим, при возможном перемещении скорость центра масс катка равна $V_C$. Скорость груза 1 равна скорости точки $A$ на ободе большого диска катка: $V_1 = V_A = \dfrac{R+r}{r}V_C$. Здесь учтено, что точка касания катка

с вертикальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r} = \dfrac{R+r}{r^2} V_C$.

Представляя кинематические соотношения в дифференциальном виде, получим необходимые связи между возможными перемещениями:

$$\delta S_1 = \frac{R+r}{r}\delta S_C = 3\delta S_C; \quad \delta\varphi_2 = \frac{R+r}{r^2}\delta S_C = \frac{3\delta S_C}{r}.$$

Окончательно уравнение принципа возможных перемещений выражается в виде: $P_3\delta S_C - c\Delta l\delta S_C + M\dfrac{3\delta S_C}{r} - P_1 3\delta S_C = 0$. Величина уравновешивающего момента $M = \dfrac{1}{3}mgr$.

## Упражнения

Упражнение 6.2. Штамповка деталей осуществляется при помощи рычажного пресса (рис. 6.17). Найти соотношение между силой $F$, приложенной к внешнему рычагу, и силой $Q$, сжимающей деталь $A$ вдоль центральной оси.

Длины рычагов $a$, $b$, $c$, $d$ показаны на рис. 6.17.

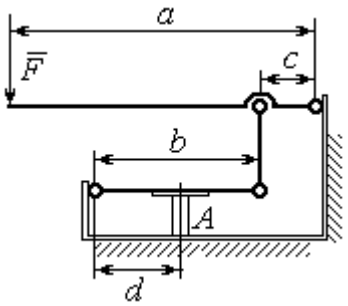


Рис. 6.17. Рычажный пресс

Упражнение 6.3. Конструкция состоит из двух валов, находящихся во внешнем зацеплении, и двух грузов, удерживающихся нитями, намотанными валы (рис. 6.18).

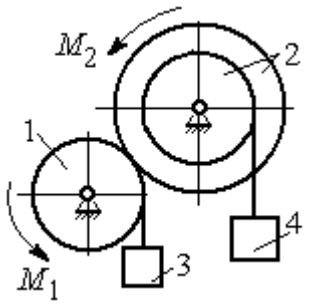


Рис. 6.18. Схема уравновешивания валов

Радиус вала 1 $R_1 = r$. Вал 2 состоит из двух барабанов, жестко скреплённых на одной оси. Радиусы барабанов: $R_2 = 3r$, $r_2 = r$.

Найти величину уравновешивающего момента $M_2$, приложенного к валу 2, если к валу 1 приложена пара сил с моментом $M_1 = 2Pr$, а грузы 3 и 4 одинакового веса $P$.

## 6.3. Общее уравнение динамики

При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0,$$

где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к точкам системы на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения.

### Примеры решения задач на применение общего уравнения динамики

**Задача 68.** Механическая система включает груз 1, ступенчатый диск 2 (каток), катящийся ступенькой по неподвижному рельсу, и однородный диск 3 (блок), вращающийся вокруг неподвижной оси, соединённых нерастяжимыми нитями (рис. 6.19). Качение ступенчатого диска происходит без скольжения. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$ под углом 30° к горизонтальному направлению движения груза. К блоку 3 приложена пара сил с моментом $M$. Найти закон движения центра масс катка 2 и реакцию шарнира блока 3 в момент времени $t$ = 1 с, если $P_1$ = 10 Н; $P_2$ = 20 Н; $P_3$ = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 3(1+2t)$ Н·м; $R_2$ = 0,8 м; $r_2$ = 0,2 м; $R_3$ = 0,4 м; момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_{2C}$ = 0,6 м.

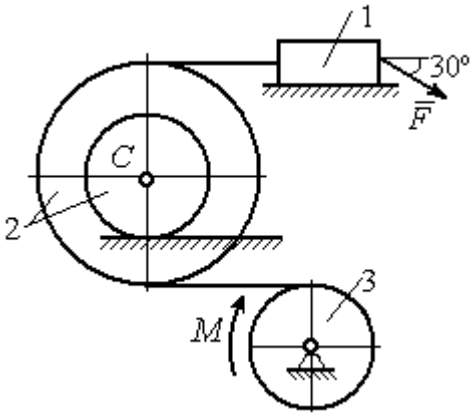


Рис. 6.19. Схема движения механической системы

*Решение*

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом $M$ (рис. 6.20).

Реакциями связей являются нормальные реакции опор: $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$, сила сцепления катка 2 с неподвижной поверхностью $\vec{F}_{сц}$ и реакция шарнира $O$ блока 3 (на рис. 6.20 реакция показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

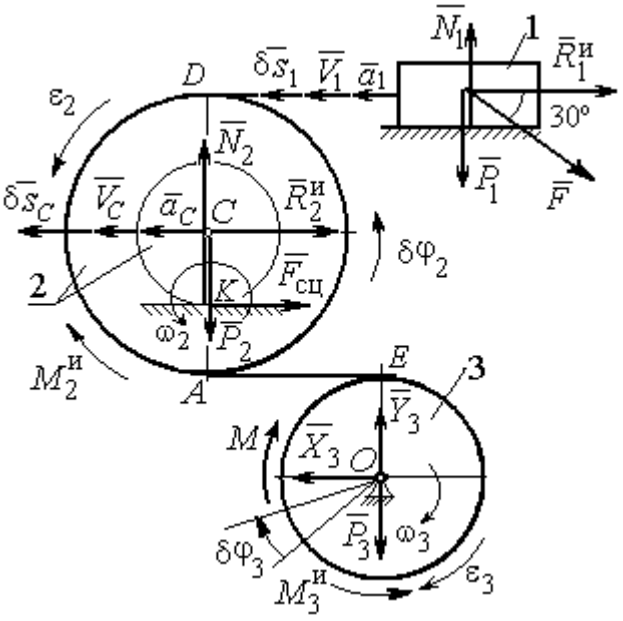



Рис. 6.20. Расчётная схема исследования движения механической системы

Предположим, система движется так, что блок 3 вращается с угловой скоростью $\omega_3$ и угловым ускорением $\varepsilon_3$ в направлении поворота, создаваемого моментом $M$. Соответствующие направления скорости $\vec{V}_C$ и ускорения $\vec{a}_C$ центра масс катка 2, его угловой скорости $\omega_2$ и ускорения $\varepsilon_2$, а также направление скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ груза 1 показаны на рис. 6.20.

Присоединим к телам системы силы инерции. Главные векторы $\vec{R}_1^{и}$, $\vec{R}_2^{и}$ сил инерции груза 1 и катка 2 приложены в центрах масс груза и катка и направлены в сторону, противоположную ускорениям $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_C$. Главные моменты $\vec{M}_2^{и}$, $\vec{M}_3^{и}$ сил инерции катка 2 и блока 3 направлены в сторону, противоположную угловым ускорениям $\varepsilon_2$ и $\varepsilon_3$.

Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.20.

Для механической системы с идеальными связями общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Здесь учтено, что в точке $K$ находится мгновенный центр скоростей катка (см. рис. 6.20). Скорость точки $E$ блока 3 равна скорости точки $A$ катка 2 (см. рис. 6.20):

$$V_E = V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 (R_2 - r_2) = V_C \frac{R_2 - r_2}{r_2} .$$

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_E}{R_3} = V_C \dfrac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}$.

Скорость груза 1 равна скорости точки $D$ катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2 (R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} .$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} .$$

Если выразить скоростные кинематические соотношения в дифференциальном виде, то, полагая действительное перемещение возможным (т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$), получим соотношения между перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} .$$

Найдем элементарные работы активных сил.

Работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как перемещения точек приложения сил перпендикулярны векторам сил.

Работа силы тяжести блока 3 также равна нулю, поскольку точка прило-

жения силы тяжести блока 3 не перемещается:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0;\ \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0;\ \delta A(\vec{P}_3) = 0.$$

Работу совершают только пара сил с моментом $M$ и сила $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2};$$

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ.$$

В результате сумма элементарных работ активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) =$$

$$= M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g}\frac{(R_2 + r_2)}{r_2} a_C,\ \ R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g};$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2};$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{r_2} a_C,$$

где $J_{2C}$ – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; $i_{2C}$ – радиус инерции катка; $J_{3O}$ – осевой момент инерции блока 3, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = -R_1^{\text{и}}\delta s_1 = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = -R_2^{\text{и}}\delta s_C = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1(R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C -$$

$$-\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C = -52{,}75\, a_C \delta s_C, \text{ где } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2.$$

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид: $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0$, откуда найдём ускорение центра масс катка 2 как функцию времени:

$$a_C(t) = 0{,}02 + 0{,}45t.$$

Представляя ускорение $a_C$ в виде второй производной координаты движения центра масс $a_C = \ddot{s}_C$, получим дифференциальное уравнение $\ddot{s}_C = 0{,}02 + 0{,}45t$. Дважды проинтегрировав это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения центра масс:

$$s_C = 0{,}01t^2 + 0{,}075t^3.$$

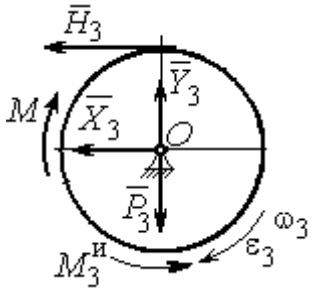


Рис. 6.21. Вращение блока 3

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом $M$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 6.21). Присоединим к блоку 3 силы инерции. При вращательном движении блока вокруг оси, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции равен ну-

лю. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{и}}$ направлен в сторону, противоположную угловому ускорению блока 3.

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил относительно оси вращения: $M - H_3 R_3 - M_3^{\text{и}} = 0$, откуда найдём реакцию нити: $H_3 = \dfrac{M}{R_3} - \dfrac{M_3^{\text{и}}}{R_3}$. Подставляя в уравнение величину модуля главного момента сил инерции блока 3 $M_3^{\text{и}}(1) = 0{,}7$ Н·м и значение момента, приложенного к блоку 3, в момент времени $t = 1$ с, $M(1) = 9$ Н·м найдём реакцию нити $H_3(1) = 20{,}75$ Н.

Уравнения равновесия, составленные в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси (см. рис. 6.21), имеют вид:

$$X_3 + H_3 = 0,\ Y_3 - P_3 = 0.$$

Составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени $t = 1$ с: $X_3 = -20{,}75$ Н, $Y_3 = 15$ Н. Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 25{,}6$ Н.

**Задача 69.** Груз 2 весом $P_2$, поднимаемый лебёдкой (рис. 6 22), подвешен в центре подвижного блока 3 весом $P_3$. Нерастяжимая нить одним концом прицеплена к грузу 1 весом $P_1$, лежащему на наклонной плоскости. Другой конец, переброшенный через невесомый блок $B$, охватывает снизу подвижный блок 3 радиуса $r$ и закреплён в вертикальном положении. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$, направленная вдоль наклонной плоскости.

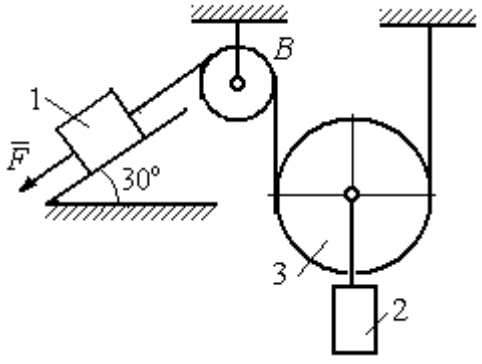


Рис. 6.22. Схема подъёмного устройства

Найти закон движения поднимаемого груза, если $P_1 = P_3 = P$, $P_2 = 3P$, $F = 2P$ и движение началось из состояния покоя.

*Решение*

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и сила $\vec{F}$ (рис. 6.23). Реакциями связей являются реакция шарнира блока *B* и реакция опоры груза 1 (на рис. 6.23 не показаны). Связи идеальные, так как работа реакций связей равна нулю.

Предположим, груз 1 спускается вниз по наклонной плоскости с ускорением $a_1$. Приложим к телам системы силы инерции. Главные вектора сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$ и $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ грузов 1 и 2, движущихся поступательно, приложены в центрах масс грузов и направлены противоположно векторам ускорений тел. Главный вектор $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ сил инерции блока 3 приложен в центре масс блока 3 и направлен противоположно вектору ускорения его центра масс. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ относительно оси, проходящей через центр масс блока 3 перпендикулярно плоскости движения, направлен в сторону, противоположную направлению углового ускорения блока 3, совпадающего с направлением углового движения. Направления главных векторов и главного момента сил инерции тел показаны на рис. 6.23.

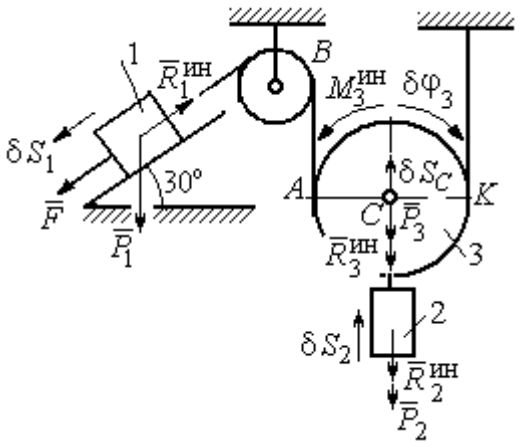


Рис.6.23. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 спустился вниз по наклонной плоскости на расстояние $\delta S_1$. В соответствии с приложенными в системе связями центр масс подвижного блока 2 и груз 2 переместились вверх на высоту $\delta S_C$, а сам блок повернулся на угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.23).

Составим общее уравнение динамики $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$. Получим

$$F\delta S_1 + P_1 \delta S_1 \cos 60° - P_2 \delta S_2 - P_3 \delta S_C -$$

$$- R_1^{\text{ин}} \delta S_1 - R_2^{\text{ин}} \delta S_C - R_3^{\text{ин}} \delta S_C - M_3^{\text{ин}} \delta \varphi_3 = 0,$$

где модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_C$, $M_3^{\text{ин}} = \dfrac{m_3 r^2}{2} \varepsilon_3$.

Выразим перемещение $\delta S_2$ и ускорение $a_2$ груза 2, а также поворот $\delta \varphi_3$ и угловое ускорение $\varepsilon_3$ подвижного блока 3 через перемещение $\delta S_1$ и ускорение $a_1$ груза 1.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_A}{AK} = \dfrac{V_1}{2r}$. Здесь учтено, что точка $K$ блока 3 является его мгновенным центром скоростей. Тогда, элементарный поворот блока $\delta \varphi_3 = \dfrac{\delta S_1}{2r}$, а его угловое ускорение $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{2r}$.

Скорость центра масс блока 3 и скорость груза 2: $V_2 = V_C = \dfrac{V_1}{2}$. Из этого равенства следует, что: $\delta S_2 = \delta S_C = \dfrac{\delta S_1}{2}$, $a_2 = a_C = \dfrac{a_1}{2}$.

Подставляя найденные соотношения в общее уравнение динамики с учётом данных задачи, окончательно получим уравнение: $\dfrac{1}{2} P \delta S_1 = \dfrac{17}{8g} P a_1 \delta S_1$. Отсюда $a_1 = \dfrac{4}{17} g = 0{,}23g$. Ускорение груза 2, $a_2 = \dfrac{a_1}{2} = 0{,}12g$.

Представим ускорение груза 2 в виде второй производной координаты его движения. Получим дифференциальное уравнение: $\ddot{S}_2 = 0{,}12g$. Дважды проинтегрировав его с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения груза: $S_2 = 0{,}06gt^2$.

**Задача 70**. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки $B$ и $D$ и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.24). Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом неподвижных блоков $B$ и $D$ пренебречь.

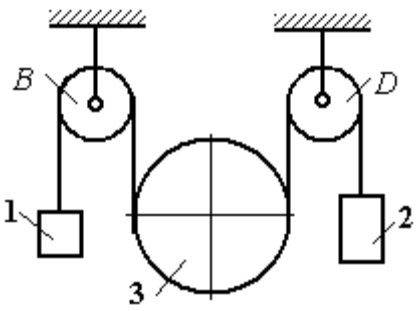


Рис. 6.24. Механическая система с двумя степенями свободы

*Решение*

В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ (рис. 6.25), а реакциями связей – реакции шарниров блоков $B$ и $D$. Связи идеальные, так как оси вращения блоков $B$ и $D$ неподвижны.

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. Система имеет две степени свободы. В этом случае общее уравнение динамики необходимо составлять для каждого из независимых перемещений.

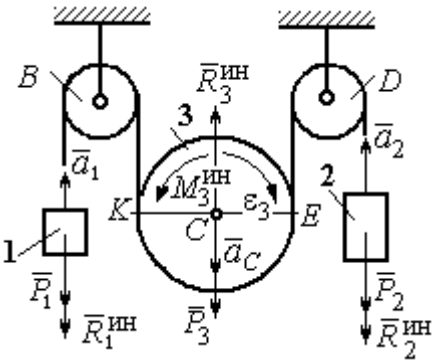


Рис.6.25. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Предположим, система движется так, что оба груза 1 и 2 равноускоренно перемещаются вверх. Скорости грузов $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, ускорения – $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$. Блок 3 опускается вниз с ускорением центра $\vec{a}_C$, вращается и имеет угловое ускорение $\varepsilon_3$, направленное по ходу часовой стрелки (см. рис. 6.25).

Приложим к телам системы силы инерции (см. рис. 6.25). Модули сил инерции: $R_1^{ин} = m_1 a_1$, $R_2^{ин} = m_2 a_2$, $R_3^{ин} = m_3 a_C$. Главный момент сил инерции блока 3 $M_3^{ин} = J_{3C}\varepsilon_3$, где осевой момент инерции $J_{3C} = \dfrac{m_3 r^2}{2}$. Направления векторов сил и моментов сил инерции показаны на рис. 6.25.

Для вычисления углового ускорения блока 3 воспользуемся векторным представлением ускорения точки при плоскопараллельном движении тела. Выберем точку $K$ за полюс. Ускорение точки $E$ определяется равенством $\vec{a}_E = \vec{a}_K + \vec{a}^{\,n}_{EK} + \vec{a}^{\,\tau}_{EK}$, где $\vec{a}_K$ – ускорение полюса $K$; $\vec{a}^{\,n}_{EK}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{EK}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $E$ при вращении блока 3 вокруг полюса $K$ (рис. 6.26). Спроектируем векторное равенство на вертикальную ось $E\tau$. Получим: $a_{E\tau} = a_{K\tau} + a^{\tau}_{EK}$, где $a_{E\tau}$ и $a_{K\tau}$ – проекции ускорений точек $E$ и $K$ на вертикальную ось.

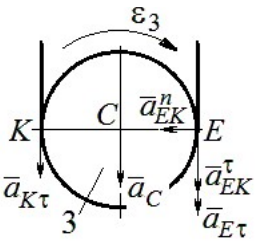


Рис. 6.26. Схема вычисления углового ускорения блока 3

Поскольку модуль ускорения точки $K$ нити равен модулю ускорения груза 1, то $a_{K\tau} = a_1$. Модуль ускорения точки $E$ нити равен модулю ускорения груза 2 и $a_{E\tau} = a_2$. Так как $a^{\tau}_{EK} = \varepsilon_3 AK = \varepsilon_3 2r$, то $\varepsilon_3 = \dfrac{a_{E\tau} - a_{K\tau}}{2r} = \dfrac{a_2 - a_1}{2r}$.

Составляя такое же векторное уравнение для определения ускорения центра масс блока 3 (точки $C$) и проектируя его на вертикальную ось, найдём:

$$a_C = a_{K\tau} + a^{\tau}_{CK} = a_1 + \varepsilon_3 r = \frac{a_2 + a_1}{2}.$$

Выберем в качестве независимых координат $s_1, s_2$ – положения грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных осей вращения блоков $B$ и $D$. Возможные перемещения грузов обозначим $\delta s_1$ и $\delta s_2$.

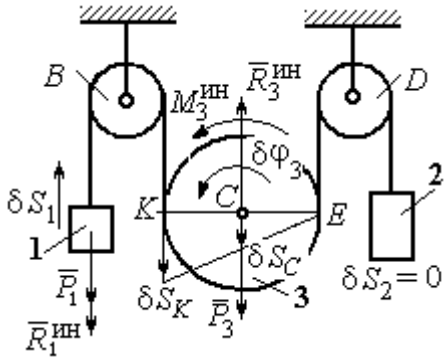


Рис.6.27. Движение системы при перемещении груза 1.

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 поднимается вверх на расстояние $\delta s_1$, а груз 2 – неподвижен. При таком движении нить, соединяющая груз 2 с блоком 3, неподвижна вплоть до точки $E$ (рис. 6.27).

Вращение блока 3 происходит против направления хода часовой стрелки. Точка $E$ является мгновенным центром скоростей блока 3, и угловая скорость блока $\omega_3 = \dfrac{V_K}{2r} = \dfrac{V_1}{2r}$. Скорость центра масс блока $V_C = \dfrac{1}{2}V_1$. Тогда элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \dfrac{\delta s_1}{2r}$ и элементарное перемещения центра масс $\delta s_C = \dfrac{1}{2}\delta s_1$.

На данном возможном перемещении работу совершают как активные силы – силы тяжести $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_3$ груза 1 и блока 3, так и силы инерции – $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ и пара сил инерции с моментом $M_3^{\text{ин}}$.

Составим общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A\left(\vec{F}_k^{\text{акт}}\right) + \sum \delta A\left(\vec{R}_k^{\text{ин}}\right) = -P_1\delta s_1 + P_3\delta s_C - R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_C + M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = 0.$$

Здесь работа сил инерции

$$R_1^{\text{ин}}\delta s_1 = m_1 a_1 \delta s_1, \quad R_3^{\text{ин}}\delta s_C = m_3 a_C \delta s_C = \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1;$$

$$M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = J_{3C}\varepsilon_3\delta\varphi_3 = \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r}.$$

В результате общее уравнение динамики представляется выражением

$$-P_1\delta s_1 + \frac{1}{2}P_3\delta s_1 - \frac{P_1}{g}a_1\delta s_1 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1 + \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r} = 0,$$

которое преобразуется к виду:

$$(3P_3 + 8P_1)a_1 + P_3 a_2 = (4P_3 - 8P_1)g.$$

Дадим системе другое независимое возможное перемещение, при котором груз 2 движется вверх ($\delta s_2 \neq 0$), а груз 1 неподвижен ($\delta s_1 = 0$).

При этом перемещении нить, соединяющая груз 1 и блок 3 неподвижна вплоть до точки $K$ (рис. 6.28). Вращение блока 3 происходит по направлению хода часовой стрелки. Точка $K$ является мгновенным центром скоростей бло-

ка 3. Тогда $\omega_3 = \frac{V_E}{2r} = \frac{V_2}{2r}$ и скорость центра масс блока $V_C = \frac{1}{2}V_2$. Элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \frac{\delta s_2}{2r}$ и перемещение центра масс $\delta s_C = \delta s_E = \frac{1}{2}\delta s_2$.

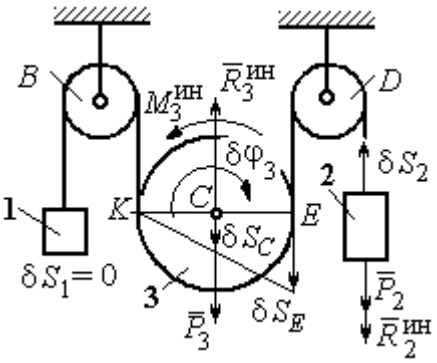


Рис. 6.28. Движение системы при перемещении груза 2

При таком движении работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$, силы инерции $\vec{R}_2^{ин}$, $\vec{R}_3^{ин}$ и пара сил с моментом $M_3^{ин}$.

Составим общее уравнение динамики на возможном перемещении $\delta s_2$ (см. рис. 6.28):

$$-P_2\delta s_2 - R_2^{ин}\delta s_2 + P_3\delta s_C - R_3^{ин}\delta s_C - M_3^{ин}\delta\varphi_3 = 0,$$

которое преобразуется к виду

$$-P_2\delta s_2 - \frac{P_2}{g}a_2\delta s_2 + \frac{1}{2}P_3\delta s_2 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1+a_2}{2}\right)\frac{1}{2}\delta s_2 - \frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{a_2-a_1}{2r}\right)\frac{\delta s_2}{2r} = 0$$

или к виду

$$(8P_2 + 3P_3)a_2 + P_3 a_1 = (4P_3 - 8P_2)g.$$

Подставляя данные задачи в оба уравнения динамики, соответствующие независимым перемещениям $\delta s_1$ и $\delta s_2$, получим систему уравнений:

$$7a_1 + a_2 = 0, \quad 2g + 9a_2 + a_1 = 0.$$

Решение системы: $a_1 = \frac{1}{31}g$, $a_2 = -\frac{7}{31}g$ представляет ускорения грузов 1 и 2. Ускорение центра масс блока 3 находится по формуле $a_C = \frac{a_1 + a_2}{2} = -\frac{3}{31}g$.

Знаки ускорений определяют направления движений тел: груз 1 движется в выбранном направлении – вверх, груз 2 – вниз, центр блока 3 – вверх.

## Упражнения

Упражнение 6.4. В механической системе (рис. 6.29) блок 1 радиуса *r* и каток 2 соединены горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и катками отсутствует. Каток 2 состоит из двух шкивов радиусов *r* и *R* = 2*r*, скреплённых на одной оси. Каток катится, опираясь малым шкивом на горизонтальную поверхность, без проскальзывания. Груз 3 представляет собой поршень, двигающийся по горизонтальной поверхности без трения и прикреплённый к центру масс катка 2. К блоку 1 приложена пара сил с переменным моментом $M_{\text{вр}} = mgr\sin\omega t$.

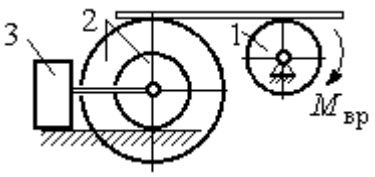


Рис. 6.29. Схема движения механической системы

Найти закон движения поршня 3, если массы грузов $m_1 = m_3 = m$, общая масса катка 2 $m_2 = 2m$, момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = 1{,}5r$. Движение началось из состояния покоя.

Упражнение 6.5. Груз 1, двигаясь горизонтально, приводит в движение ступенчатый барабан 2 посредством нерастяжимой нити, намотанной на его малую ступень (рис. 6.30). К барабану на нитях, намотанных на большую и малую ступеньки, подвешены два груза 3 и 4. На груз 1 действует сила $F = P(t+1)$. Определить закон движения груза 3, если веса грузов одинаковы и равны *P*, вес барабана 2 равен 2*P*, радиусы ступенек барабана *r* и 2*r*, радиус инерции барабана $i_2 = r\sqrt{2}$, и движение началось из состояния покоя.

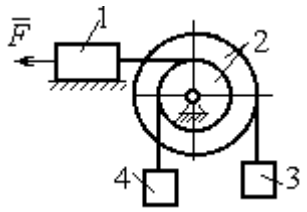


Рис. 6.30. Схема подъёмника

## 6.4. Уравнения Лагранжа II рода

**Обобщенными координатами** называется совокупность любых *s* независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_S$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменятся на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_S$, называемые **вариациями обобщенных координат**, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде: $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_S$.

Величина $Q_k$, $k = 1, 2, \ldots, s$, равная коэффициенту при вариации $\delta q_k$ обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k$, $k = 1,2,...,s$, где $s$ – число степеней свободы системы; $T$ – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_s$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_s$ – обобщенные скорости.

### Примеры решения задач на составление уравнений Лагранжа

**Задача 71**. В механизме домкрата (рис. 6.31) движение зубчатого колеса 1 передаётся шестерне 2, к которой соосно прикреплено зубчатое колесо 3, имеющее зацепление с зубчатой рейкой 4, на которой поднимается груз 5 массы $m_5$ = 50 кг.

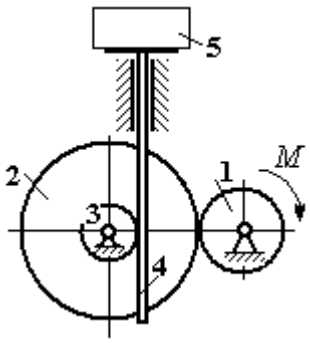


Рис. 6.31. Схема механизма домкрата

Радиусы зубчатых колёс $r_1$ = 5 см, $r_2$ = 12 см, $r_3$ = 6 см. Зубчатые колёса считать сплошными однородными дисками. Массы колёс $m_1$ = 0,8 кг, $m_2$ = 1,6 кг, $m_3$ = 0,6 кг, масса зубчатой рейки $m_4$ = 1 кг.

Какой величины постоянный вращающий момент нужно приложить к колесу 1 для того, чтобы в момент времени $t = 2$ с груз 5 имел скорость $V_5$ = 1 м/с, если движение системы начинается из состояния покоя.

*Решение*

Домкрат является механической системой с одной степенью свободы. Выберем в качестве обобщённой координаты координату *x*, отмечающую положение груза 5 (рис. 6.32).

Уравнение Лагранжа для обобщённой координаты *x* имеет вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где $T$ – кинетическая энергия системы; $\dot{x}$ – обобщённая скорость; $Q_x$ – обобщённая сила.

Кинетическая энергия колеса 1: $T_1=\frac{J_1\omega_1^2}{2}$, где $\omega_1$ – угловая скорость колеса 1; $J_1$ – момент инерции колеса, $J_1=\frac{m_1 r_1^2}{2}$.

Кинетические энергии шестерни 2 и зубчатого колеса 3, у которых угловые скорости одинаковы, соответственно: $T_2=\frac{J_2\omega_2^2}{2}$, $T_3=\frac{J_3\omega_2^2}{2}$, где $\omega_2$ – угловая скорость шестерни 2; $J_2$, $J_3$ – моменты инерции шестерни 2 и зубчатого колеса 3 относительно оси, проходящей через общий центр масс, $J_2=\frac{m_2 r_2^2}{2}$, $J_3=\frac{m_3 r_3^2}{2}$. Скорость груза 5 равна скорости зубчатой линейки $V_5=V_4$. Кинетическая энергия зубчатой линейки 4 и груза 5: $T_4=\frac{m_4 V_4^2}{2}$, $T_5=\frac{m_5 V_4^2}{2}$.

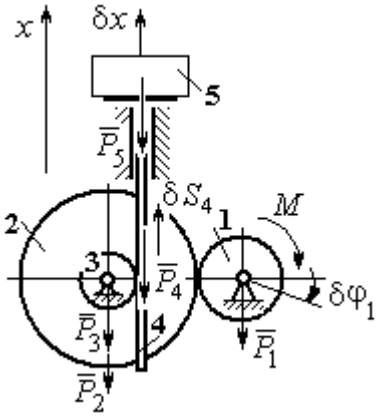


Рис. 6.32. Возможные перемещения звеньев механизма

Выразим угловые скорости колёс через скорость груза (зубчатой линейки).

Имеем: $\omega_2 = \omega_3 = \dfrac{V_4}{r_3}$ (см. рис. 6.32). Кроме того, из равенства $\omega_2 r_2 = \omega_1 r_1$ следует $\omega_1 = \dfrac{\omega_2 r_2}{r_1} = \dfrac{V_4 r_2}{r_1 r_3}$.

Подставляя полученные соотношения в выражения кинетических энергий тел и с учётом данных задачи, получим кинетическую энергию системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 =$$

$$= \frac{m_1 r_1^2}{4}\left(\frac{V_4 r_2}{r_1 r_3}\right)^2 + \frac{m_2 r_2^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3 r_3^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_4 V_4^2}{2} + \frac{m_5 V_4^2}{2} =$$

$$= \left[\frac{m_1 + m_2}{2}\left(\frac{r_2}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3}{2} + m_4 + m_5\right]\frac{V_4^2}{2} = 28{,}05\, V_4^2 = 28{,}05\, \dot{x}^2 .$$

Вычислим обобщённую силу.

Дадим возможное перемещение $\delta x$ грузу 5. При этом линейка 4 переместится на расстояние $\delta s_4$, а зубчатое колесо 1 повернётся на угол $\delta\varphi_1$. Найдём сумму работ всех сил, приложенных к системе, на этом возможном перемещении. Получим: $\delta A = -P_5 \delta x - P_4 \delta s_4 + M \delta\varphi_1$. Работа сил тяжести зубчатых колёс $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ равна нулю, так как точки приложения этих сил неподвижны.

Из ранее полученных скоростных соотношений следуют равенства перемещений: $\delta s_4 = \delta x$, $\delta\varphi_1 = \dfrac{r_2}{r_1 r_3}\delta x$. В результате сумма работ сил на возможном перемещении системы выражается в виде $\delta A = \left(-m_5 g - m_4 g + M\dfrac{r_2}{r_1 r_3}\right)\delta x$. Отсюда обобщённая сила $Q_x$, соответствующая координате $x$: $Q_x = -(m_5 + m_4)g + M\dfrac{r_2}{r_1 r_3} = -500{,}31 + 40M$.

Составим уравнение Лагранжа.

С учётом, что $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 56{,}1\,\ddot{x}$ и $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$, дифференциальное уравнение движения имеет вид: $56{,}1\,\ddot{x} = -500{,}31+40M$ или $\ddot{x} = -8{,}92+0{,}71M$.

Интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон изменения скорости груза 5: $V_5 = \dot{x} = (-8{,}92+0{,}71M)t$.

По условию задачи при $t = 2$ с $V_5 = 1$ м/с. Подставляя эти данные в уравнение, получим: $M = 13{,}27$ Н·м.

**Задача 72**. Механическая система состоит из ступенчатого блока 2, катка 3, соединённых невесомым брусом 1, и невесомой пружины жесткостью $c$. Радиусы ступеней блока $r$ и $R = 1{,}5r$, радиус катка 3 равен $r$. Брус, лежащий на катке 3 и блоке 2, во время движения остаётся параллельным линии качения катка 3 (рис. 6.33). В центре катка 3 приложена сила $\vec{F}$, направленная вверх параллельно наклонной плоскости, а к блоку 2 – пара сил с моментом $M$. Качение катка по неподвижной поверхности без скольжения. Проскальзывание между брусом 1 и дисками отсутствует. Передача движения пружины блоку 2 производится посредством невесомого жесткого вертикального стержня, прижатого к малой ступеньке блока без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси вращения $i_z = r\sqrt{2}$. Веса тел: $P_3 = P$, $P_2 = 2P$, приложенная сила $F = 2P$, момент $M = Pr$, жесткость пружины $c = P/r$.

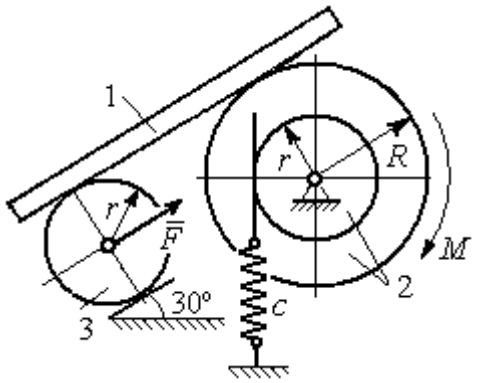


Рис. 6.33. Механическая система с одной степенью свободы

Определить закон угловых колебаний блока 2 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с в сторону вращения, создаваемого заданным моментом.

*Решение*

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.34) имеет одну степень свободы. В качестве обобщённой координаты $q$ выберем перемещение $x$ верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня недеформируемой пружины (см. рис. 6.34). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы, имеет вид $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где $T$ – кинетическая энергия системы; $Q_x$ – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате $x$.

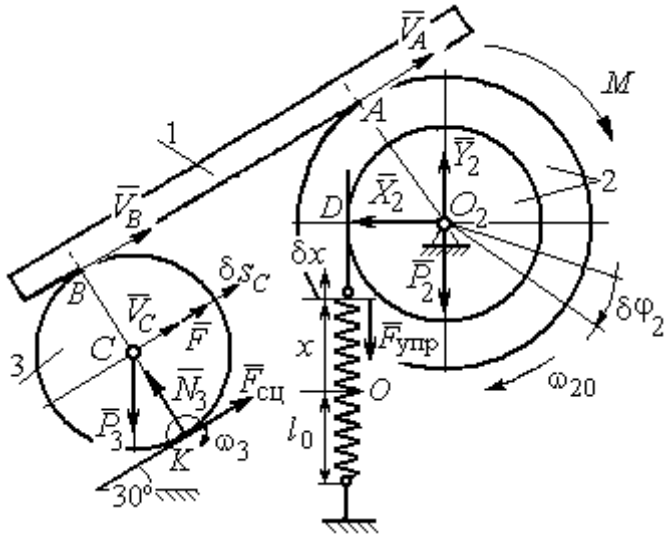



Рис. 6.34 Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Вычислим кинетическую энергию системы. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где $\omega_2$ – угловая скорость блока; $J_{2z}$ – момент инерции блока 2 относительно оси $z$, $J_{2z} = m_2 i_z^2$. Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где $V_C$, $\omega_3$ – скорость центра масс катка 3 и его угловая скорость; $J_{zC}$ – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; $r$ – радиус катка.

Выразим угловые скорости $\omega_2$, $\omega_3$, а также скорость $V_C$ через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки $D$ блока 2 равна скорости движения верхнего края пружины: $V_D = \dot{x}$ (см. рис. 6.34). Угловая скорость блока 2: $\omega_2 = \dfrac{V_D}{r} = \dfrac{\dot{x}}{r}$. Скорость точки $A$ блока 2: $V_A = \omega_2 R = \dfrac{\dot{x}R}{r}$.

Так как брус совершает поступательное движение, то скорости точек $A$ и $B$ равны: $V_B = V_A$. Угловая скорость катка 3 (точка $K$ касания катка 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей): $\omega_3 = \dfrac{V_B}{2r} = \dfrac{V_A}{2r} = \dfrac{\dot{x}R}{2r^2}$. Скорость центра катка 3: $V_C = \dfrac{V_B}{2} = \dfrac{\dot{x}R}{2r}$.

Подставляя найденные кинематические соотношения с учётом исходных данных задачи, получим кинетическую энергию тел системы:

$$T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left(r\sqrt{2}\right)^2 \left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2 = \frac{2P}{g} \dot{x}^2;$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2} \frac{Pr^2}{2g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2 = \frac{3P}{4g} \left(\frac{R}{2r}\right)^2 \dot{x}^2.$$

Полная кинетическая энергия системы:

$$T = T_2 + T_3 = \frac{P}{g} \left(2 + \frac{3}{4} \left(\frac{R}{2r}\right)^2\right) \dot{x}^2.$$

Найдём обобщённую силу. Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой $x$, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине в произвольном положении возможное (бесконечно малое) перемещение $\delta x$ в положительном направлении оси $x$ (см. рис. 6.34). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta x}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние $\delta s_C = \dfrac{R}{2r} \delta x$. На заданном перемещении системы работу совершают сила тяжести катка 3, пара сил с моментом $M$, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины.

Элементарная работа вращающего момента $M$: $\delta A(M) = M\delta\varphi_2 = M\dfrac{\delta x}{r}$.

Работа силы тяжести катка 3: $\delta A(\vec{P}_3) = P_3\delta s_C\cos 120^\circ = -P_3\dfrac{R}{4r}\delta x$.

Работа силы $F$: $\delta A(\vec{F}) = F\delta s_C = F\dfrac{R}{2r}\delta x$.

Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние $x$: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.34). Её работа при перемещении $\delta x$ вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180° = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи:

$$\delta A = M\frac{\delta x}{r} - P_3\frac{R}{4r}\delta x + F\frac{R}{2r}\delta x - cx\delta x = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P\left(\dfrac{17}{8} - \dfrac{x}{r}\right)$.

Вычислим необходимые производные кинетической энергии: $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = \dfrac{2P}{g}\left(2 + \dfrac{3}{4}\left(\dfrac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x}$, $\dfrac{\partial T}{\partial x} = 0$ и, подставляя их в общий вид уравнений Лагранжа, получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$\frac{2P}{g}\left(2 + \frac{3}{4}\left(\frac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x} = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right), \text{ или } \ddot{x} + 10{,}2x = 4{,}34 \text{ (здесь } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2\text{)}.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где $C_1$, $C_2$ – произвольные постоянные; $k$ – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{10{,}2}$ = 3,19 рад/с. Частное ре-

шение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = 0{,}42$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1 \sin 3{,}19t + C_2 \cos 3{,}19t + 0{,}42$.

Произвольные постоянные $C_1$, $C_2$ находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}42$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки $D$ блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость $\omega_{20} = 0{,}5$ рад/с, то при $r = 0{,}2$ м $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Вычисляем скорость движения края пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 3{,}19 C_1 \cos 3{,}19t - 3{,}19 C_2 \sin 3{,}19t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}03$.

Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}03 \sin 3{,}19t - 0{,}42 \cos 3{,}19t + 0{,}42$ м. Уравнение колебательного движения блока 2: $\varphi_2 = \dfrac{x}{r} = 0{,}15 \sin 3{,}19t - 2{,}1 \cos 3{,}19t + 2{,}1$ рад.

**Задача 73**. Прямоугольная призма 3 весом $2P$ лежит на катке 1 радиуса $r$ и веса $P$ и опирается на невесомый блок 2 (рис. 6.35). Каток 1 катится по неподвижной горизонтальной поверхности без скольжения. По наклонной поверхности призмы скатывается без скольжения каток 4 весом $P$ и радиуса $r$. Угол наклона поверхности призмы к горизонту составляет

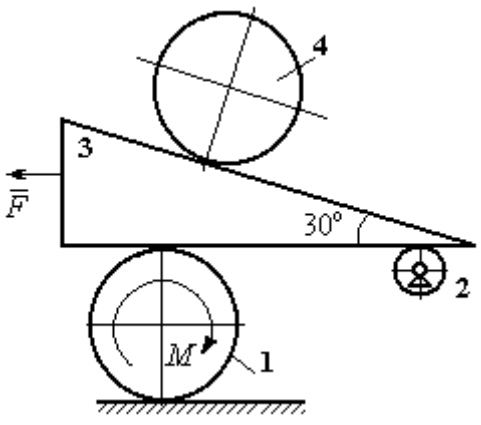


Рис. 6.35. Механическая система с двумя степенями свободы

30º. На каток 1 действует пара сил с постоянным моментом $M = 3Pr$, а на призму 3 – горизонтальная сила $\vec{F}$ с модулем $F = P$. Катки считать однородными дисками. Проскальзывание между катками 1, 4 и призмой отсутствует. В начальный момент система находилась в покое.

Определить закон движения призмы 3 и закон движения катка 4 относительно призмы.

*Решение*

Рассматриваемая механическая система – катки и призма имеет две степени свободы, так как перемещение катка 4 относительно призмы 3 не зависит от перемещения самой призмы и катка 1. За обобщенные координаты выберем перемещение $x_4$ центра масс катка 4 относительно края призмы и перемещение $x_3$ края призмы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.36). Обобщенные скорости: $\dot{x}_4$, $\dot{x}_3$.

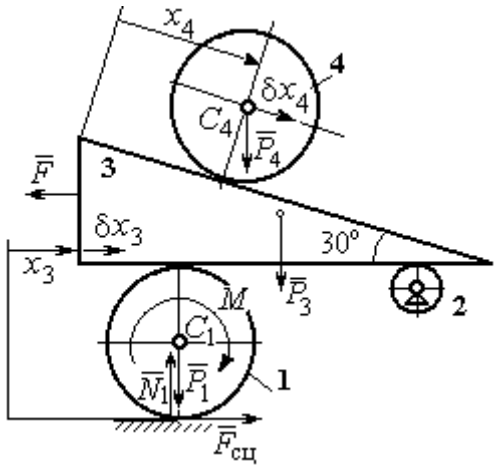



Рис. 6.36. Возможные перемещения механической системы

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы в обобщённых координатах:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_4} = Q_{x_4};$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_3} = Q_{x_3},$$

где $T$ – кинетическая энергия системы; $Q_{x_4}$, $Q_{x_3}$ – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию тел в системе.

Каток 1 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2$, где $V_{C_1}$ – скорость центра масс катка, $V_{C_1} = \frac{1}{2}\dot{x}_3$; $J_{C_1}$ – момент инерции катка относительно оси, проходящей через центр масс

перпендикулярно плоскости движения, $J_{C_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; $\omega_1$ – угловая скорость катка 1, $\omega_1 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Призма 3 совершает поступательное движение со скоростью $V_3 = \dot{x}_3$. Её кинетическая энергия $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{m_3 \dot{x}_3^2}{2}$.

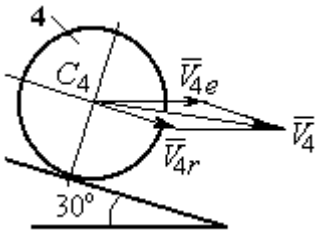


Рис. 6.37. Скорость центра масс катка 4

При расчёте кинетической энергии катка 4 по формуле $T_4 = \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2$ необходимо учитывать, что каток 4 совершает сложное движение. Здесь относительное движение катка – его качение по наклонной поверхности призмы, переносное – поступательное перемещение вместе с призмой.

Вектор абсолютной скорости центра масс катка 4 $\vec{V}_4$ представляется в виде суммы $\vec{V}_4 = \vec{V}_{4e} + \vec{V}_{4r}$ (рис. 6.37), где $\vec{V}_{4e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости призмы: $V_{4e} = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{4r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине $V_{4r} = \dot{x}_4$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 4 (по теореме косинусов):

$$V_4^2 = V_{4e}^2 + V_{4r}^2 - 2V_{4e}V_{4r}\cos 150^\circ = \dot{x}_3^2 + \dot{x}_4^2 + 2\dot{x}_3\dot{x}_4\cos 30^\circ .$$

Поскольку переносное движение катка 4 поступательное, угловая скорость катка $\omega_4$ равна его угловой скорости в относительном движении $\omega_4 = \frac{V_{4r}}{r} = \frac{\dot{x}_4}{r}$.

В результате выражение кинетической энергии системы, в обобщённых скоростях имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2 + \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2 =$$

$$= \frac{P}{2g}\left(\frac{27}{8}\dot{x}_3^2 + \frac{3}{2}\dot{x}_4^2 + \dot{x}_3\dot{x}_4\sqrt{3}\right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате $x_3$, оставляя координату $x_4$ без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_4 = 0$. При таком движении системы каток 4 не скатывается по призме, а движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести катков 1, 4 и призмы равна нулю, так как нет вертикального перемещения точек приложения этих сил. Работу на этом перемещении будет производить только сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом $M$, приложенная к катку 1. Суммарная элементарная работа

$$\delta A = -F\delta x_3 + M\delta\varphi_1 = \left(-F + \frac{M}{2r}\right)\delta x_3 .$$

Здесь учтено, что элементарный угол поворота катка 1 связан с перемещением призмы соотношением: $\delta\varphi_1 = \frac{\delta x_3}{2r}$. Отсюда обобщённая сила, соответствующая координате $x_3$: $Q_{x_3} = -F + \frac{M}{2r} = \frac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате $x_4$, оставляя координату $x_3$ без изменения: $\delta x_4 > 0, \delta x_3 = 0$. При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 4, который скатывается по наклонной поверхности призмы. При таком движении системы работу совершает только сила тяжести катка 4. Выражая элементарную работу $\delta A = P_4\delta x_4\cos 60^\circ = \frac{1}{2}P\delta x_4$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате $x_4$: $Q_{x_4} = \frac{1}{2}P$.

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим необходимые производные кинетической энергии

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4;\ \ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) = \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3;\ \ \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$$

Подставляя результаты расчётов в общий вид уравнений Лагранжа, получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4 = \frac{1}{2}P, \quad \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3 = \frac{1}{2}P$$

или

$$6{,}75\ddot{x}_3 + 1{,}73\ddot{x}_4 = g; \quad 3\ddot{x}_4 + 1{,}73\ddot{x}_3 = g.$$

Решаем данную систему как алгебраическую относительно ускорений $\ddot{x}_3$, $\ddot{x}_4$. Получим: $\ddot{x}_3 = 0{,}07g$, $\ddot{x}_4 = 0{,}29g$.

Интегрируя дважды эти уравнения с нулевыми начальными условиями, получим закон движения призмы ($x_3 = 0{,}035gt^2$) и центра масс катка 4 относительно призмы ($x_4 = 0{,}145gt^2$). Движение призмы и катка 4 относительно призмы происходит в положительном направлении осей.

**Задача 74**. Механическая система состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3 (рис. 6.38). Невесомый стержень, соединяющий каток 2 с блоком 3, параллелен горизонтальной плоскости качения катка 2. К центру катка 2 прикреплена горизонтальная пружина, другой конец которой соединён с грузом 1. Коэффициент жесткости пружины *c*. Груз 1 весом $P_1$ движется без трения по горизонтальной поверхности. Каток 2 весом $P_2$ катится по горизонтальной поверхности без скольжения. Радиус катка 2 равен *r*. Блок 3 считать однородным диском весом $P_3$ радиуса *R*. К блоку 3 приложена пара сил с моментом *M*. Движение катка 2 блоку 3 передаётся горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует. В начальный момент система находилась в покое. При этом груз 1 находился в положении, при котором

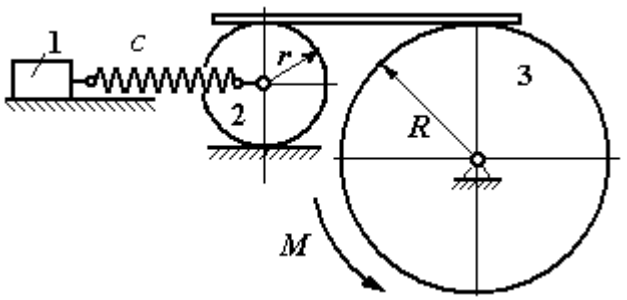


Рис. 6.38. Колебания механической системы с двумя степенями свободы

пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на величину $\Delta l_0$.

Найти закон абсолютного движения груза 1, если известно $P_1$ = 10 Н, $P_2$ = 20 Н, $P_3$ = 30 Н, $M$ = 5 Н·м, $R$ = 24 см, $c$ = 207 Н/м, $\Delta l_0$ = 5 см.

*Решение*

Рассматриваемая механическая система имеет две степени свободы. В качестве обобщенных координат выберем удлинение пружины $x_1$ относительно недеформированного состояния и угол $\varphi_3$ поворота блока 3 (рис. 6.39). При этом $x_1$ является относительной координатой движения груза, а $\varphi_3$ – абсолютной координатой вращения блока 3.

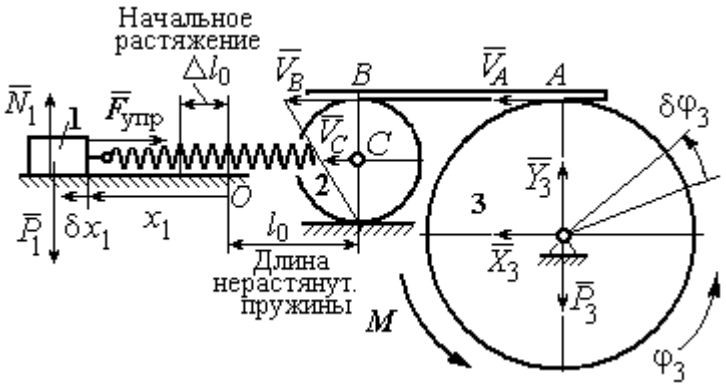



Рис. 6.39. Расчётная схема колебаний механической системы

Рассмотрим сложное движение груза 1. Относительное движение груза – это его движение на пружине в предположении, что точка крепления пружины неподвижна. Относительная скорость $V_{1r} = \dot{x}_1$. Переносное движение – это перемещение груза вместе с фиксированной длиной пружины (иначе, заменяя пружину жестким стержнем). Переносная скорость груза 1 $V_{1e} = V_C$, где $V_C$ – скорость центра масс катка 2.

На рис. 6.39 показано распределение скоростей точек катка 2, откуда следует: $V_C = \frac{1}{2} V_B$. Имеем: $V_B = V_A = \omega_3 R = \dot{\varphi}_3 R$ и $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Для того чтобы найти модуль абсолютной скорости груза 1, спроектируем векторное равенство теоремы сложения скоростей $\vec{V}_1 = \vec{V}_{1r} + \vec{V}_{1e}$ на горизон-

тальную ось. Полагая, что движение системы происходит в положительном направлении отсчета обобщённых координат, получим: $V_1 = \dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_1} = Q_x, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = Q_\varphi,$$

где $T$ – кинетическая энергия системы; $Q_x$, $Q_\varphi$ – обобщенные силы, соответствующие обобщенным координатам $x_1$ и $\varphi_3$.

Вычислим кинетическую энергию системы и выразим её через обобщённые скорости.

Кинетическая энергия поступательного движения груза 1 определяется выражением $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где $V_1$ следует рассматривать как абсолютную скорость груза. Тогда $T_1 = \frac{1}{2} m_1 \left(\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R\right)^2$. Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3}{4} m_2 V_C^2$, причём $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$. Тогда $T_2 = \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2$. Кинетическая энергия вращающегося блока 3: $T_3 = \frac{1}{2} J_{3z} \omega_3^2$, где $J_{3z}$ – осевой момент инерции блока 3, $J_{3z} = \frac{m_3 R^2}{2}$. Окончательно $T_3 = \frac{1}{4} m_3 \dot{\varphi}_3^2 R^2$.

Кинетическая энергия системы имеет вид:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R)^2 + \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2 + \frac{m_3 R^2}{4} \dot{\varphi}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1 \dot{\varphi}_3 R + \left(\frac{1}{8} m_1 + \frac{3}{16} m_2 + \frac{1}{4} m_3\right) \dot{\varphi}_3^2 R^2.$$

Дадим системе возможное перемещение, при котором изменяется координата груза $x_1$ ($\delta x_1 > 0$), а другая координата – угол поворота блока 3 $\varphi_3$ остаётся постоянной ($\delta\varphi_3 = 0$). В этом случае груз 1 движется горизонтально, блок 3 и каток 2 – неподвижны. При таком движении работу будет производить только упругая сила пружины.

Модуль силы упругости пружины пропорционален её растяжению и в произвольном положении груза равен: $F_{\text{упр}} = c\Delta\ell = cx_1$. Направление силы упругости противоположно растяжению (см. рис. 6.39).

Сумма элементарных работ сил на заданном перемещении системы $\delta x_1$: $\delta A = -F_{\text{упр}}\delta x_1 = -cx_1\delta x_1$. Отсюда обобщенная сила $Q_x$, соответствующая координате $x_1$: $Q_x = -cx_1 = -207x_1$ Н.

Дадим системе другое возможное перемещение, при котором пружина не растягивается: $\delta x_1 = 0$, а блок 3 повернулся на угол $\delta\varphi_3$: $\delta\varphi_3 > 0$. В этом случае пружина рассматривается как жёсткий стержень, связывающий груз 1 с центром масс катка 2. В результате при повороте блока 3 груз 1 и точка *C* движутся одинаково в горизонтальном направлении. На этом перемещении системы работу совершает только пара сил с моментом *M*, приложенная к блоку 3. Имеем $\delta A = M\delta\varphi_3$, и, следовательно, обобщённая сила $Q_\varphi = M = 5$ Н·м.

Составим уравнения Лагранжа, для чего вычислим производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям и координатам:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1\dot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\dot{\varphi}_3;\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} = \frac{1}{2}m_1R\dot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\dot{\varphi}_3R^2;$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = 0.$$

Полные производные по времени:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = m_1\ddot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\ddot{\varphi}_3;\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) = \frac{1}{2}m_1R\ddot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\ddot{\varphi}_3R^2.$$

Приравнивая полные производные обобщённым силам, получим уравнения Лагранжа окончательно в виде системы алгебраических уравнений относительно ускорений $\ddot{x}_1$ и $\ddot{\varphi}_3$:

$$1{,}02\ddot{x}_1 + 0{,}12\ddot{\varphi}_3 = -207x_1;\ \ 0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5.$$

Разрешая систему относительно ускорения $\ddot{x}_1$, получим уравнение относительных колебаний груза:

$$\ddot{x}_1 + 225x_1 = -4{,}35\,.$$

Решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x_1 = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$.

Общее решение однородного уравнения $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где $C_1$, $C_2$ – произвольные постоянные; $k$ – круговая частота собственных колебаний груза 1, $k = \sqrt{225} = 15$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = -0{,}02$.

Таким образом, общее решение неоднородного уравнения

$$x_1(t) = C_1\sin 15t + C_2\cos 15t - 0{,}02\,.$$

Начальная координата $x_{01}$ груза 1 определяется из условия, что в начальный момент времени при $t = 0$ груз находился в положении, при котором пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на расстояние $\Delta l_0 = 0{,}05$ м. Следовательно, $x_{01} = 0{,}05$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим: $C_2 = 0{,}07$.

Относительная скорость груза 1 в любой момент времени: $\dot{x}_1(t) = C_1 15\cos 15t - C_2 15\sin 15t$. По условию задачи начальная скорость груза 1

$\dot{x}_1(0) = 0$. После подстановки начального условия в выражение для скорости груза 1 получим: $C_1 = 0$.

Окончательно уравнение относительного движения груза 1:

$$x_1(t) = 0{,}07\cos 15t - 0{,}02 \text{ м}.$$

Найдём уравнение вращательного движения блока 3. Для этого в дифференциальное уравнение $0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5$ подставим значение второй производной решения относительных колебаний груза 1. Получим: $\ddot{\varphi}_3 = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$. Полагая $\ddot{\varphi}_3 = \dfrac{d\omega_3}{dt}$, получим дифференциальное уравнение первого порядка: $\dfrac{d\omega_3}{dt} = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$, откуда найдём угловую скорость блока 3: $\omega_3 = 33{,}33t + 0{,}84\sin 15t + C_3$.

Аналогично, положив $\omega_3 = \dfrac{d\varphi_3}{dt}$, найдём закон вращательного движения блока 3: $\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + C_3 t + C_4$.

Начальные условия движения блока: при $t = 0$, $\varphi_3(0) = 0$, $\omega_3(0) = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_4 = 0{,}056$, $C_3 = 0$.

Окончательно уравнение вращательного движения блока 3:

$$\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + 0{,}056.$$

Абсолютное движение $s_1$ груза 1 представляется суммой относительного и переносного движений:

$$s_1 = x_1 + S_C = x_1 + \frac{1}{2}R\varphi_3 = 2t^2 - 0{,}06\cos 15t - 0{,}01.$$

## Упражнения

Упражнение 6.6. Каток весом $P_1 = 2P$, радиуса $r$, движущийся без проскальзывания по вертикальной стене, удерживается вертикальной пружиной жесткостью $C = 4P / r$, прикреплённой одним концом к центру катка, другим – к неподвижной поверхности (рис. 6.40). К нити, намотанной на барабан катка, подвешен груз 2 весом $P_2 = P$. На груз действует сила $F = P$, к катку приложена пара сил с моментом $M = Pr$.

Найти закон движения груза 2 и максимальное растяжение пружины, если движение системы началось из состояния покоя при недеформированной пружине.

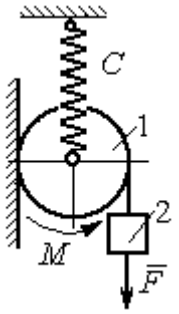


Рис. 6.40. Схема движения катка

Упражнение 6.7. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки $B$ и $D$ и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.41).

Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом нити и неподвижных блоков $B$ и $D$ пренебречь.

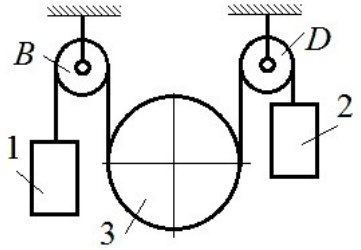


Рис. 6.41. Механическая система с двумя степенями свободы

Упражнение 6.8. Каток 1, радиуса $r$ весом $P$ катится по горизонтальной поверхности. К катку приложена пара сил с моментом $M = 2Pr$. Каток передаёт движение невесомой тележке (см. рис. 6.42). В кузове тележки находится каток 2 такого же радиуса $r$ и веса $P$, который движется по горизонтальной поверхности кузова под действием силы $F = P$, приложенной в центре катка. Найти закон движения центра катка 2 относительно тележки, если движение системы началось из состояния покоя.

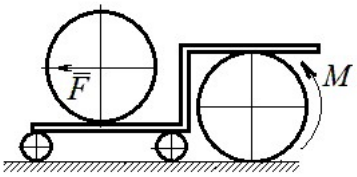


Рис. 6 42. Движение катка в кузове тележки

# 7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

## 7.1. Ответы к упражнениям главы 1

**1.1**

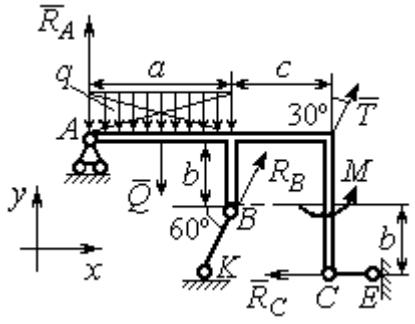



Рис. 7.1. Расчётная схема к упражнению 1.1

$$T = 15 \text{ кН}, \quad Q = 15 \text{ кН}.$$

$$R_B\cos 60^\circ + T\cos 60^\circ - R_C = 0;$$

$$R_A - Q + R_B\cos 30^\circ + T\cos 30^\circ = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{a}{2} + R_B\cos 30^\circ\cdot a + R_B\cos 60^\circ\cdot b + T\cos 30^\circ\cdot(a+c) +$$

$$+ M - R_C\cdot 2b = 0.$$

$$R_B = -3{,}8 \text{ кН}, \quad R_C = 5{,}6 \text{ кН}, \quad R_A = 5{,}3 \text{ кН}.$$

**1.2**

$Q = 9$ кН. $T = 2$ кН.

$$X_A + T\cos 30^\circ + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60^\circ + R_B - T\cos 60^\circ - F = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{c}{2} + R_B(b + c\cos 60^\circ) - Fc\cos 60^\circ + M -$$

$$-T\cos 60^\circ(b + c\cos 60^\circ) - T\cos 30^\circ(a + c\sin 60^\circ) = 0.$$

$R_B = 10{,}02$ кН, $X_A = -9{,}53$ кН, $Y_A = -0{,}52$ кН.

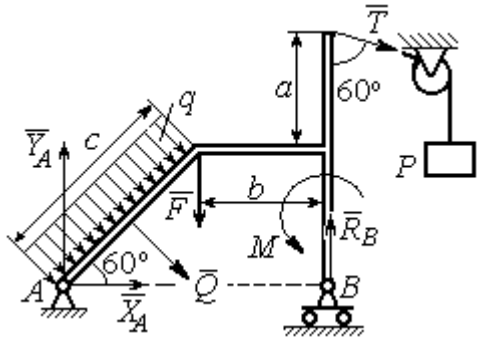



Рис. 7.2. Расчётная схема к упражнению 1.2

**1.3**

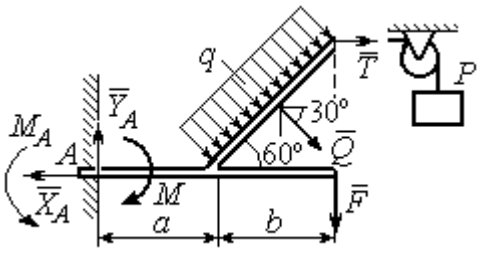



Рис. 7.3. Расчётная схема к упражнению 1.3

$Q = 8$ кН. $T = 3$ кН.

$$-X_A + T + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60° - F = 0;$$

$$-T2b\cos 30° - F(a+b) + M_A - M -$$

$$-Q\cos 60°\left(a + \frac{b}{2}\right) - Q\cos 30^\circ\left(b\cos 30^\circ\right) = 0.$$

$M_A = 18{,}61$ кН·м, $X_A = 9{,}93$ кН, $Y_A = 6$ кН.

**1.4**

$Q = 6{,}93$ кН, $T = 2$ кН.

$$-X_B - T + Q\cos 30^\circ + F\cos 60^\circ = 0;$$

$$R_A - Q\cos 60^\circ + Y_B - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$-\frac{Qa}{2\cos 30^\circ} + Y_B\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + Ta - Fa\cos 60^\circ -$$

$$-F\cos 30^\circ\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + M = 0.$$

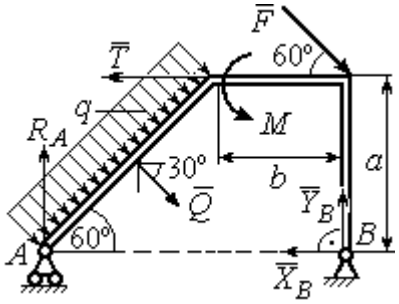



Рис.7.4. Расчётная схема к упражнению 1.4

$R_A = 0{,}72$ кН, $X_B = -5{,}5$ кН, $Y_B = 5{,}34$ кН.

**1.5**

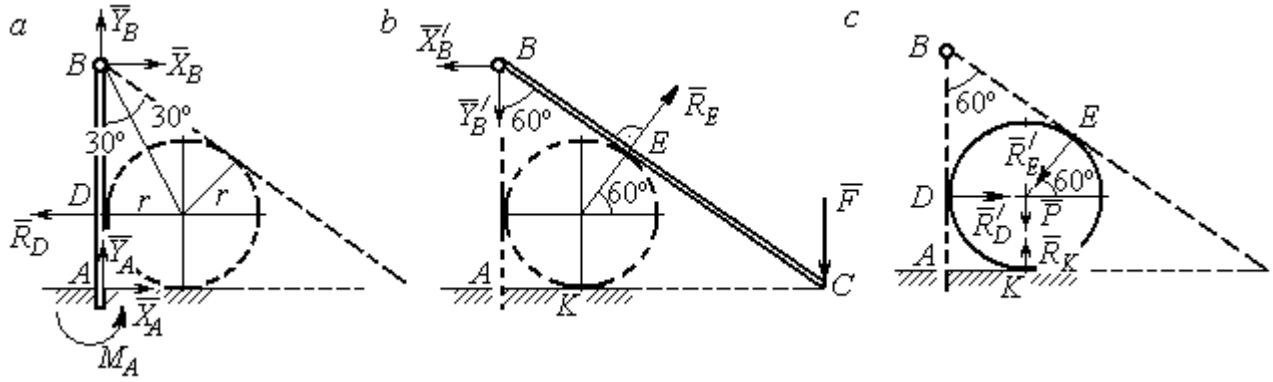



Рис. 7.5. Расчётные схемы к упражнению 1.5:
*a* – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BC*; *c* – равновесие шара

$X_B = X'_B$, $Y_B = Y'_B$, $R_D = R'_D$, $R_E = R'_E$.

Балка *AB*. $AB = r + BD = r + r\operatorname{ctg}30^\circ = 2{,}73$ м.

$$X_A - R_D + X_B = 0, \quad Y_A + Y_B = 0, \quad M_A + R_D \cdot r - X_B \cdot AB = 0.$$

Балка *BC*. $BE = BD = 1{,}73$ м. $AC = BC\cos 30^\circ = 2AB\cos 30^\circ = 4{,}73$ м.

$$R_E\cos 60^\circ - X'_B = 0, \quad RE\sin 60\circ - Y'B - F = 0, \quad R_E \cdot BE - F \cdot AC = 0.$$

Шар.

$$R'_D - R'_E\cos 60^\circ = 0, \quad R_K - P - R'_E\cos 30^\circ = 0.$$

$R_E = 21{,}87$ кН, $Y_B = 10{,}94$ кН, $X_B = 10{,}94$ кН, $R_D = 10{,}94$ кН;

$R_K = 20{,}94$ кН, $X_A = 0$, $Y_A = -10{,}94$ кН, $M_A = 18{,}93$ кН·м.

**1.6**

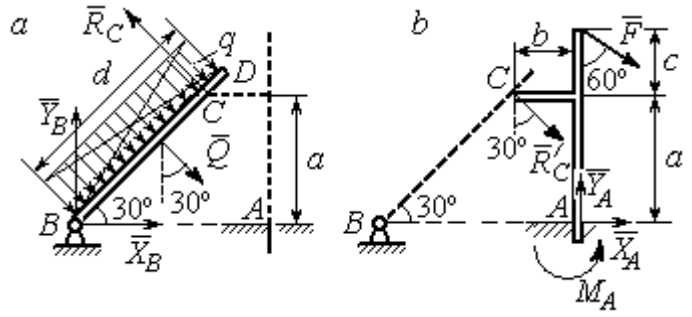



Рис. 7.6. Расчётные схемы к упражнению № 1.6:
*a* – равновесие балки *BD*; *b* – равновесие балки *AC*

Балка *BD*. $Q = 15$ кН.

$$X_B + Q\cos 60^\circ - R_C\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_B - Q\cos 30^\circ + R_C\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Q\frac{d}{2} + R_C\, 2a = 0.$$

Балка *AC*. $R_C = R'_C$.

$$X_A + R'_C\cos 60^\circ + F\cos 30^\circ = 0,\ Y_A - R'_C\cos 30^\circ - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$M_A - R'_C\cos 60^\circ \cdot a + R'_C\cos 30^\circ \cdot b - F\cos 30^\circ (a + c) = 0.$$

$$X_B = 0{,}61 \text{ кН},\ \ Y_B = 8{,}3 \text{ кН},\ R_C = 9{,}37 \text{ кН};$$

$$X_A = -8{,}15 \text{ кН},\ \ Y_A = 10{,}11 \text{ кН},\ \ M_A = 11{,}65 \text{ кН·м}.$$

**1.7**

Балка *AB*. $Q_1 = 6$ кН.

$T = P = 3$ кН.

$$X_A + R_B - T\cos 60^\circ + F = 0;$$

$$Y_A - Q_1 - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$M_A - R_B(b + c)\cos 30^\circ + Q_1\frac{a}{2} +$$

$$+ T\cos 30^\circ a + T\cos 60^\circ c\cos 30^\circ -$$

$$- F\left[c + (b + c)\cos 30^\circ\right] = 0.$$

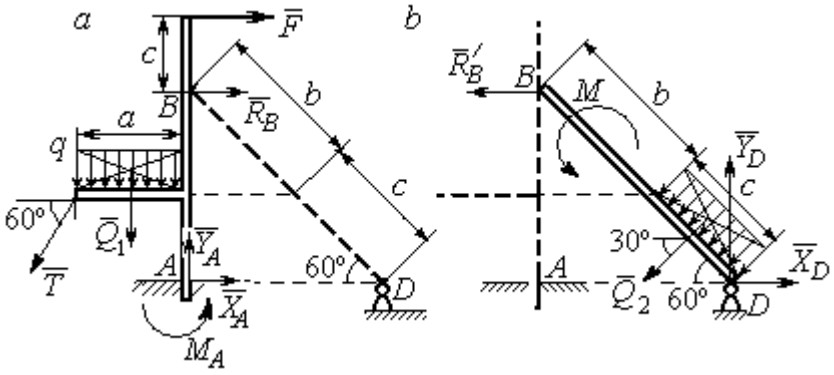



Рис. 7.7. Расчётные схемы к упражнению 1.7:
*a* – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BD*

Балка *DB*. $Q_2 = 3$ кН. $R'_B = R_B$.

$$X_D - R'_B - Q_2\cos 30^\circ = 0,\ \ Y_D - Q_2\cos 60^\circ = 0,\ M + R'_B(b + c)\cos 30^\circ + Q_2\frac{c}{2} = 0.$$

$$X_A = -1{,}49 \text{ кН},\ Y_A = 8{,}6 \text{ кН},\ M_A = 8{,}86 \text{ кН},\ R_B = -1{,}01 \text{ кН};$$

$$X_D = 1{,}59 \text{ кН},\ \ Y_D = 1{,}5 \text{ кН}.$$

**1.8**

Шар.

$$R_B\cos60^\circ - R_D\cos60^\circ = 0;$$

$$R_B\cos30^\circ + R_D\cos30^\circ - P = 0.$$

Балка $AC$. $R'_B = R_B$.

$$X_A - R'_B\cos60^\circ = 0;$$

$$Y_A - R'_B\cos30^\circ + F = 0;$$

$$M_A - R'_B AB + F \cdot AC\cos30^\circ = 0.$$

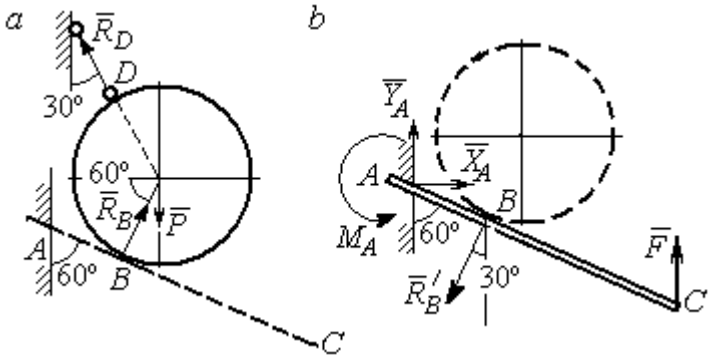



Рис. 7.8. Расчётные схемы к упражнению 1.8:
*a* – равновесие шара; *b* – равновесие балки *AC*

$X_A = 2{,}89$ кН, $Y_A = 0$ кН, $M_A = -11{,}55$ кН·м, $R_B = 5{,}77$ кН, $R_D = 5{,}77$ кН.

**1.9**

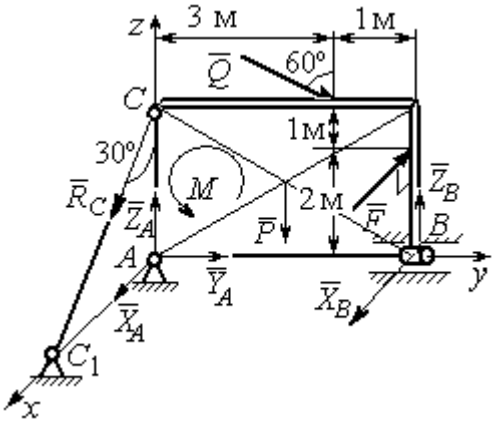



Рис. 7.9. Расчётная схема
к упражнению 1.9

$$X_A + R_C\cos60^\circ + X_B - F = 0;$$

$$Y_A + Q\cos30^\circ = 0;$$

$$Z_A - R_C\cos30^\circ - Q\cos60^\circ + Z_B - P = 0;$$

$$M - Q\cos60^\circ \cdot 3 - Q\cos30^\circ \cdot 3 + Z_B \cdot 4 - P \cdot 2 = 0;$$

$$R_C\cos60^\circ \cdot 3 - F \cdot 2 = 0,\ -X_B \cdot 4 + F \cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}34$ кН, $Y_A = 2{,}6$ кН;

$Z_A = 8{,}92$ кН, $R_C = 10{,}67$ кН;

$X_B = 8$ кН, $Z_B = 3{,}82$ кН.

**1.10**

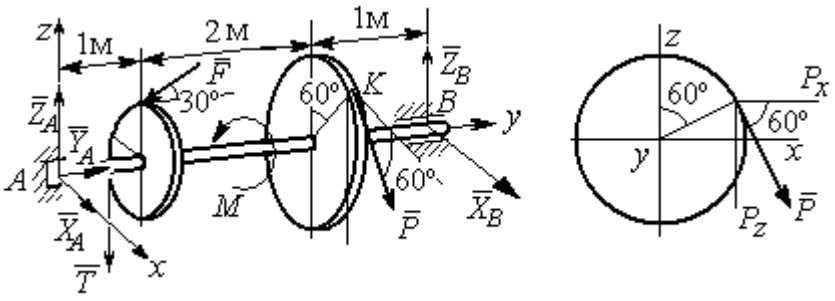



Рис. 7.10. Расчётные схемы к упражнению 1.10

$T = Q = 3$ кН.

$$X_A + P\cos 60^\circ + X_B = 0,\ \ Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos 60^\circ - P\cos 30^\circ - T + Z_B = 0.$$

$$-T\cdot 1 - F\cos 60^\circ \cdot 1 + F\cos 30^\circ \cdot r - P\cos 30^\circ \cdot 3 + Z_B \cdot 4 = 0;$$

$$-Tr + PR - M = 0,\ \ -P\cos 60^\circ \cdot 3 + X_B \cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}6$ кН, $Y_A = 3{,}46$ кН, $Z_A = 5{,}48$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 2{,}4$ кН, $Z_B = 5{,}06$ кН.

**1.11**

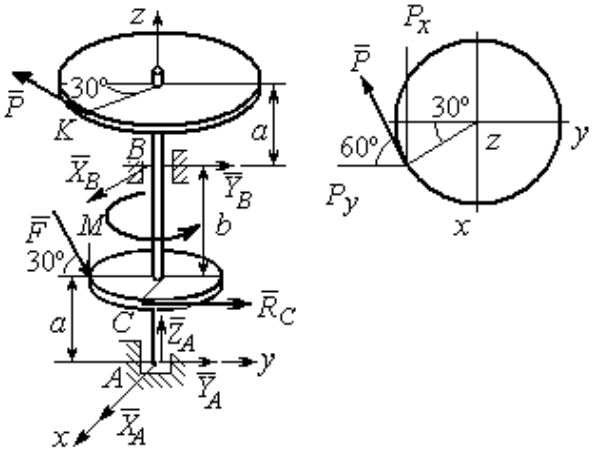



Рис. 7.11. Расчётные схемы к упражнению 1.11

$R_C = Q = 3$ кН.

$$X_A + X_B - P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A + Y_B - P\cos 60^\circ + R_C + F\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Y_B(a+b) + P\cos 60^\circ(2a+b) - R_C a - -$$

$$F\cos 30^\circ \cdot a + F\cos 60^\circ \cdot r = 0;$$

$$X_B(a+b) - P\cos 30^\circ(2a+b) = 0;$$

$$-PR + R_C r + M = 0.$$

$X_A = -1{,}85$ кН, $Y_A = -5{,}64$ кН, $Z_A = 2$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 7{,}39$ кН, $Y_B = 2{,}38$кН.

**1.12**

$$T = Q = 3 \text{ кН}.$$

$$X_A + T + X_D = 0;\ Y_A - F + P\cos 60^\circ = 0,$$

$$Z_A + Z_D + P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Fa\sin 30^\circ + Z_D(b+2a) + P(2b+2a)\cos 30^\circ = 0;$$

$$Ta\sin 30^\circ - Pa\cos 30^\circ + M = 0;$$

$$-Ta - X_D(b+2a) + Pa\cos 60^\circ + Fa\cos 30^\circ = 0.$$

$$X_A = 0{,}8 \text{ кН},\quad Y_A = 2{,}56 \text{ кН},\ \ Z_A = 1{,}3 \text{ кН};$$

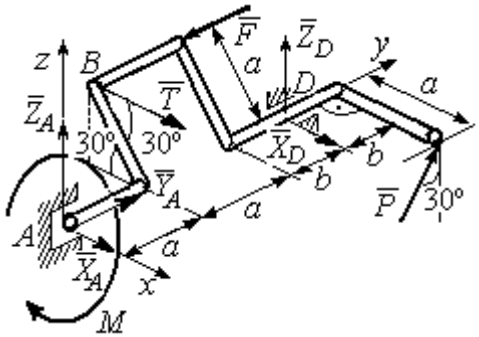



Рис. 7.12. Расчётная схема к упражнению 1.12

$$P = 2{,}89 \text{ кН},\ X_D = 0{,}76 \text{ кН},\ Z_D = -3{,}80 \text{ кН}.$$

**1.13**

Минимальный вес груза $P$:

$$T_{\min} + F_{\text{тр}\,A} - N_B = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,B} + N_A - Q = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0$$

Максимальный вес груза $P$:

$$T_{\max} - F_{\text{тр}\,A} - N_B = 0;$$

$$-F_{\text{тр}\,B} + N_A - Q = 0;$$

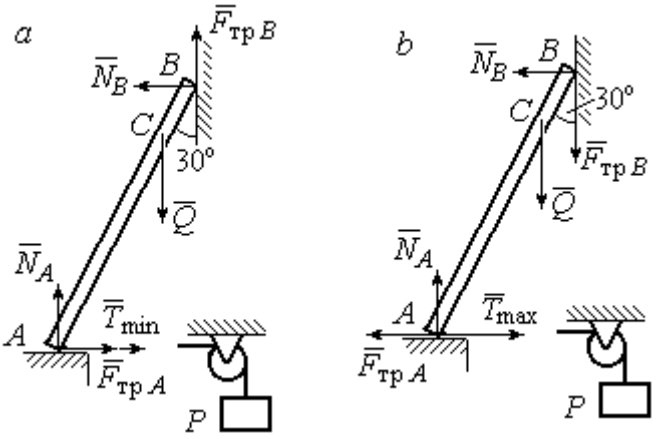



Рис. 7.13. Расчётные схемы к упражнению 1.13:
*a* – расчёт минимального веса груза;
*b* – расчёт максимального веса груза

$$-F_{\text{тр}\,B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,A} = f N_A,\ F_{\text{тр}\,B} = f N_B.$$

$$T_{\min} = 31.77 \text{ Н} < P < T_{\max} = 130{,}51 \text{ Н}.$$

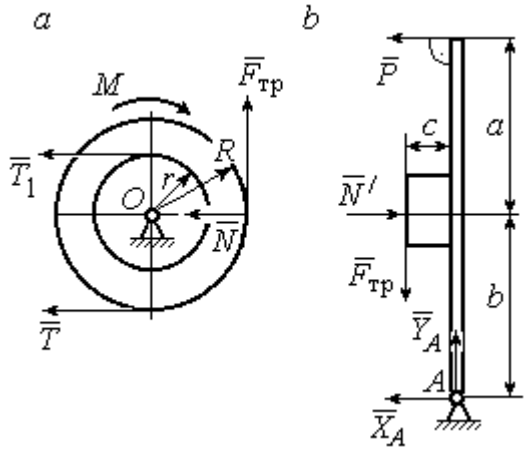



Рис. 7.14. Расчётные схемы
к упражнению 1.14:
*a* – равновесие шкива; *b* – равновесие рычага

**1.14**

Шкив. $T = T_1 = Q$.

$$T \cdot R - T_1 r + M - F_{\text{тр}} R = 0.$$

$$F_{\text{тр}} = 266{,}67 \text{ Н};$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{f} = 666{,}67 \text{ Н}.$$

Рычаг. $N = N'$. $F_{\text{тр}} = F'_{\text{тр}}$.

$$P(a+b) - N' \cdot b + F'_{\text{тр}} c = 0.$$

$$P = 320 \text{ Н}.$$

$$-X_A - P + N' = 0;$$

$$Y_A - F'_{\text{тр}} = 0.$$

$$X_A = 346{,}67 \text{ Н},\ Y_A = 266{,}67 \text{ Н}.$$

## 7.2. Ответы к упражнениям главы 2

**2.1**

$$\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2},\ \omega_1(1) = |\omega_{1z}(1)| = 3 \text{ рад/с}.$$

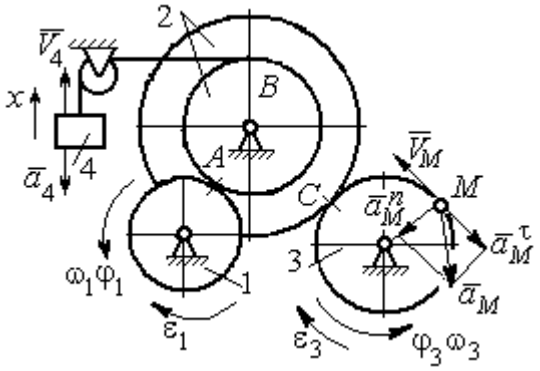



Рис. 7.15. Расчётная схема к упражнению 2.1

$$\omega_{3z} = \omega_{1z}\frac{R_1}{r_2}\frac{R_2}{R_3} = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)\frac{4}{3};$$

$$\omega_3(1) = |\omega_{3z}(1)| = 4 \text{ рад/с}.$$

$$V_M(1) = \omega_3(1)R_3 = 40 \text{ см/с}.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{2\pi^2}{3}\sin\frac{\pi t}{2},\quad \varepsilon_{3z}(1) = -\frac{2\pi^2}{3};$$

$$\varepsilon_3(1) = |\varepsilon_{3z}(1)| = \frac{2\pi^2}{3} = 6{,}58 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_M^n + \bar{a}_M^\tau,\ a_M^n(1) = \omega_3^2(1)R_3 = 160 \text{ см/с}^2,\ a_M^\tau(1) = \varepsilon_3(1)R_3 = 65{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M(1) = 173 \text{ см/с}^2.$$

$$V_{4x} = V_A = \omega_{1z}R_1 = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)8;\ V_4(1) = |V_{4x}(1)| = 24 \text{ см/с}.$$

$$\dot{V}_{4x} = -4\pi^2\sin\frac{\pi t}{2},\ \dot{V}_{4x}(1) = -4\pi^2;\ a_4(1) = |\dot{V}_{4x}(1)| = 39{,}48 \text{ см/с}^2.$$

**2.2**

$$V_{4x} = \dot{x}_4 = 1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3};$$

$$V_{4x}(3) = 2{,}05 \text{ м/с},\ V_4 = |V_{4x}(3)|$$

$$\omega_{3z} = \frac{V_{4x}}{r_3} = \frac{1}{r_3}\left(1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3}\right);$$

$$\omega_{3z}(3) = 6{,}83 \text{ рад/с};\ \omega_3 = |\omega_{3z}(3)|.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = \frac{1}{r_3}\left(\frac{\pi^2}{9}\sin\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi^2}{9}\cos\frac{\pi t}{3}\right).$$

$$\varepsilon_{3z}(3) = 3{,}65 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}(3)|.$$

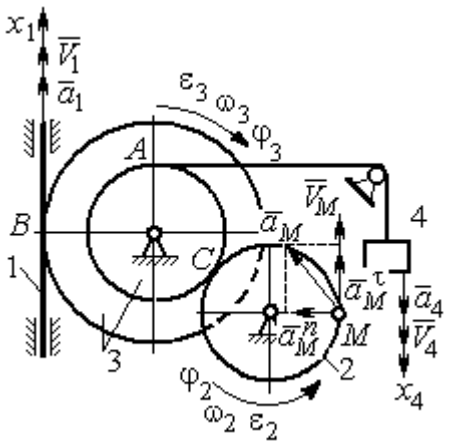



Рис. 7.16. Расчётная схема к упражнению 2.2

$$\frac{\omega_3}{\omega_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \omega_2=\omega_3\frac{r_3}{R_2}=10{,}25\ \text{рад/с};\ V_M=\omega_2 R_2=2{,}05\ \text{м/с}.$$

$$\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \varepsilon_2=\varepsilon_3\frac{r_3}{R_2}=5{,}47\ \text{рад/с}^2.$$

$$a_M^n=\omega_2^2 R_2=20{,}4\ \text{м/с}^2;\ \ a_M^\tau=\varepsilon_2 R_2=1{,}09\ \text{м/с}^2.$$

$$a_M=\sqrt{\left(a_M^n\right)^2+\left(a_M^\tau\right)^2}=20{,}43\ \text{м/с}^2.$$

$$V_1=\omega_3 R_3=2{,}73\ \text{м/с};\ a_1=\dot V_1=\dot\omega_3 R_3=\varepsilon_3 R_3=2{,}19\ \text{м/с}^2.$$

**2.3**

$$BP_2=BC\cos30^\circ=4{,}33\ \text{см};\ CP_2=2{,}5\ \text{см}.$$

$$\omega_{BC}=\frac{V_B}{BP_2}=1{,}15\ \text{рад/с};\ \ V_C=\omega_{BC}CP_2=2{,}87\ \text{см/с};$$

$$\omega_1=\frac{V_C}{CP_1}=0{,}72\ \text{рад/с};\ EP_1=2R_1\cos30^\circ=3{,}46\ \text{см};$$

$$V_E=\omega_1 EP_1=2{,}49\ \text{см/с};\ EP_3=2AE\cos30^\circ=10{,}39\ \text{см};$$

$$\omega_{AE}=\frac{V_E}{EP_3}=0{,}24\ \text{рад/с};\ EA=AP_3;$$

$$V_A=\omega_{AE}AP_3=1{,}44\ \text{см/с},\ \ \omega_{AO}=\frac{V_A}{AO}=0{,}24\ \text{рад/с}.$$

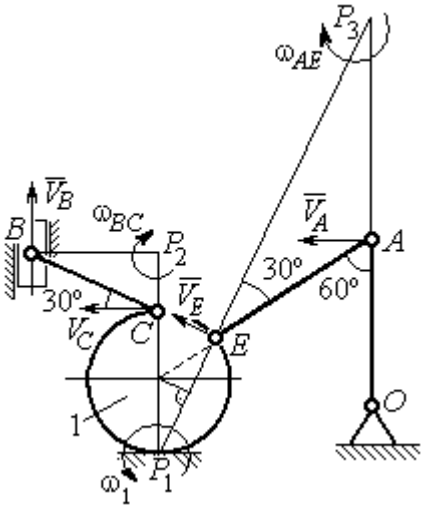



Рис. 7.17. Расчётная схема к упражнению 2.3

**2.4**

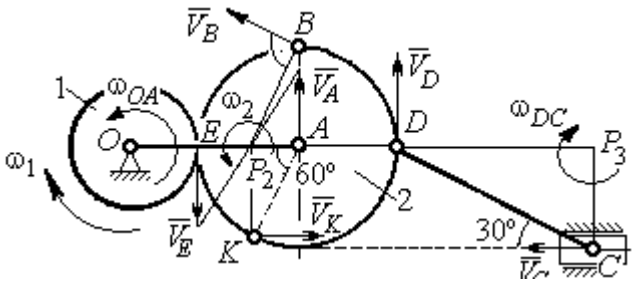



Рис. 7.18. Расчётная схема к упражнению 2.4

$E$ – точка касания дисков.

$$V_E=\omega_1 r_1=18\ \text{см/с}.$$

$$V_A=\omega_{OA}\left(r_1+r_2\right)=18\ \text{см/с}.$$

$$EP_2=P_2A=3\ \text{см},\ \omega_2=\frac{V_E}{EP_2}=6\ \text{рад/с}.$$

$$V_K=\omega_2 P_2K=31{,}18\ \text{см/с}.$$

$$V_B=\omega_2 P_2B=40{,}25\ \text{см/с};\ V_D=\omega_2 P_2D=54\ \text{см/с}.$$

$DC = 2r_2$, $\omega_{DC} = \dfrac{V_D}{DP_3} = 5{,}197$ рад/с; $V_C \cos 30^\circ = V_D \cos 60^\circ$, $V_C = 31{,}18$ см/с.

**2.5**

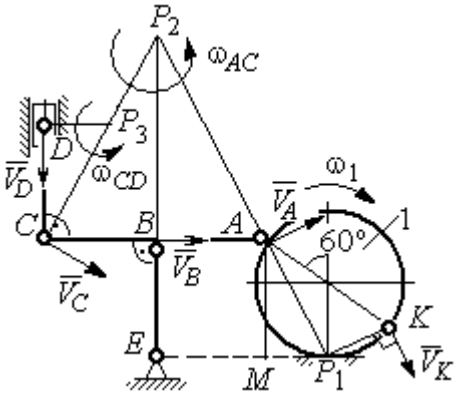



Рис. 7. 19. Расчётная схема к упражнению 2.5.

$BE = 1{,}5R_1$; $R_1 = 2{,}67$ см.

$KP_1 = R_1$; $\omega_1 = \dfrac{V_K}{KP_1} = 0{,}75$ рад/с.

$AP_1 = \dfrac{AM}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см; $V_A = \omega_1 P_1 A = 3{,}46$ см/с.

$AP_2 = 2AB = 8$ см; $\omega_{AC} = \dfrac{V_A}{AP_2} = 0{,}43$ рад/с.

$V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ$; $V_B = 2{,}99$ см/с.

$\omega_{BE} = \dfrac{V_B}{BE} = 0{,}75$ рад/с; $V_C = V_A = 3{,}46$ см/с; $CP_3 = \dfrac{DC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см;

$\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}75$ рад/с; $V_D \cos 0^\circ = V_C \cos 60^\circ$; $V_D = 1{,}73$ см/с.

**2.6**

$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 12$ см/с; $\omega_{AD} = 0$, $V_D = V_A$.

$\omega_{O_1C} = \dfrac{V_D}{DO_1} = 3$ рад/с;

$V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 48$ см/с.

$CB = CP = 16$ см; $\omega_{CB} = \omega_{CL} = \dfrac{V_C}{CP} = 3$ рад/с.

$PL = \dfrac{CP}{\cos 30^\circ} = 18{,}48$ см; $PB = 2BC \cos 30^\circ$.

$V_L = \omega_{CL} \cdot PL = 55{,}44$ см/с;

$V_B = \omega_{CB} \cdot PB = 83{,}13$ см/с.

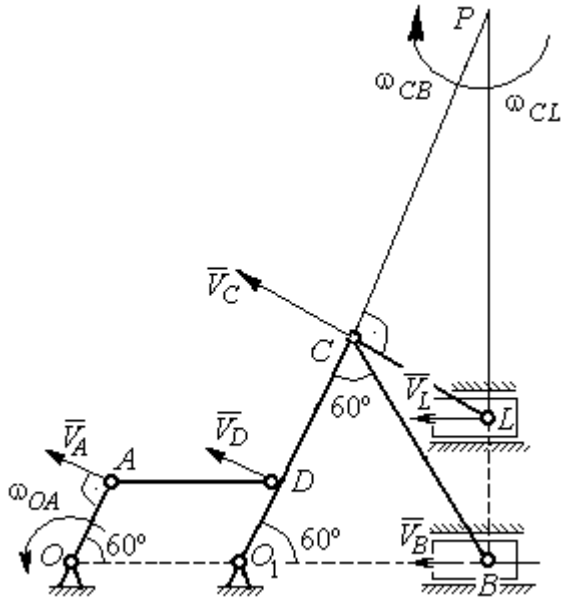



Рис. 7.20. Расчётная схема к упражнению 2.6.

**2.7**

$V_D = \omega_1 R_1 = 30$ см/с; $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 15$ см/с.

$$\omega_2 = \frac{V_A}{AP_2} = 3 \text{ рад/с.}$$

$$V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = 21{,}21 \text{ см/с.}$$

$V_C \cos 0^\circ = V_B \cos 45^\circ$; $V_C = 15$ см/с.

$CP_3 = CB$; $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 1{,}87$ рад/с.

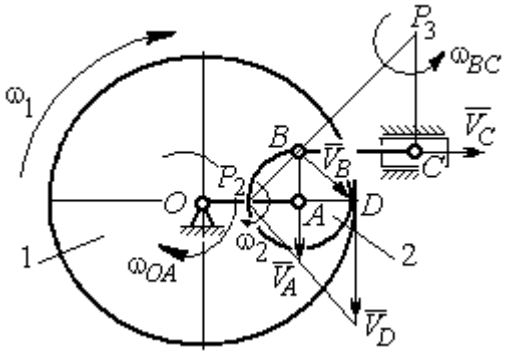



Рис. 7.21. Расчётная схема к упражнению 2.7

**2.8**

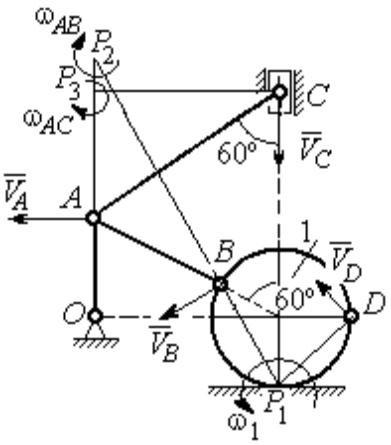



Рис. 7.22. Расчётная схема к упражнению 2.8

$AC = AB + R_1 = 12$ см; $CP_3 = AC \cos 30^\circ = 10{,}39$ см.

$\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}48$ рад/с; $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_3 = 2{,}89$ см/с.

$$AB = AP_2; \quad \omega_{AB} = \frac{V_A}{AP_2} = 0{,}29 \text{ рад/с.}$$

$$BP_2 = 2AB \cos 30^\circ = 17{,}32 \text{ см.}$$

$$V_B = \omega_{AB} BP_2 = 5{,}02 \text{ см/с.}$$

$OA = (AB + R_1)\sin 30° = 6$ см; $\omega_{OA} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}48$ рад/с.

$$BP_1 = 2R_1 \cos 30^\circ = 3{,}46 \text{ см;} \quad \omega_1 = \frac{V_B}{BP_1} = 1{,}45 \text{ рад/с.}$$

$$DP_1 = R_1\sqrt{2} = 2{,}82 \text{ см;} \; V_D = \omega_1 DP_1 = 4{,}09 \text{ см/с.}$$

**2.9**

$$V_A = \omega_{OA} OA = 12 \text{ см/с;} \quad AP = 2AB = 2BC \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 27{,}71 \text{ см.}$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{AP} = 0{,}43 \text{ рад/с;} \; V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ; \; V_B = 10{,}38 \text{ см/с.}$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BC} = 1{,}29 \text{ рад/с.}$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}; \quad \bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC}, \; a_C = 0.$$

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO},\ a_O = 0.$$

$$\bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC} = \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO} + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти $a^\tau_{BC}$

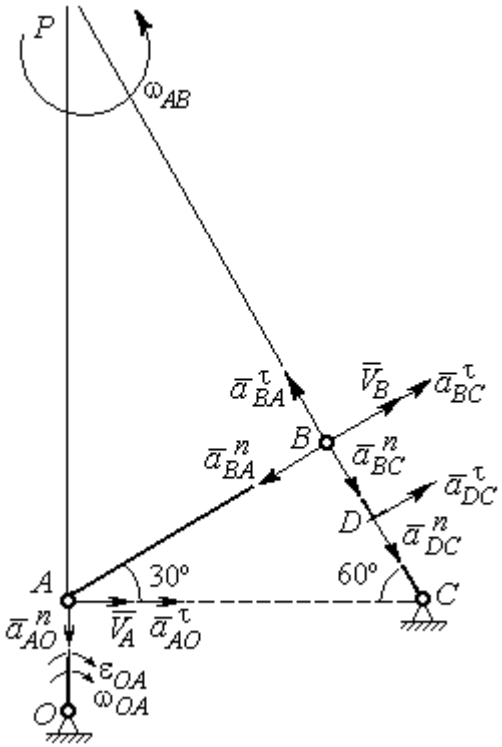



Рис. 7.23. Расчётная схема к упражнению 2.9

$$a^n_{AO} = \omega^2_{AO} \cdot AO = 36 \text{ см/с}^2;$$

$$a^\tau_{AO} = \varepsilon_{AO} \cdot AO = 8 \text{ см/с}^2;$$

$$AB = BC \cdot \text{tg}60^\circ = 13{,}86 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 2{,}56 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{AB} = \varepsilon_{AB} AB.$$

$$a^n_{BC} = \omega^2_{BC} \cdot BC = 13{,}31 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{BC} = \varepsilon_{BC} BC.$$

Проекция на $AB$:

$$a^\tau_{BC} = -a^n_{AO}\cos 60^\circ +$$

$$+ a^\tau_{AO}\cos 30^\circ - a^n_{BA} = 13{,}63 \text{ см/с}^2.$$

$$\varepsilon_{BC} = \frac{\left|a^\tau_{BC}\right|}{BC} = 1{,}7 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_D = \bar{a}^n_{DC} + \bar{a}^\tau_{DC}.$$

$$a^n_{DC} = \omega^2_{BC} \cdot DC = 6{,}65 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{DC} = \varepsilon_{BC} \cdot DC = 6{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_D = \sqrt{\left(a^n_{DC}\right)^2 + \left(a^\tau_{DC}\right)^2} = 9{,}51 \text{ см/с}^2.$$

**2.10**

$$V_A = \omega_1 r_1 = 12 \text{ см/с};\ P_2 A = \frac{1}{2} BC = 5 \text{ см}.$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{P_2 A} = 2{,}4 \text{ рад/с}.$$

$$V_B \cos 30^\circ = V_A \cos 60^\circ;\ V_B = 6{,}93 \text{ см/с}.$$

$$P_3 B = BC\cos 30^\circ = 8{,}66 \text{ см};$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{P_3 B} = 0{,}8 \text{ рад/с}.$$

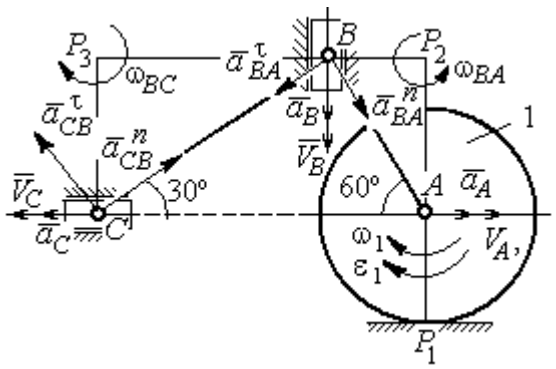



Рис. 7.24. Расчётная схема к упражнению 2.10

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти $a_B$.

Проекция на $BA$: $a_B\cos30° = a_A\cos60° + a^n_{BA}$.

$$a_A = a^\tau_A = \varepsilon_1 r_1 = 8 \text{ см/с}^2;\ AB = BC\operatorname{tg}30° = 5{,}77 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{BA}\cdot BA = 33{,}23 \text{ см/с}^2;\ \ a_B = 43{,}03 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar a_C = \bar a_B + \bar a^n_{CB} + \bar a^\tau_{CB}.$$

Проекция на $BC$: $a_C\cos60° = a_B\cos60° - a^n_{CB}$,

$$a^n_{CB} = \omega^2_{CB}\cdot CB = 6{,}4 \text{ см/с}^2;\ \ a_C = a_B - 2a^n_{CB} = 30{,}23 \text{ см/с}^2.$$

## 7.3. Ответы к упражнениям главы 3

**3.1**

$$CM_1 = S_r(1) = \frac{40}{3}\sin\frac{\pi}{3} = 11{,}55 \text{ см}.$$

Так как $CM_1\cos30° = 10$ см $= R$, то точка $M_1$ лежит на вертикальном диаметре.

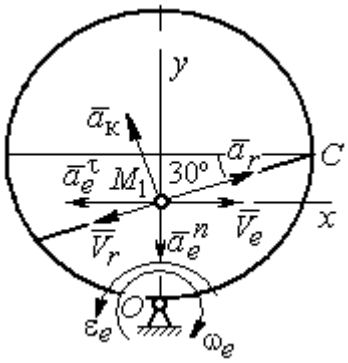



Рис. 7.25. Расчётная схема к упражнению 3.1

$$V_r = \dot S_r = \frac{40\pi}{9}\cos\frac{\pi t}{3};\ V_r(1) = 6{,}98 \text{ см/с}.$$

$$\omega_e(1) = 0{,}5 \text{ рад/с};\ OM_1 = R - \frac{1}{2}CM_1 = 4{,}23 \text{ см}.$$

$$V_e = \omega_e OM_1;\ \ V_e(1) = 2{,}12 \text{ см/с}.$$

$$\bar V_M = \bar V_e + \bar V_r.$$

$$V_{Mx} = V_e - V_r\cos30° = -3{,}93 \text{ м/с};\ V_{My} = -V_r\cos60° = -3{,}49 \text{ м/с};$$

$$V_M = \sqrt{(V_{Mx})^2 + (V_{My})^2} = 5{,}26 \text{ см/с}.$$

$$\bar a_M = \bar a_e + \bar a_r + \bar a_к.$$

$$\bar a_e = \bar a^n_e + \bar a^\tau_e,\ \ a^n_e = \omega^2_e OM_1;\ \ a^n_e(1) = 1{,}06 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot\omega_e = -\frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3},\ \ \dot\omega_e(1) = -0{,}91 \text{ рад/с}^2;\ \ \varepsilon_e = |\dot\omega_e(1)| = 0{,}91 \text{ рад/с}^2,$$

$$a^\tau_e(1) = \varepsilon_e\cdot OM_1 = 3{,}85 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot{V}_r = -\frac{40\pi^2}{27}\sin\frac{\pi t}{3},\ \dot{V}_r(1) = -12{,}66;\ a_r = \left|\dot{V}_r(1)\right| = 12{,}66 \text{ см/с}^2$$

$$a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 6{,}98 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r + \bar{a}_к.$$

$$a_{Mx} = -a_e^\tau + a_r\cos 30° - a_к\cos 60° = 3{,}62 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = -a_e^n + a_r\cos 60° + a_к\cos 30° = 11{,}31 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 11{,}87 \text{ см/с}^2.$$

**3.2**

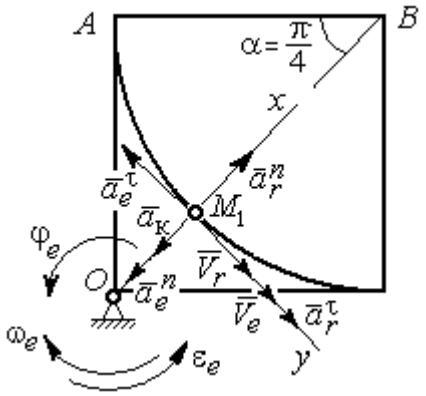



Рис. 7.26. Расчётная схема к упражнению 3.2

Положение $M_1$:

$$\alpha = \frac{S_r(1)}{R} = \frac{\pi}{4};\ \ OM_1 = 8{,}28 \text{ см}.$$

$$\dot{S}_r = 10\pi t;\ \ V_r = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 31{,}42 \text{ см/с}.$$

$$\dot{\varphi}_e = 2t - 5,$$

$$\dot{\varphi}_e(1) = -3 \text{ рад/с},\ \ \omega_e = \left|\dot{\varphi}_e(1)\right| = 3 \text{ рад/с}.$$

$$V_e = \omega_e \cdot OM_1 = 24{,}6 \text{ см/с}.$$

$$\bar{V}_M = \bar{V}_e + \bar{V}_r \cdot\ V_{Mx} = V_e + V_r = 56{,}02 \text{ см/с};$$

$$V_{My} = 0;\ V_M = 56{,}02 \text{ см/с}.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_к.$$

$$\bar{a}_e = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau\ \cdot\ a_e^n = \omega_e^2 \cdot OM_1 = 74{,}52 \text{ см/с}^2;$$

$$\dot{\omega}_e = 2 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|;\ \ a_e^\tau(1) = \varepsilon_e OM_1 = 16{,}56 \text{ см/с}^2;$$

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau \cdot \dot{V}_r = 10\pi;\ a_r^\tau = \left|\dot{V}_r\right| = 10\pi = 31{,}42 \text{ см/с}^2;$$

$$a_r^n(1) = \frac{V_r^2}{R} = 49{,}36 \text{ см/с}^2;\ \ a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 62{,}84 \text{ см/с}^2.$$

$$a_{Mx} = -a_e^n + a_r^n - a_к = -88 \text{ см/с}^2;\ a_{My} = -a_e^\tau + a_r^\tau = 14{,}86 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 89{,}24 \text{ см/с}^2.$$

## 7.4. Ответы к упражнениям главы 4

**4.1**

$$m\ddot{x} = F - P\cos 60° - F_{\text{тр}}, \quad m\ddot{y} = N - P\cos 30° = 0.$$

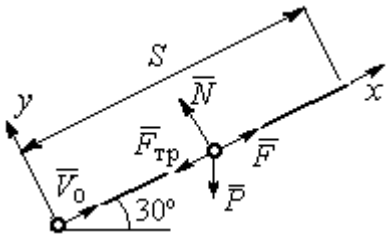



Рис. 7.27. Расчётная схема к упражнению 4.1

$$F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 30°;$$

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}kt - 3{,}4, \quad \dot{x} = \frac{1}{4}kt^2 - 3{,}4t + V_0;$$

$$x = \frac{1}{12}kt^3 - 1{,}7t^2 + V_0 t.$$

Конечные условия: $t = 2$ с; $x = S = 2$ м; $V = 2V_0$.

$$V_0 = k - 6{,}8; \quad 1 = \frac{1}{3}k - 3{,}4 + V_0.$$

$$k = 8{,}4; \; V_0 = 1{,}6 \text{ м/с}.$$

**4.2**

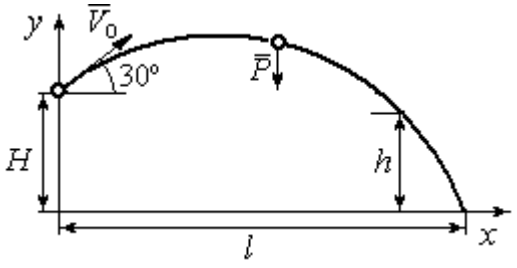



Рис. 7.28. Расчётная схема к упражнению 4.2

Уравнения движения точки:

$$m\ddot{x} = 0; \; \dot{x} = V_0\cos 30°; \; x = V_0 t\cos 30°.$$

$$m\ddot{y} = -P; \dot{y} = -gt + V_0\cos 60°;$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t\cos 60° + H.$$

Краевое условие пролёта высоты $h$:

$$t = 1 \text{ с}; \; y = h = 7 \text{ м}.$$

Подставляя краевые условия в уравнение движения, находим: $V_0 = 3{,}81$ м/с.

Краевое условие падения точки:

$$t = t_{\text{пад}}; \; x = l; \; y = 0.$$

Подстановка в уравнения движения условия приводит к системе:

$$l = V_0 t_{\text{пад}}\cos 30°; \; 0 = -\frac{1}{2}gt_{\text{пад}}^2 + V_0 t_{\text{пад}}\cos 60° + H.$$

Находим: $t_{\text{пад}} = 1{,}64$ с; $l = 5{,}41$ м.

**4.3**

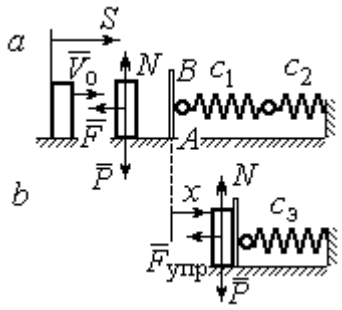



Рис. 7.29. Расчётная схема к упражнению 4.3: *a* – движение груза до начала колебаний; *b* – колебания груза

Уравнение движения груза (рис. 7.29, *a*):

$$m\ddot{S} = -F = -k\dot{S}.$$

Начальные условия: $t = 0;\ S = 0;\ \dot{S} = V_0$.

Решение: $S = \dfrac{mV_0}{k}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}t}\right) = 6\left(1 - e^{-t}\right)$ м.

Скорость груза: $\dot{S} = 6e^{-t}$.

Скорость груза в момент соединения с площадкой $AB$: $V_1 = \dot{S}(1) = 0{,}21$ м/с.

Уравнение колебаний груза на эквивалентной пружине (рис. 7.29, *b*):

$$m\ddot{x} = -F_{упр} = -c_э x;\ c_э = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = 30 \text{ Н/м}.$$

Начальные условия движения: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = V_1$.

Общий вид решения: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 7{,}75$ рад/с,

где константы: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_1}{\omega} = 0{,}28$ м. Закон движения груза $x = 0{,}28\sin 7{,}75t$.

Максимальное сжатие 0,28 м.

**4.4**

Жесткость эквивалентной пружины

$$c_э = \frac{c \cdot 2c}{c + 2c} = \frac{2}{3}c.$$

Уравнение колебаний:

$$m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э(\lambda_{ст} + x) = -c_э x.$$

Общее решение:

$$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\frac{c_э}{m}} = 10{,}33 \text{ рад/с}.$$

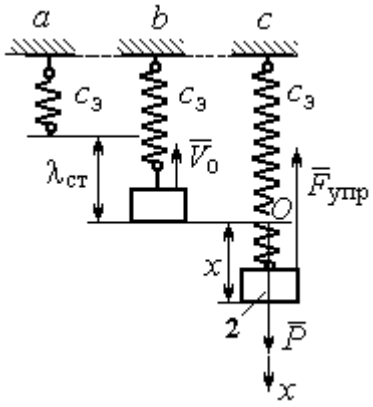



Рис. 7.30. Расчётная схема к упражнению 4.4: *a* – нерастянутая пружина; *b* – положение статического равновесия; *c* – произвольное положение груза

Начальные условия: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = -V_0$.

Находим константы интегрирования: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_0}{\omega} = 0{,}39$ м.

Закон движения груза: $x = 0{,}39\sin 10{,}33t$.

Амплитуда $A = 0{,}39$ м, частота $\omega = 10{,}33$ рад/с.

**4.5**

Скорость человека, находящегося в самолёте, в нижней точке траектории (точка $C$):

$$\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = mg\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right].$$

Откуда $V_C^2 = V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right]$.

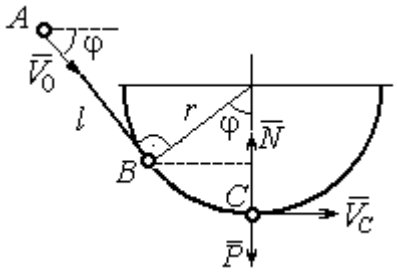


Рис. 7.31. Расчётная схема к упражнению 4.5

Уравнение движения человека, двигающегося вместе с самолётом, в проекции на нормаль в точке $C$: $\dfrac{mV_C^2}{r} = N - P$, где $N$ – реакция корпуса самолёта. Сила давления человека на корпус самолёта по величине равна реакции, но направлена в противоположную сторону.

Из условия $N \le 3P$ следует неравенство: $V_C^2 \le 2gr$, или

$V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right] \le 2gr$. Откуда $r \ge \dfrac{V_0^2 + 2gl\sin\varphi}{2g\cos\varphi}$.

**4.6**

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии шарика в точке $B$ с учётом, что $V_A = 0$, найдём:

$$\frac{mV_B^2}{2} = \frac{ca^2}{2} + mg\left[R + R\cos 60° - a\cos 30°\right].$$

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки на участке $BD$:

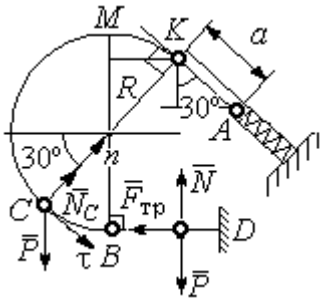


Рис. 7.32. Расчётная схема к упражнению 4.6

$-\frac{mV_B^2}{2} = -fNs$, где $s$ – путь точки до остановки. С учётом данных задачи, получим: $s$ = 5,39 м.

Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось в точке $C$

$$\frac{mV_C^2}{R} = N_C - P\cos 60°.$$

Для вычисления реакции опоры шарика на трубу имеем равенство $N_C = \frac{mV_C^2}{R} + P\cos 60° = \frac{1}{R}\left[mV_B^2 - 2mgR(1-\cos 60°)\right] + mg\cos 60°$, где кинетическая энергия шарика в точке $B$: $mV_B^2 = ca^2 + 2mgR\left[(1+\cos 60°) - \frac{a}{R}\cos 30°\right]$. Получим: $N_C = 18{,}71$ Н. Давление шарика на трубку равно реакции опоры и направлено в противоположную сторону.

## 7.5. Ответы к упражнениям главы 5

**5.1**

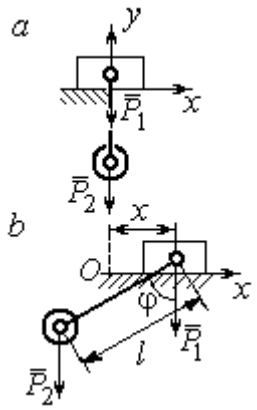



Рис. 7.33. Расчётная схема к упражнению 5.1:
*a* – начальное положение системы;
*b* – произвольное положение

$x_0$ – координата центра тяжести системы в начальном положении, $x_0$ = 0 (см. рис.7.33); $x$ – текущая координата центра тележки; $x_1$ – координата центра тяжести системы в её произвольном положении: $x_1 = \frac{m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x)}{m_1 + m_2}$.

Уравнение закона сохранения движения центра масс системы: $x_1 = x_0$, или

$$m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x) = 0.$$

Отсюда зависимость координаты движения тележки от положения груза 2: $x = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2}\sin\varphi$.

**5.2**

Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси $z$: $\dfrac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

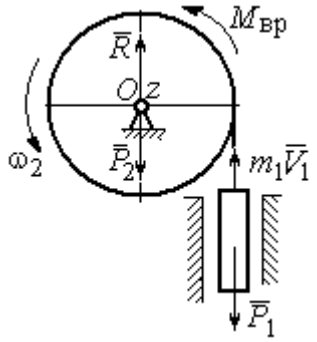


Рис. 7.34. Расчётная схема к упражнению 5.2

Кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} = \frac{m_2 r^2}{2}\omega + m_1 V_1 r = \left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right)\omega r^2.$$

Суммарный момент внешних сил относительно оси $z$: $\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{\text{вр}} - P_1 r = kt - m_1 g r$.

Дифференциальное уравнение вращения барабана:

$$\left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right) r^2 \frac{d\omega}{dt} = kt - m_1 g r.$$

При нулевых начальных условиях $\omega = \dfrac{kt^2 - 2m_1 grt}{(2m_1 + m_2)r^2}$.

**5.3**

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии для неизменяемых систем на конечном перемещении: $T - T_0 = \sum A(F_k)$, $T_0 = 0$.

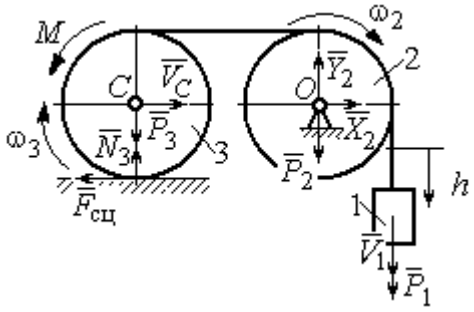


Рис. 7.35. Расчётная схема к упражнению 5.3

Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{m_1 V_1^2}{2}$. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \dfrac{1}{2} J_O \omega_2^2$, где осевой момент инерции блока: $J_O = \dfrac{m_2 r^2}{2}$, угловая скорость блока $\omega_2 = \dfrac{V_1}{r}$. Кинетическая энергия катка 3: $T_3 = \dfrac{1}{2} m_3 V_C^2 + \dfrac{1}{2} J_C \omega_3^2$, где момент инерции катка относительно оси, проходя-

щей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_3 r^2}{2}$, угловая скорость катка и скорость его центра масс $\omega_3 = \frac{V_1}{2r}$, $V_C = \frac{V_1}{2}$.

Энергия системы: $T = T_1 + T_2 + T_3 = (8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16}$.

Суммарная работа вешних сил на перемещении $h$: $\sum A(F_k) = P_1 h - M\frac{h}{2r}$.

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии:

$$(8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16} = \left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h.$$

Скорость груза на высоте $h$: $V_1 = 4\sqrt{\frac{\left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h}{8m_1 + 4m_2 + 3m_3}}$.

**5.4**

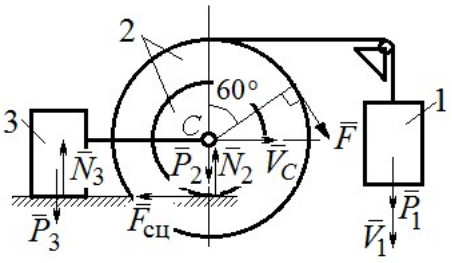



Рис. 7.36. Расчётная схема к упражнению 5.4

Для решения задачи используется теорема об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где $T$ – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Допустим, груз 1 движется вниз со скоростью $V_1$. Скорость центра масс катка $V_C$.

Кинетическая энергия катка 2: $T_2 = \frac{1}{2}m_2 V_C^2 + \frac{1}{2}J_{zC}\omega_2^2$. Здесь $m_2 = \frac{2P}{g}$, $J_{zC} = m_2 i_z^2$, $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. В результате кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 3 $V_3 = V_C$. Кинетическая энергия груза 3 $T_3 = \frac{P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 1 $V_1 = \omega_2 3r = 3V_C$. Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{9P}{2g}V_C^2$.

Суммарная кинетическая энергия (энергия системы): $T = T_1 + T_2 + T_3 = \dfrac{17P}{2g}V_C^2$. Производная $\dfrac{dT}{dt} = \dfrac{17P}{g}V_C\dfrac{dV_C}{dt} = \dfrac{17}{g}V_C a_C$.

Мощности сил $\vec{P}_2$, $\vec{N}_2$, $\vec{F}_{\text{сц}}$, $\vec{P}_3$, $\vec{N}_3$ равны нулю.

Мощность силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, определяется по формуле: $N(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\vec{V}_C + \vec{M}_C(\vec{F})\cdot\vec{\omega}_2 = FV_C\cos 60° + FR\omega_2$. Мощность силы $\vec{P}_1$ $N(\vec{P}_1) = P_1V_1$. Суммарная мощность внешних сил: $\sum N(F^e) = 7PV_C$.

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы: $\dfrac{17P}{g}V_C a_C = 7PV_C$, откуда $a_C = \dfrac{7}{17}g$ м/с$^2$.

**5.5**

Рассмотрим движение катков отдельно, заменив невесомый стержень реакцией. Предположим, катки движутся направо (см. рис. 7.37). Уравнения движения катков:

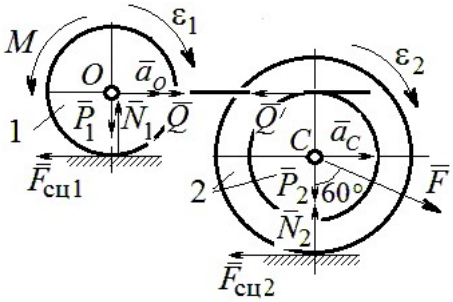


Рис. 7.37. Расчётная схема к упражнению 5.5

$$m_1 a_O = Q - F_{\text{сц1}},\ J_{1O}\varepsilon_1 = F_{\text{сц1}}r - M;$$

$$m_2 a_C = -Q' - F_{\text{сц2}} + F\cos 30°;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = F_{\text{сц2}}3r - Q'r.$$

Здесь $\vec{Q}$ – реакция невесомого стержня, $|\vec{Q}| = |\vec{Q}'|$; $\vec{F}_{\text{сц1}}$, $\vec{F}_{\text{сц2}}$ – силы сцепления катков с поверхностями качения; моменты инерции катков $J_{1O} = \dfrac{m_1 r^2}{2}$, $J_{2C} = m_2 i_2^2$. Подставляя кинематические соотношения $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{3r}$; $a_O = \dfrac{4}{3}a_C$; $\varepsilon_1 = \dfrac{4a_C}{3r}$, с учётом данных задачи, получим систему уравнений:

$$\frac{4P}{3g}a_C = Q - F_{\text{сц}1};\ \ \frac{2P}{3g}a_C = F_{\text{сц}1} - 4P;$$

$$\frac{2P}{g}a_C = -Q - F_{\text{сц}2} + P\sqrt{3};\ \ \frac{4P}{3g}a_C = 3F_{\text{сц}2} - Q.$$

Находим ускорение центра катка 2: $a_C = \dfrac{3\left(3\sqrt{3}-16\right)g}{46} \approx -\ 0{,}7g$. Каток движется в противоположную сторону. Реакция стержня $Q = 2{,}6P$.

**5.6**

Выделяем звенья механизма, заменяя действия нитей их реакциями. Допустим, направления движений тел в системе соответствуют подъёму груза 1.

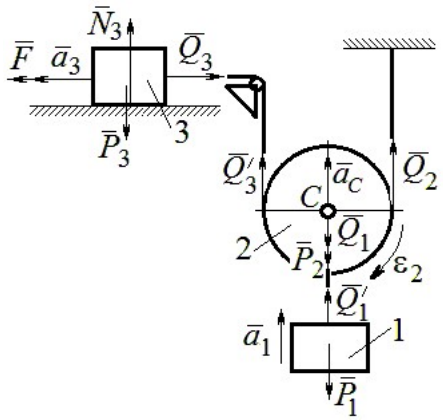



Рис. 7.38. Расчётная схема к упражнению 5.6

Уравнения движения тел:

$$m_3a_3 = F - Q_3,\ m_2a_C = Q_3' + Q_2 - P_2 - Q_1;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = Q_3'r - Q_2r,\ m_1a_1 = Q_1' - P_1.$$

С учётом, что $\left|\vec{Q}_3\right| = \left|\vec{Q}_3'\right|$, $\left|\vec{Q}_1\right| = \left|\vec{Q}_1'\right|$ и $a_C = a_1$, $a_3 = 2a_1$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$, $J_{2C} = \dfrac{m_2r^2}{2}$, подставляя данные задачи, получим систему уравнений:

$$2ma_1 = 2{,}5mg - Q_3;\ \ ma_1 = Q_3 + Q_2 - mg - Q_1;$$

$$\frac{ma_1}{2} = Q_3 - Q_2;\ m_1a_1 = Q_1 - P_1.$$

Решая систему, находим: $a_1 = \dfrac{2}{17}g \approx 0{,}12g$; $Q_3 = 2{,}26mg$; $Q_2 = 2{,}15mg$.

**5.7**

Заменяем действия нитей реакциями. Предположим, груз 1 спускается по наклонной плоскости. Уравнения движения тел:

$$m_1a_1 = P_1\cos 30° - Q_1;\ \ m_3a_3 = Q_3;$$

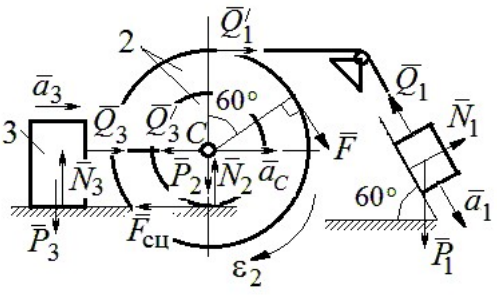



Рис. 7.39. Расчётная схема к упражнению 5.7

$$m_2 a_C = Q_1' - Q_3' - F_{\text{сц}} + F\cos 60^\circ;\ J_{2C}\varepsilon_2 = Q_1' R + FR + F_{\text{сц}} r,\ J_{2C} = m_2 i_2^2.$$

Соотношения ускорений: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{R+r}$, $a_C = \dfrac{a_1 r}{R+r}$, $a_3 = a_C$. Подставляя данные задачи, с учётом, что модули сил $Q_1' = Q_1$ и $Q_3' = Q_3$, получим систему уравнений:

$$ma_1 = mg\frac{\sqrt{3}}{2} - Q_1;\ \frac{2}{3}ma_1 = Q_3;$$

$$ma_1 = Q_1 - Q_3 - F_{\text{сц}} + \frac{1}{2}mg;\ 3ma_1 = 2Q_1 + 2mg + F_{\text{сц}}.$$

Находим $a_1 = \dfrac{3}{46}\left(5+3\sqrt{3}\right)g \approx 0{,}44g;\ Q_1 = 0{,}21mg;\ Q_3 = 0{,}44mg$.

## 7.6. Ответы к упражнениям главы 6

**6.1**

Внешние силы, действующие на систему: силы тяжести – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и реакции опор $\vec{N}_3$, $\vec{R}_3$ Приложим к телам системы, силы инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ (рис. 7.40, *a*). В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Составляем условие равновесия системы сил в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:

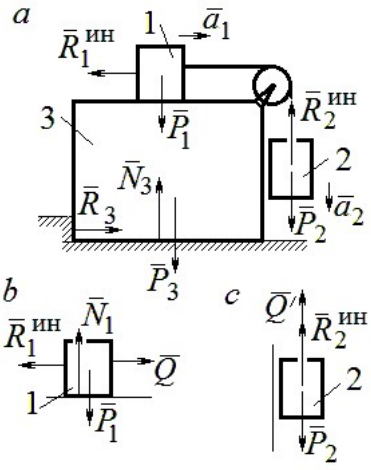


Рис. 7.40. Расчётная схема к упражнению 6.1

$$R_3 - R_1^{\text{ин}} = 0,\ N_3 - P_3 - P_1 - P_2 + R_2^{\text{ин}} = 0.$$

Для вычисления сил инерции рассмотрим отдельно грузы 1 и 2, заменяя действие соединяющей их нити реакцией (рис. 7.40, *b*, *c*). Присоединим к грузам силы инерции и, применив принцип Даламбера, составим уравнения равновесия систем сил - для груза 1 в проекции на горизонтальную ось, для груза 2 – на вертикальную:

$$Q - R_1^{\text{ин}} = 0;\ P_2 - Q' - R_2^{\text{ин}} = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$.

Решая полученную систему с учётом равенства модулей сил $Q = Q'$ и ускорений грузов $a_1 = a_2$, находим ускорение грузов: $a_1 = a_2 = 0{,}5g$. Тогда давление призмы на горизонтальную поверхность: $N_3 = 2{,}5mg$.

**6.2**

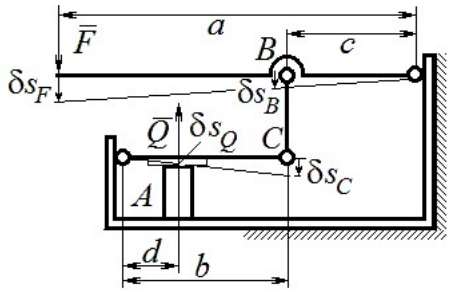


Рис. 7.41. Расчётная схема к упражнению 6.2

Активными силами в системе являются силы $\vec{F}$ и $\vec{Q}$. Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия: $\delta A\left(\vec{F}\right) + \delta A\left(\vec{Q}\right) = 0$ или $F\delta s_F - Q\delta s_Q = 0$, где $\delta s_F$ и $\delta s_Q$ – возможные перемещения точек приложения сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$.

Имеем соотношения: $\dfrac{\delta s_F}{\delta s_B} = \dfrac{a}{c}$, $\dfrac{\delta s_C}{\delta s_Q} = \dfrac{b}{d}$, где $\delta s_B$ и $\delta s_C$ – возможные перемещения точек $B$ и $C$, причём $\delta s_B = \delta s_C$. Тогда $\delta s_Q = \dfrac{cd}{ab}\delta s_F$ и сила, сжимающая деталь $A$ под прессом, равна $Q = \dfrac{ab}{cd}F$.

**6.3**

Активными силами, совершающими работу при движении системы, являются силы тяжести $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$ и пары сил с моментами $M_1$ и $M_2$. Связи идеальные.

Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A\left(\vec{P}_3\right) + \delta A\left(\vec{P}_4\right) + \delta A(M_1) + \delta A(M_2) = 0 \text{ или}$$

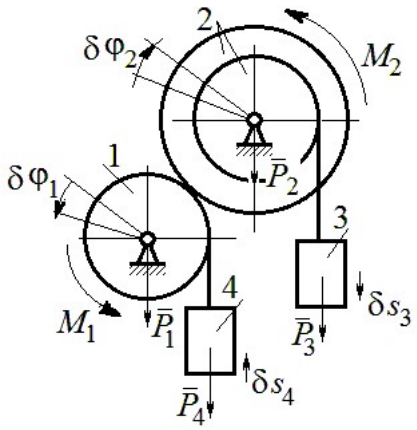


Рис. 7.42. Расчётная схема к упражнению 6.3

$$P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4 + M_1\delta\varphi_1 - M_2\delta\varphi_2 = 0,$$

где $\delta s_3, \delta s_4$ – элементарные перемещения грузов 3, 4; $\delta\varphi_1, \delta\varphi_2$ – элементарные повороты валов 1 и 2. Выразим все перемещения через угол поворота вала 2: $\delta s_3 = \delta\varphi_2 r$, $\delta\varphi_1 = 3\delta\varphi_2$, $\delta s_4 = 3r\delta\varphi_2$ и подставим в уравнение равновесия. Получим: $M_2 = 4Pr$.

**6.4**

Система с идеальными связями. Активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом $M_{\text{вр}}$ (рис. 7.43).

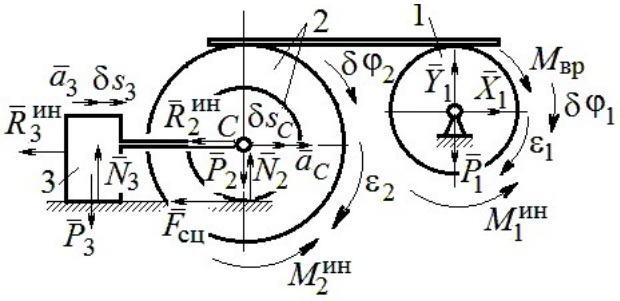



Рис. 7.43. Расчётная схема к упражнению 6.4

Направления поворотов дисков и их угловые ускорения показаны на рис. 7.43 дуговыми стрелками $\delta\varphi_1, \varepsilon_1$ и $\delta\varphi_2, \varepsilon_2$. Направления движения центра масс катка 2, груза 3 и их ускорения обозначены: $\delta s_C, a_C$ и $\delta s_3, a_3$.

Кинематические соотношения между перемещениями и ускорениями:

$$\delta s_C = \delta s_3,\ a_C = a_3,\ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_3}{r},\ \varepsilon_2 = \frac{a_3}{r},\ \delta\varphi_1 = \frac{3\delta s_3}{r},\ \varepsilon_1 = \frac{3a_3}{r}.$$

Присоединим к телам системы силы инерции.

Модули главных векторов сил инерции: $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_3 = ma_3$;

$$R_2^{\text{ин}} = m_2 a_C = 2ma_3;\ M_2^{\text{ин}} = m_2 i_2^2 \varepsilon_2 = 4{,}5mra_3;\ M_1^{\text{ин}} = \frac{m_1 R_1^2}{2}\varepsilon_1 = 1{,}5mra_3.$$

Элементарные работы активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = M_{\text{вр}}\delta\varphi_1 = (mg\sin\omega t)3\delta s_3.$$

Элементарные работы сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_2^{\text{ин}}\delta s_C - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2 - M_1^{\text{ин}}\delta\varphi_1 =$$

$$= -ma_3\delta s_3 - 2ma_3\delta s_3 - 4{,}5ma_3\delta s_3 - 1{,}5ma_3 3\delta s_3 = -12ma_3\delta s_3.$$

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = m(3g\sin\omega t - 12a_3)\delta s_3 = 0.$$

Ускорение груза 3: $a_3 = 0{,}25g\sin\omega t$, или $\ddot{s}_3 = 0{,}25g\sin\omega t$. Интегрируя дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза: $s_3 = \dfrac{0{,}25g}{\omega}\left(t - \dfrac{1}{\omega}\sin\omega t\right)$.

**6.5**

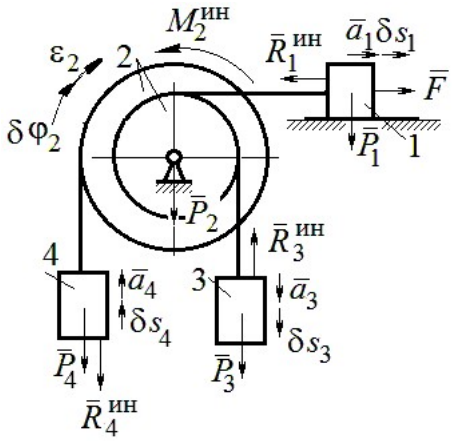



Рис. 7.44. Расчётная схема к упражнению 6.5

Система с идеальными связями. Активные силы и главные вектора сил инерции показаны на рис. 7.44.

Элементарные работы активных сил: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = F\delta s_1 + P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4$ и сил инерции $\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_4^{\text{ин}}\delta s_4 - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2$, где модули сил инерции: $R_1^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_1$, $R_3^{\text{ин}} = \dfrac{P_3}{g}a_3$, $R_4^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_4$, $M_2^{\text{ин}} = \dfrac{P_2}{g}i_2^2\varepsilon_2$.

Кинематические соотношения: $\delta s_3 = \delta s_1$, $a_3 = a_1$, $\delta s_4 = 2\delta s_1$, $a_4 = 2a_1$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_1}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = P(t+1)\delta s_1 + P\delta s_1 - 2P\delta s_1 -$$

$$-\left(\frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{2P}{g}2a_1 2\delta s_1 + \frac{2P}{g}2r^2\frac{a_1}{r}\frac{\delta s_1}{r}\right) = P\left(t - \frac{14a_1}{g}\right)\delta s_1 = 0.$$

Находим уравнение движения груза 3: $a_3 = a_1 = \dfrac{1}{14}gt$, или $\ddot{x}_3 = \dfrac{1}{14}gt$.

Проинтегрировав дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза 3: $x_3 = \dfrac{1}{84}gt^3 \approx 0{,}012gt^3$.

**6.6**

Рассматриваемая механическая система (рис. 7.45) имеет одну степень свободы. Уравнение Лагранжа: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где $T$ – кинетическая энергия системы: $Q_x$ – обобщенная сила.

В качестве обобщённой координаты $x$ выберем положение точки $C$ относительно недеформированной пружины, отмеченной на рис. 7.45 величиной $l_0$. Обобщённая скорость $\dot{x}$.

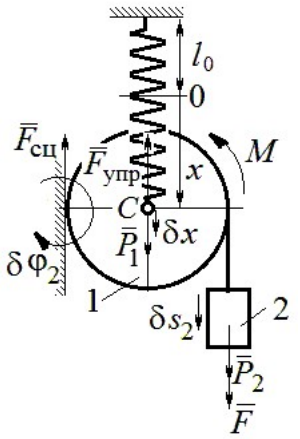


Рис. 7.45. Расчётная схема к упражнению 6.6

Кинетическая энергия катка: $T_1=\frac{1}{2}m_1V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_1^2$, где $\omega_1$, $V_C$ – угловая скорость катка и скорость его центра масс, $V_C=\dot{x}$, $\omega_1=\frac{V_C}{r}=\frac{\dot{x}}{r}$; момент инерции $J_{zC}=\frac{1}{2}m_1r^2$. Кинетическая энергия груза 2: $T_2=\frac{1}{2}m_2V_2^2$, где $V_2$ – скорость груза 2, $V_2=2V_C=2\dot{x}$. Кинетическая энергия системы, выраженная через обобщённую скорость: $T=T_1+T_2=\frac{7P}{2g}\dot{x}^2$.

В произвольном положении системы, определяемом координатой $x$, дадим центру масс катка возможное перемещение $\delta x$ (см. рис. 7.45). Элементарная работа активных сил $\sum\delta A(F_{\text{к}})=P_1\delta x-F_{\text{упр}}\delta x+(P_2+F)\delta s_2-M\delta\varphi_1$. Полагая перемещения $\delta s_2=2\delta x$, $\delta\varphi_1=\frac{\delta x}{r}$, модуль силы упругости $F_{\text{упр}}=cx$ и с учётом данных задачи, получим $\sum\delta A(F_{\text{к}})=(3P-cx)\delta x$. Обобщённая сила $Q_x=3P-cx$.

Уравнение Лагранжа $\frac{7P}{g}\ddot{x}=3P-cx$, или $\ddot{x}+\frac{4g}{7r}x=\frac{3g}{7}$.

Решение уравнения (с нулевыми начальными условиями): $x = \frac{3}{4} r\left(1 - \cos\omega t\right)$. Закон движения груза: $s_2 = 2x = \frac{3}{2} r\left(1 - \cos\omega t\right)$.

**6.7**

Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Обобщённые координаты – расстояния $x_1$, $x_2$ соответственно до грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных центров блоков *B* и *D* (рис. 7.46, *a*). Обобщённые скорости $\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$. Кинетическая энергия грузов и блока 3:

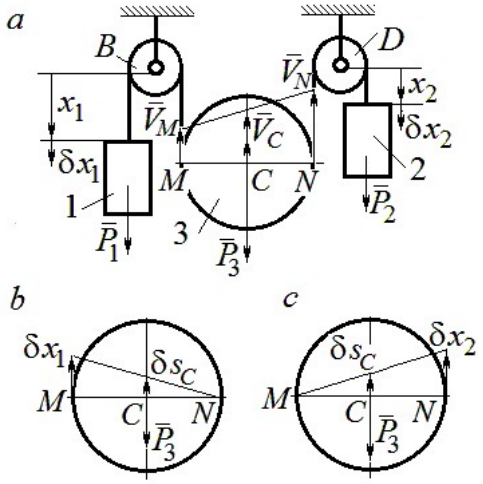



Рис. 7.46. Расчётная схема к упражнению 6.7: *a* – кинематика механизма; *b*, *c* – возможные перемещения блока 3 при вычислении обобщённых сил

$$T_1 = \frac{P_1 \dot{x}_1^2}{2g},\ T_2 = \frac{P_2 \dot{x}_2^2}{2g};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{2g}\left(\frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}\right)^2.$$

Здесь учтено (см. рис. 7.46, *a*): что

$$V_C = \frac{V_N + V_M}{2} = \frac{\dot{x}_2 + \dot{x}_1}{2};$$

$$\omega_2 = \frac{V_N - V_M}{2r} = \frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате $x_1$, оставляя координату $x_2$ постоянной: $\delta x_1 \neq 0$, $\delta x_2 = 0$. На этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *b*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_1 \delta x_1 - P_3 \delta s_C = \left(P_1 - \frac{1}{2} P_3\right)\delta x_1.$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = P_1 - \frac{1}{2} P_3$.

Дадим системе другое независимое возможное перемещение – по координате $x_2$, так, что $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$. При этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *c*):

$$\sum \delta A(F_{\text{к}}) = P_2 \delta x_2 - P_3 \delta s_C = \left( P_2 - \frac{1}{2} P_3 \right) \delta x_2 .$$

Обобщённая сила $Q_{x_2} = P_2 - \frac{1}{2} P_3$.

Уравнения Лагранжа

$$\left( P_1 + \frac{3}{8} P_3 \right) \frac{\ddot{x}_1}{g} + \frac{1}{8} P_3 \frac{\ddot{x}_2}{g} = P_1 - \frac{1}{2} P_3 , \quad \frac{1}{8} P_3 \frac{\ddot{x}_1}{g} + \left( P_2 + \frac{3}{8} P_3 \right) \frac{\ddot{x}_2}{g} = P_2 - \frac{1}{2} P_3 \text{ или}$$

$$7\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2 = 0 , \; \ddot{x}_1 + 9\ddot{x}_2 = 2g .$$

Ускорения грузов: $\ddot{x}_1 = -\frac{1}{31} g$, $\ddot{x}_2 = \frac{7}{31} g$. Ускорение центра масс блока $\ddot{x}_C = \frac{\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1}{2} = \frac{6}{31} g$. Груз 1 и центр блока 3 движутся вверх, груз 2 – вниз. (Сравнить с задачей 70.)

**6.8**

Система с двумя степенями свободы. Обобщённые координаты: $x_1$ – положение центра масс катка 1 (точки $C_1$) относительно неподвижной вертикальной стены; $x_2$ – положение центра масс катка 2 (точки $C_2$) относительно подвижного края платформы.

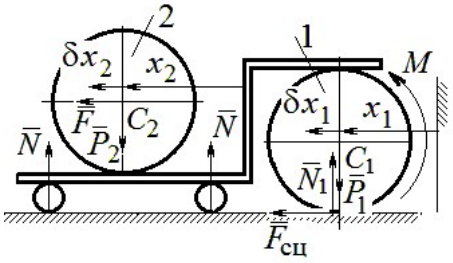


Рис. 7.47. Расчётная схема к упражнению 6.8

Кинетическая энергия системы

$$T = \frac{3}{4} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} \left[ m_2 \left( \dot{x}_2 + 2\dot{x}_1 \right)^2 + \frac{m_2 r^2}{2} \left( \frac{\dot{x}_2}{r} \right)^2 \right] = \frac{P}{g} \left( \frac{11}{4} \dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + 2\dot{x}_1 \dot{x}_2 \right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате $x_1$ $\left( \delta x_1 \neq 0 \right)$, оставляя другую координату $x_2$ неизменной $\left( \delta x_2 = 0 \right)$. Работу совершают момент $M$ и сила $\overline{F}$. Суммарная работа

$$\sum \delta A(F_{\text{к}}) = M \delta \varphi_1 + F \delta s_{C_2} = M \frac{\delta x_1}{r} + F 2 \delta x_1 = 4P \delta x_1 .$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = 4P$.

При другом независимом возможном перемещении $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$ суммарная работа внешних сил $\sum \delta A(F_к) = F\delta x_2$ и обобщённая сила, соответствующая координате $x_2$, равна $Q_{x_2} = P$.

Уравнения Лагранжа

$$\frac{P}{g}\left(\frac{11}{2}\ddot{x}_1 + 2\ddot{x}_2\right) = 4P,\ \frac{P}{g}\left(2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1\right) = P, \text{ или}$$

$$11\ddot{x}_1 + 4\ddot{x}_2 = 8g,\ 2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1 = g$$

Ускорение центра катка 1 $\ddot{x}_1 = \frac{6}{7}g$. Тележка катится в направлении оси $x_1$. Ускорение центра катка 2 относительно тележки $\ddot{x}_2 = -\frac{5}{14}g$. Закон относительного движения центра катка 2 при нулевых начальных условиях: $x_2 = -\frac{5}{28}gt^2$. Каток катится к правому борту тележки.

# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Бать М. И.*, *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах: Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

*Бутенин Н. В.*, *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: В 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

*Вебер Г. Э.*, *Ляпцев*, *С. А*. Лекции по теоретической механике. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

*Тарг С. М.* Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Валерий Григорьевич Брагин
Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

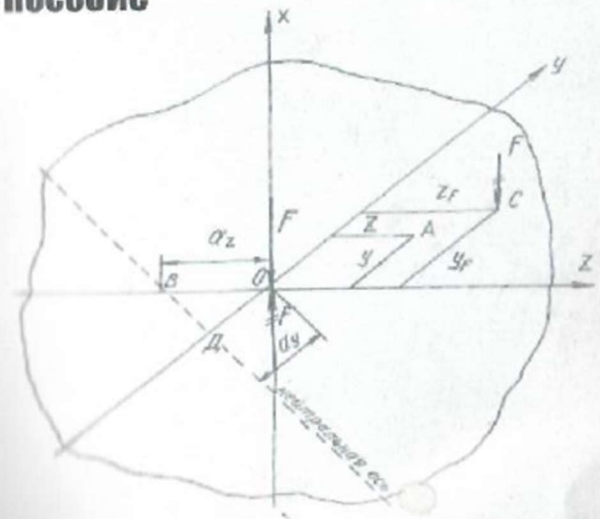
Редактор *Л.В. Устьянцева*

*Компьютерная версия*

Подписано в печать 26.10.2018 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 15,625. Уч. изд. л. 10,5. Тираж экз. Заказ №
Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

# СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ

Учебное пособие




Екатеринбург - 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

# СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ

Утверждено Редакционно-издательским советом
Уральского государственного горного университета
в качестве учебного пособия

Издание второе, исправленное и дополненное

Екатеринбург – 2012

УДК 620.10
М 74

*Рецензенты:* Таугер В. М., профессор кафедры мехатроника УрГУПС, канд. техн. наук, доцент; Раевская Л. Т., зав. кафедрой сопротивления материалов и теоретической механики УГЛТУ, канд. техн. наук, доцент.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

М 74 **Сопротивление материалов в примерах и задачах:** учебное пособие / 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург Н. В. Мокрушин, С. А. Ляпцев, Л. Д. Чучманова, К. В. Середа; Уральский гос. горный университет.– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012.– 184 с.
ISBN 978-5-8019-0185-5

Учебное пособие отражает опыт проведения практических занятий по дисциплине «Сопротивление материалов» в Уральском государственном горном университете. В пособии приведены примеры расчетов стержней, валов, балок, испытывающих простые и сложные виды деформаций. Для самостоятельной работы представлены задания по основным темам дисциплины.

Учебное пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения.

Рис. 42. Табл. 22. Библ. 21 наим.

УДК 620.10

ISBN 978-5-8019-0185-5

© Уральский государственный
горный университет, 2008, 2012
© Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А.,
Чучманова Л. Д., Середа К. В., 2008, 2012

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Введение в учебную программу высших технических учебных заведений новых дисциплин, отражающих современное состояние науки и техники, при ограниченных сроках обучения привело к существенному сокращению количества лекционных часов по курсу сопротивления материалов.

Восполнение появившихся в результате этого пробелов в знании студентами вузов сопротивления материалов может быть достигнуто в известной мере за счет самостоятельного изучения ими необходимых разделов этого важного для будущего инженера курса. Данное учебное пособие составлено в соответствии с программой курса по сопротивлению материалов. По каждой теме предмета в пособии даны краткие теоретические сведения и основные формулы. Приведены примеры расчетов стержней на растяжение и сжатие (глава 1), примеры по определению главных моментов инерции поперечных сечений различного профиля (глава 2), рассмотрены примеры расчета вала на кручение (глава 3). В главе 4 рассмотрены примеры расчетов балок, испытывающих деформацию поперечного изгиба, на прочность и жесткость. С применением метода сил в главе 5 приведены примеры расчетов статически неопределимых неразрезных балок и плоских статически неопределимых рам. Виды сложного сопротивления (косой изгиб, внецентренное растяжение и сжатие, изгиб с кручением) рассмотрены в главе 6. Рассмотрение деформации продольного изгиба и расчеты на устойчивость гибких стержней приведены в главе 7.

Более подробное изложение теоретического материала приведено в работах [1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 18].

Для самостоятельного выполнения расчетно-графических работ по каждой теме составлены задания с необходимыми рисунками и таблицами. Для расчетов рекомендуется следующая литература [2, 8, 11, 14, 15, 16].

При выполнении практических расчетов используются следующие основные характеристики материалов [17]:

*модули продольной упругости:* стали $E_{\text{с}} = 2 \cdot 10^{11}$ Па; дюраля (и алюминия) $E_{\text{д}} = 0,7 \cdot 10^{11}$ Па; меди $E_{\text{м}} = 1 \cdot 10^{11}$ Па; чугуна $E_{\text{ч}} = 1,2 \cdot 10^{11}$ Па; дерева $E_{\text{д}} = 1 \cdot 10^{10}$ Па;

*модуль сдвига стали:* $G = 0,8 \cdot 10^{11}$ Па;

*коэффициенты теплового линейного расширения:* стали $\alpha_{\text{с}} = 1,25 \cdot 10^{-5}$ 1/град; дюраля $\alpha_{\text{д}} = 2,25 \cdot 10^{-5}$ 1/град; меди $\alpha_{\text{м}} = 1,65 \cdot 10^{-5}$ 1/град;

*коэффициент Пуассона для стали:* $\nu = 0,30$.

# Глава 1

# ПРОДОЛЬНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ СТЕРЖНЕЙ

**Растяжением** называют такой вид деформации, при котором в каждом его поперечном сечении возникают только продольные внутренние усилия.

Продольное усилие $F$ 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, которые определяются по формуле (1.1):

$$\sigma = \frac{F}{A}, \tag{1.1}$$

где $F$ – продольное усилие, кН; $A$ – площадь поперечного сечения, м$^2$.

Условие прочности имеет вид:

$$\sigma_{max} \le \sigma_{adm}, \tag{1.2}$$

где $\sigma_{adm}$ – допускаемое нормальное напряжение материала стержня, МПа.

Абсолютная деформация $\Delta l$ однородного участка (постоянные сечение и материал) определяется **по закону Гука**:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}\ , \tag{1.3}$$

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, 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.

### Пример 1.1.

К узлу $C$ кронштейна $ABC$ (рис. 1.1, *а*) приложена сила $F$ = 100 кН. Стержень $AC$ – стальной, круглого сечения диаметром $d$ = 30 мм; стержень $BC$ – дюралюминиевый, квадратного сечения со стороной $a$ = 40 мм. Определить напряжения в стержнях, а также горизонтальное, вертикальное и полное перемещения узла $C$.

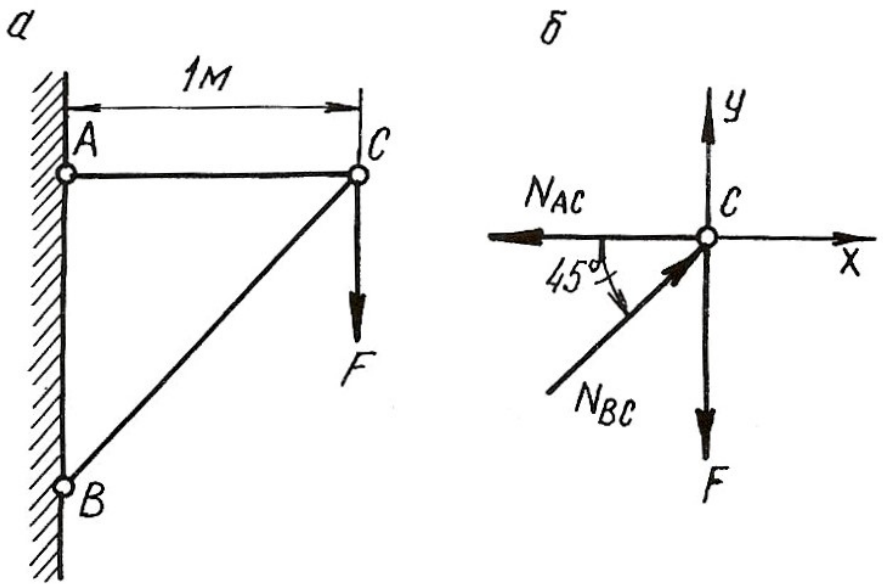



Рис. 1.1.

*Решение.*

Для определения продольных сил в стержнях $AC$ и $BC$ условно вырезаем узел $C$, заменяем действие стержней на узел усилиями и составляем уравнение равновесия для узла $C$ (рис. 1.1, *б*)

$$\sum X = 0; \quad -N_{AC} + N_{BC} \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum Y = 0; \quad N_{BC} \cdot \sin 45^\circ - F = 0.$$

Откуда

$$N_{BC} = \frac{F}{\sin 45^\circ} = \frac{100 \cdot 10^3}{0,707} = 141 \cdot 10^3 \text{ Н} = 141 \text{ кН},$$

$$N_{AC} = N_{BC} \cdot \cos 45^\circ = 141 \cdot 10^3 \cdot 0,707 = 100 \cdot 10^3 \text{ Н} = 100 \text{ кН}.$$

Стержень $AC$ растянут, а стержень $BC$ сжат. Определяем площади поперечных сечений стержней

$$A_{AC} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (30 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 706 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$A_{BC} = a^2 = (40 \cdot 10^{-3})^2 = 1600 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Напряжения в поперечных сечениях стержней $AC$ и $BC$

$$\sigma_{AC} = \frac{N_{AC}}{A_{AC}} = \frac{100 \cdot 10^3}{706 \cdot 10^{-6}} = 141 \cdot 10^6 \text{ Па} = 141 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{BC} = -\frac{N_{BC}}{A_{BC}} = -\frac{141 \cdot 10^3}{1600 \cdot 10^{-6}} = -88 \cdot 10^6 \text{ Па} = -88 \text{ МПа}.$$

Знак минус указывает на то, что в стержне $BC$ возникает деформация сжатия.

Находим удлинения стержней:

$$\Delta l_{AC} = \frac{N_{AC} \cdot l_{AC}}{E_{\text{ст}} \cdot A_{AC}} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 706 \cdot 10^{-6}} = 0,71 \cdot 10^{-3} \text{м} = 0,71 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{BC} = -\frac{N_{BC} \cdot l_{BC}}{E_{\text{дюр}} \cdot A_{BC}} = -\frac{141 \cdot 10^3 \cdot 1,41}{7 \cdot 10^{10} \cdot 1600 \cdot 10^{-6}} = -1,77 \cdot 10^{-3} \text{м} = -1,77 \text{ мм},$$

где $l_{BC} = \frac{l_{AC}}{\cos 45^\circ} = \frac{1}{0,707} = 1,41$ м; $E_{\text{ст}}$, $E_{\text{дюр}}$ – модули продольной упругости стального и дюралюминиевого стержней, Па.

Для определения перемещения точки $C$ мысленно разъединим стержни в этом шарнире и отметим их новые длины $AC_1$ и $BC_2$ (рис. 1.2, *а*). Для того, чтобы найти новое положение точки $C$, необходимо деформированные стержни свести вместе путем их вращения вокруг шарниров $A$ и $B$. Точки $C_1$ и $C_2$ будут перемещаться по дугам, которые вследствие их малости могут быть приняты за прямые $C_1C_3$ и $C_2C_3$, перпендикулярные к стержням $AC$ и $BC$. Точка пересечения этих перпендикуляров (точка $C_3$) и даст положение узла $C$ после деформации. На рис. 1.2, *б* изображена диаграмма перемещений в большом масштабе.

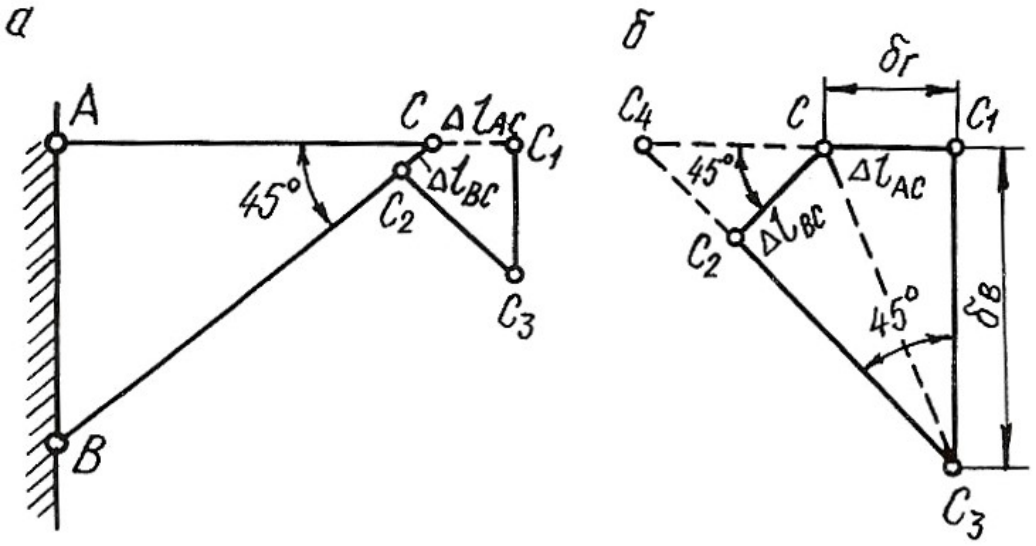



Рис. 1.2.

Горизонтальное перемещение узла $C$ равно $\delta_{\text{г}} = \Delta l_{\text{AC}} = 0,71$ мм.

Для удобства определения вертикального перемещения произведем дополнительное построение. Продолжим линии $C_1C$ и $C_3C_2$ до их пересечения в точке $C_4$.

Вертикальное перемещение узла $C$

$$\delta_в = C_1C_3 = \frac{C_1C_4}{\text{tg}45^o} = C_1C_4 = C_1C + CC_4 = \Delta l_{AC} + \frac{\Delta l_{BC}}{\cos 45^o};$$

$$\delta_в = 0,71 + \frac{1,77}{0,707} = 3,21 \text{ мм}.$$

Полное перемещение узла $C$

$$\delta = CC_3 = \sqrt{\delta_г^2 + \delta_в^2} = \sqrt{0,71^2 + 3,21^2} = 3,29 \text{ мм}.$$

## 1.1. Влияние собственного веса на напряжения и перемещения

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

$$N_x = \rho g A x, \tag{1.4}$$

где $N_x$ – продольная сила от собственного веса, Н; $\rho$ – 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:

$$\sigma_x = \frac{N_x}{A} = \rho g x. \tag{1.5}$$

По формулам (1.4) и (1.5) строятся эпюры $N$ и $\sigma$ с учетом знаков. Если на стержень действует дополнительная сила $F$, то продольная сила и нормальное напряжение определяются по формулам:

$$N_x = F + \rho g A x; \tag{1.6}$$

$$\sigma_x = \frac{F}{A} + \rho g x. \tag{1.7}$$

Полное удлинение (укорочение) стержня постоянного сечения от собственного веса определяется по формуле:

$$\Delta l = \frac{\rho g l^2}{2E}, \tag{1.8}$$

где $l$ – длина стержня, м; $E$ – модуль продольной упругости материала, Па.

При действии внешней силы $F$ и собственного веса удлинение стержня определяется по формуле:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA} + \frac{\rho g l^2}{2E}. \qquad (1.9)$$

В формулах (1.7) и (1.9) 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 равно сумме удлинений под действием собственного веса верхней части, нижней части бруса и внешней силы.

Рассмотрим подробнее решение типовой задачи.

**Пример 1.2.**

Для стального бруса переменного сечения (рис. 1.3, *а*) с учетом собственного веса и при продольной нагрузке $F$ требуется:

1. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса.
2. Найти полное удлинение (укорочение) бруса.
3. Определить перемещение сечения I-I.

Исходные данные: $A = 20$ см$^2$; $a = 1{,}0$ м; $b = 1{,}5$ м; $c = 1{,}0$ м; $F = 40$ кН.

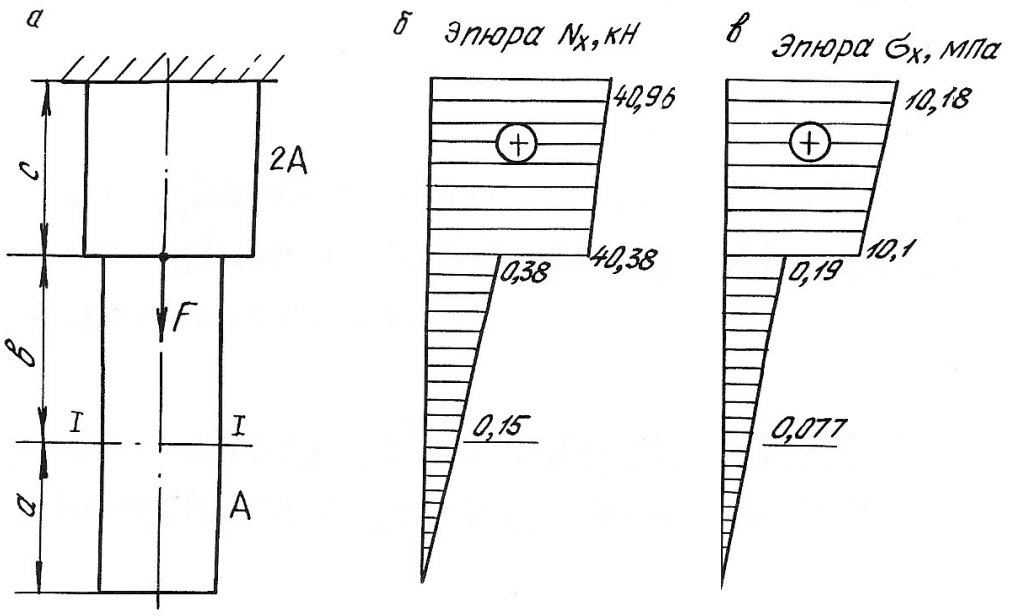



Рис. 1.3.

*Решение.*

Определим продольную силу и нормальное напряжение в поперечном сечении по формулам (1.6) и (1.7):

а) на участке длиной $a$ (нижний участок): $0 \le x \le 1{,}0$ м;

$$N_x = \rho g A x;$$

$$\sigma_x = \rho g x.$$

При $x = 0$ $\quad N_x = 0,$

$\sigma_x = 0.$

При $x = 1$ м $\quad N_x = 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 150$ Н $= 0{,}15$ кН;

$\sigma_x = 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1 = 80000$ Па $= 0{,}08$ МПа.

б) на участке длиной $b$ (средний участок): $1{,}0 \le x \le 2{,}5$ м;

$$N_x = Q_a + \rho g A (x - a);$$

$$\sigma_x = \frac{Q_a}{A} + \rho g (x - a);$$

где $Q_a = \rho g A a = 0{,}15$ кН – вес нижнего участка бруса; для среднего участка он играет роль внешней силы.

При $x = 1{,}0$ м; $\quad N_x = Q_a = 0{,}15$ кН;

$\sigma_x = 0{,}08$ МПа.

При $x = 2{,}5$ м; $\quad N_x = 0{,}15 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3} = 0{,}38$ кН;

$\sigma_x = 0{,}08 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-6} = 0{,}19$ МПа.

в) на участке длиной $c$ (верхний участок): $2{,}5 \le x \le 3{,}5$ м;

$$N_x = Q_a + Q_b + F + \rho g 2A (x - a - b);$$

$$\sigma_x = \frac{Q_a + Q_b + F}{2A} + \rho g (x - a - b),$$

где $Q_b = \rho g A b = 0{,}23$ кН – вес среднего участка бруса.

При $x = 2{,}5$ м; $\quad N_x = 0{,}15 + 0{,}23 + 40 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 40{,}38$ кН;

$\sigma_x = 10{,}1$ МПа.

При $x = 3{,}5$ м; $\quad N_x = 0{,}15 + 0{,}23 + 40 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-7} = 40{,}96$ кН;

$\sigma_x = 10{,}18$ МПа.

Строим эпюры $\boldsymbol{N}_x$ (рис. 1.3, *б*) и $\sigma_x$ (рис. 1.3, *в*).

Определим полное удлинение стержня по формуле (1.9). Полное удлинение складывается из удлинений каждого участка бруса под действием внешних сил и собственного веса.

$$\Delta l = \Delta a + \Delta b + \Delta c \ ;$$

где $\Delta a = \dfrac{\rho g a^2}{2E} = \dfrac{7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 0{,}19 \cdot 10^{-6}$ м;

$$\Delta b = \frac{Q_a \cdot b}{EA} + \frac{\rho g b^2}{2E} = \frac{0{,}15 \cdot 10^3 \cdot 1{,}5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 20 \cdot 10^{-4}} + \frac{7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}5^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} =$$

$$= 0{,}56 \cdot 10^{-6} + 0{,}43 \cdot 10^{-6} = 0{,}99 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

$$\Delta c = \frac{(Q_a + Q_b + F)c}{E \cdot 2A} + \frac{\rho g c^2}{2E} = \frac{(0{,}15 + 0{,}23 + 40) \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 20 \cdot 10^{-4}} + \frac{7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} =$$

$$= 50{,}48 \cdot 10^{-6} + 0{,}19 \cdot 10^{-6} = 50{,}67 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

$$\Delta l = 0{,}19 \cdot 10^{-6} + 0{,}99 \cdot 10^{-6} + 50{,}67 \cdot 10^{-6} = 51{,}85 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Перемещение сечения I-I равно удлинению лежащей над сечением части бруса, т. е.

$$\delta_{\text{I-I}} = \Delta c + \Delta b = 0{,}99 \cdot 10^{-6} + 50{,}67 \cdot 10^{-6} = 51{,}66 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

## 1.2. Напряженное состояние материала в точке

**Напряженным состоянием** называют совокупность напряжений, действующих по всевозможным площадкам, проведенным через данную точку. В различных точках тела напряженное состояние неоднородно и определить все значения возникающих напряжений затруднительно. В связи с этим в сопротивлении материалов точку рассматривают в виде элементарного параллелепипеда с гранями $dx \cdot dy \cdot dz$. При этом считается, что возникающие напряжения на гранях и в наклонных сечениях распределяются равномерно. Нормальные напряжения на гранях обозначаются: $\sigma_x$, $\sigma_y$, $\sigma_z$, а касательные: $\tau_{xy}$, $\tau_{yx}$, $\tau_{zy}$, $\tau_{yz}$, $\tau_{xz}$, $\tau_{zx}$. Двойной индекс при касательных напряжениях указывает на направление и плоскость, где они действуют. Например, индексы при напряжении $\tau_{xy}$ означают, что $x$ – направление действия этого напряжения по оси $x$; $y$ – это напряжение возникает в плоскости, нормаль к которой параллельна оси $y$.

Во взаимно перпендикулярных сечениях касательные напряжения равны по величине и противоположны по знаку. Это свойство касательных напряжений называется **законом парности касательных напряжений**

$$-\tau_{xy} = \tau_{yx}.$$

Рассматриваемый параллелепипед в теле стержня можно сориентировать таким образом, что по его граням будут действовать только нормальные напряжения, а касательные будут равны нулю. В этом случае грани будут называться главными площадками, а действующие на них нормальные напряжения – главными напряжениями. По количеству главных напряжений, возникающих одновременно на главных площадках, различают три вида напряженного состояния точки упругого тела: линейное, плоское и объемное. Главные напряжения обозначаются: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. Принято считать, что $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$. Наиболее часто встречается плоское напряженное состояние материала.

Для правильной оценки опасности, угрожающей прочности стержня, необходимо знать полностью его напряженное состояние. Это требует умение вычислять напряжения не только по сечениям, перпендикулярным оси стержня, но и по наклонным сечениям.

Напряжения в наклонных сечениях, нормаль к которым с осью $x$ составляет угол $\alpha$, определяются по следующим формулам:

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \cos^2\alpha + \sigma_y \sin^2\alpha - \tau_{yx} \sin 2\alpha; \qquad (1.10)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{yx} \cos 2\alpha, \qquad (1.11)$$

Для сечений, проходящих под углом $\beta = \alpha + 90^\circ$, возникающие напряжения определяются по формулам:

$$\sigma_\beta = \sigma_x \sin^2\alpha + \sigma_y \cos^2\alpha + \tau_{yx} \sin 2\alpha; \qquad (1.12)$$

$$\tau_\beta = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha - \tau_{yx} \cos 2\alpha, \qquad (1.13)$$

Угол $\alpha$ положительный, если он отсчитан в направлении от оси $x$ к оси $y$ по кратчайшему угловому пути, против хода часовой стрелки.

Нормальное напряжение $\sigma_\alpha$ считается положительным, если его направление совпадает с направлением внешней нормали к наклонной площадке. Положительное направление $\tau_\alpha$ образовано поворотом внешней нормали к наклонной площадке на угол $90^o$ по ходу часовой стрелки.

Противоположные направления $\sigma_\alpha$ и $\tau_\alpha$ следует считать отрицательными.

Площадки, где действуют экстремальные нормальные напряжения и нет касательных напряжений, называются главными площадками, а напряжения, действующие на главных площадках – главными напряжениями. Они обозначаются: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, причем $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ и определяются по следующим формулам:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 = \frac{1}{2}\left[ (\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2} \right]; \qquad (1.14)$$

$$\sigma_{min} = \sigma_2 = \frac{1}{2}\left[ (\sigma_x + \sigma_y) - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2} \right]. \qquad (1.15)$$

Положение главных площадок определяется углом наклона $\alpha_0$

$$\mathrm{tg}2\alpha_0 = \frac{-2\tau_{yx}}{\sigma_x - \sigma_y}, \qquad (1.16)$$

Наибольшие касательные напряжения действуют на площадках под углом $45^o$

$$\tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2}\ . \qquad (1.17)$$

**Пример 1.3.**

Стальной кубик находится под действием сил, создающих плоское напряженное состояние: $\sigma_x = 80$ МПа; $\alpha = 30^o$; $\tau_{xy} = 10$ МПа (рис. 1.4). Требуется найти:

1. Главные напряжения и положение главных площадок.
2. Максимальные касательные напряжения.
3. Определить аналитически величины нормальных $\sigma_\alpha$ и касательных $\tau_\alpha$ напряжений, действующих на площадках, нормаль, к которой составляет угол $\alpha$ с горизонтальной осью $x$. Показать на чертеже заданный элемент и направление соответствующих напряжений.

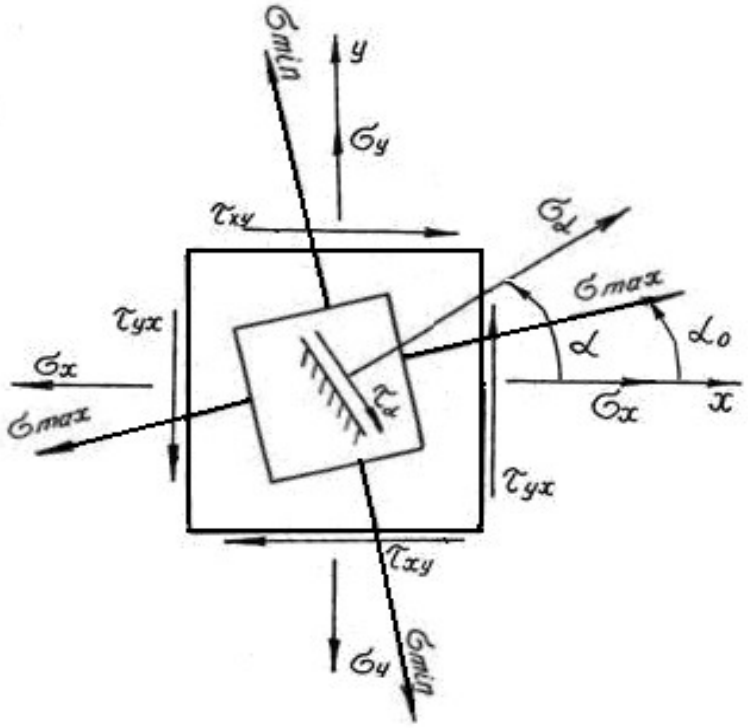



Рис. 1.4.

*Решение.*

Определим главные напряжения

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left[(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2}\right] = \frac{1}{2}\left[(80+20) + \sqrt{(80-20)^2 + 4\cdot 10^2}\right] =$$

$$= \frac{1}{2}\left[100 + 63,6\right] = 81,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{2}\left[(\sigma_x + \sigma_y) - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2}\right] = \frac{1}{2}\left[(80+20) - \sqrt{(80-20)^2 + 4\cdot 10^2}\right] =$$

$$= \frac{1}{2}\left[100 - 63,6\right] = 18,2 \text{ МПа}.$$

Найдем положение главных площадок

$$\operatorname{tg}2\alpha_0 = -\frac{2\tau_{yx}}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{-2\cdot(-10)}{80-20} = 0,333; \qquad 2\alpha_0 = 18^o 24'; \qquad \alpha_0 = 9^o 12'.$$

Определим аналитически величины $\sigma_\alpha$ и $\tau_\alpha$, действующие на площадке, нормаль к которой составляет угол $30^o$ с горизонтальной осью (см. рис. 1.4.)

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \cos^2\alpha + \sigma_y \sin^2\alpha - \tau_{yx}\sin 2\alpha = 80\cdot 0,866^2 + 20\cdot 0,5^2 - (-10)\cdot 0,866 =$$

$$= 73,65 \text{ МПа};$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\sin 2\alpha + \tau_{yx}\cos 2\alpha = \frac{80-20}{2}0,866 + (-10)\cdot 0,5 = 20,98 \text{ МПа}.$$

Вектор максимальных главных напряжений $\sigma_{max}$ всегда проходит через те четверти осей координат, в которых стрелки касательных напряжений сходятся.

## 1.3. Статически неопределимые стержневые системы

**Статически неопределимыми системами** называют такие системы, у которых реакции или все внутренние суммарные силовые факторы, возникающие в сечениях их элементов при действии произвольной нагрузки, не могут быть определены из уравнений равновесия статики.

Равновесие плоской стержневой системы обеспечивается тремя опорными направлениями. Всякое закрепление сверх трех опорных направлений является «лишним» с точки зрения равновесия системы, что делает ее *статически неопределимой*. Термин «лишние» является условным. Постановка дополнительных опорных закреплений производится с целью уменьшения деформации, веса конструкции или с целью увеличения ее грузоподъемности.

Расчет статически неопределимой системы начинается с определения степени статической неопределимости системы, которая равна числу «лишних» связей (число неизвестных сил минус три – число уравнений статики для плоской системы).

Определение усилий в статически неопределимой системе связано с необходимостью составления дополнительных уравнений – уравнений совместности деформаций. Число этих уравнений должно быть равно степени статической неопределимости стержневой системы.

Уравнения совместности деформаций устанавливают геометрические зависимости между упругими перемещениями отдельных элементов при соблюдении равновесия всей системы в целом.

Геометрическая схема деформаций должна рассматриваться не с точки зрения обычной геометрии, а на основе кинематики малых перемещений, с учетом того, что траектории отдельных точек элементов являются прямыми линиями.

Решение статически неопределимых систем необходимо производить в следующей последовательности:

1. Заданную систему освободить от наложенных на нее связей, действие которых заменяется реакциями, и составить уравнения статики;
2. Определить степень статической неопределимости системы;
3. По числу «лишних» неизвестных составить дополнительные уравнения из условия совместности деформаций. В уравнениях упругие деформации выразить через усилия по закону Гука в развернутом виде по формуле (1.3);
4. Решить совместно уравнения равновесия статики и дополнительные уравнения, определяя усилия в элементах конструкций;
5. Исходя из условия задачи и на основании условия прочности, определить поперечные размеры стержней.

Рассмотрим подробнее пример расчета статически неопределимой системы.

**Пример 1.4.**

Для статически неопределимой системы (рис. 1.5), состоящей из жесткой невесомой балки $AB$ и стальных стержней 1 и 2, соединенных с ней шарнирно, требуется:

1. Определить усилия, возникающие в стержне от действия силы $F$.
2. Подобрать сечение стержней из двух равнобоких уголков, каждое при $A_2 : A_1 = 2$; $F = 180$ кН; $a = 2{,}0$ м; $b = 1{,}0$ м; $h = 2{,}0$ м.

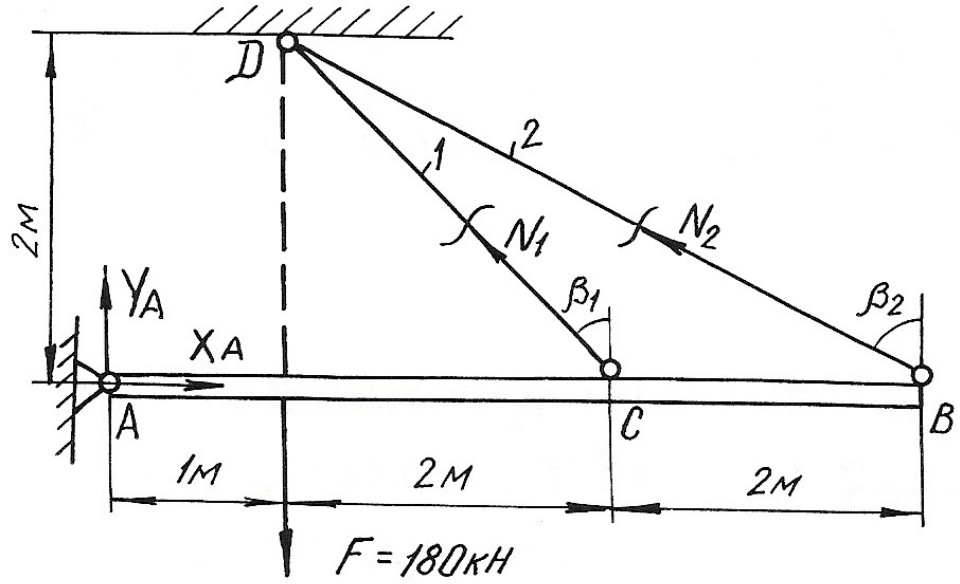



Рис. 1.5.

*Решение.*

Перед началом решения по приведенному плану определяем геометрические параметры системы

$$l_1 = DC = \sqrt{4+4} = 2{,}83 \text{ м}; \quad \beta_1 = 45°;$$

$$l_2 = DB = \sqrt{4+16} = 4{,}47 \text{ м}; \quad \sin\beta_2 = \frac{4}{4{,}47} = 0{,}89;$$

Далее освобождаем брус $AB$ от наложенных связей, заменяя их действие реакциями $X_A$, $Y_A$, $N_1$, $N_2$. Так как на балку $AB$ действуют четыре неизвестные силы, то одна связь «лишняя», т. е. задача является однажды статически неопределимой.

Из трех уравнений равновесия достаточно записать только одно уравнение, не содержащее $X_A$, $Y_A$, определение которых не ставится в задаче,

$$\sum M_A = 0; \qquad -F \cdot 1 + N_1 \cdot \cos\beta_1 \cdot 3 + N_2 \cdot \cos\beta_2 \cdot 5 = 0;$$

$$-180 + N_1 \cdot 0{,}707 \cdot 3 + N_2 \cdot 0{,}45 \cdot 5 = 0 \qquad (1.18)$$

В уравнении статики два неизвестных, поэтому нужно записать еще одно дополнительное уравнение из условия совместности деформаций стержней $DB$ и $DC$. Рассматривая геометрическую схему деформаций этих стержней, считаем перемещение точек $B$ и $C$ балки вертикальными (рис. 1.6). Из подобия треугольников $ACC_1$ и $ABB_1$ имеем:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{CC_1}{BB_1} = \frac{3}{5}.$$

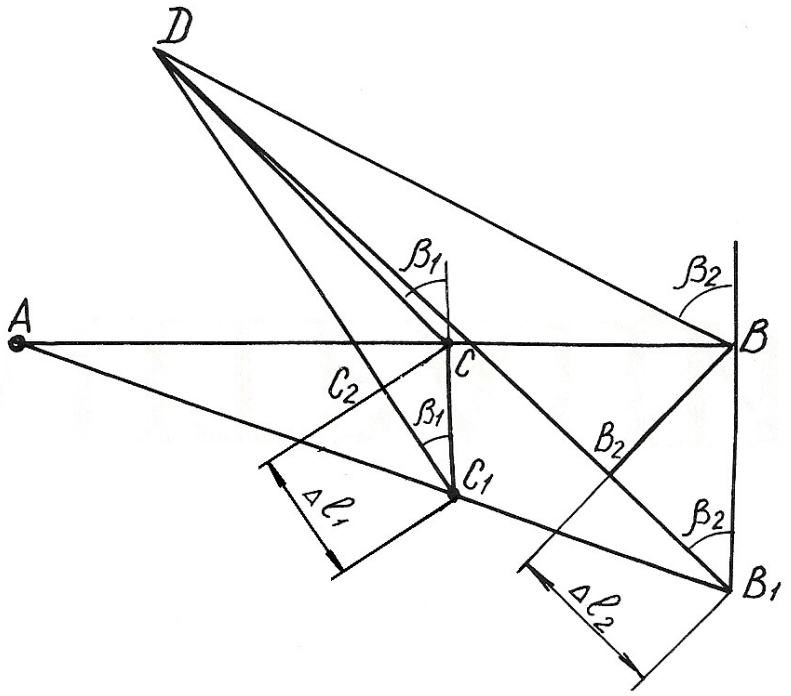



Рис. 1.6.

Учитывая, что $\begin{cases} CC_1 = \dfrac{CC_1}{\cos\beta_1} = \dfrac{\Delta l_1}{\cos\beta_1}; \\ BB_1 = \dfrac{B_1B_2}{\cos\beta_2} = \dfrac{\Delta l_2}{\cos\beta_2}, \end{cases}$

получим $\dfrac{\Delta l_1}{\cos\beta_1} = \dfrac{3}{5} \cdot \dfrac{\Delta l_2}{\cos\beta_2}$; откуда

$$\Delta l_1 = 0{,}94 \cdot \Delta l_2 . \qquad (1.19)$$

Равенство (1.19) и есть условие совместности деформации стержней 1 и 2. Выразим деформации через усилия по закону Гука

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA_1} = \frac{N_1 \cdot 2{,}83}{EA_1}; \qquad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA_2} = \frac{N_2 \cdot 4{,}74}{E \cdot 2A_1}.$$

Подставим полученные выражения в формулу (1.19)

$$\frac{N_1 \cdot 2{,}83}{EA_1} = 0{,}94 \frac{N_2 \cdot 4{,}74}{E \cdot 2A_1}.$$

Отсюда получим

$$2{,}83 \cdot N_1 - 2{,}10 \cdot N_2 = 0. \qquad (1.20)$$

Теперь можно определить усилия $N_1$ и $N_2$, решая совместно систему уравнений (1.18) и (1.20),

$$\begin{cases} 2{,}12 \cdot N_1 + 2{,}25 \cdot N_2 - 180 = 0; \\ 2{,}83 \cdot N_1 - 2{,}10 \cdot N_2 = 0. \end{cases}$$

Получаем $N_1 = 34{,}94$ кН; $N_2 = 47{,}08$ кН.

Подбираем сечение стержней из условий прочности:

$$A_1 \geq \frac{N_1}{\sigma_{adm}} = \frac{34{,}94 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 2{,}18 \cdot 10^{-4}\,\text{м}^2 = 2{,}18\ \text{см}^2;$$

$$A_2 \geq \frac{N_2}{\sigma_{adm}} = \frac{47{,}08 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 2{,}94 \cdot 10^{-4}\,\text{м}^2 = 2{,}94\ \text{см}^2.$$

Для площадей задано условие $A_2{:}A_1 = 2$. Если принять $A_1 = 2{,}18$ см$^2$, тогда $A_2 = 4{,}36$ см$^2$. Условие $A_2 \geq 2{,}94$ см$^2$ выполняется.

Сечение подбираем из двух равнобоких уголков по ГОСТ 8509-93 (табл. П. 3).

Для первого стержня подбираем два уголка №2 (20х20х3 мм) с площадью сечения 1,13 см$^2$. Для второго стержня принимаем два уголка №4 (40х40х3 мм) с площадью сечения 2,35 см$^2$.

Полные площади сечений будут равны $A_1 = 2{,}26$ см$^2$; $A_2 = 4{,}70$ см$^2$.

Проверим отношение площадей:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{4{,}70}{2{,}26} = 2{,}08.$$

Отклонение $\delta = \dfrac{2{,}08 - 2}{2} 100\ \% = 3{,}98\ \%.$

Погрешность допустимая.

**Пример 1.5.** Монтажная задача

Для статически неопределимой системы (рис. 1.7), состоящей из жесткой невесомой балки $AB$ и стальных стержней 1 и 2, соединенных с ней шарнирно, требуется определить дополнительные усилия в стержнях конструкции, если стержень 2 изготовлен короче проектного размера на $\Delta = 5 \cdot 10^{-3}$ м при $A_2 : A_1 = 2$; $a$ =2,0 м; $b = 1{,}0$ м; $h = 2{,}0$ м.

При сборке стержни деформируются: стержень 2 – растянется, стержень 1 – сожмется. В соответствии с этим покажем направления дополнительных усилий $N_1'$ и $N_2'$ (см. рис. 1.7), возникающих после сборки конструкции.

Для определения усилий воспользуемся уравнением статики

$$\sum \text{M}_A = 0; \qquad -N_1' \cdot \cos\beta_1 \cdot 3 + N_2' \cdot \cos\beta_2 \cdot 5 = 0;$$

$$-2{,}12 N_1' + 2{,}25 N_2' = 0. \qquad (1.21)$$

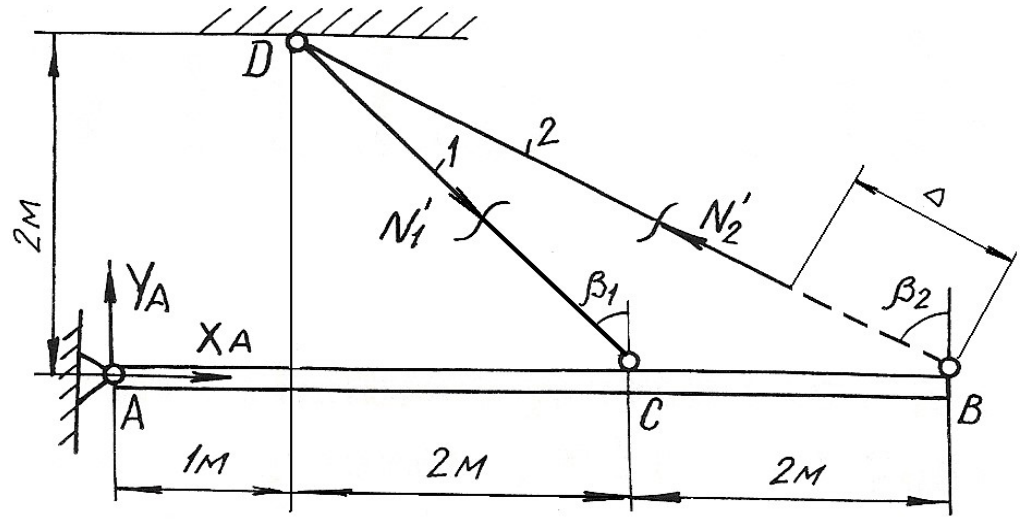



Рис. 1.7.

Уравнение одно, неизвестных два, следовательно, система один раз статически неопределима. Запишем дополнительно условие совместности деформаций. Рассмотрим картину деформаций стержней (см. рис. 1.8). Из подобия треугольников $AC_1C$ и $AB_1B$ получим $\dfrac{AC}{AB}=\dfrac{C_1C}{B_1B}=\dfrac{3}{5}$.

Учитывая соотношение $C_1C=\dfrac{CC_2}{\cos\beta_1}=\dfrac{\Delta l_1}{\cos\beta_1}$; $B_1B=\dfrac{B_2B}{\cos\beta_2}=\dfrac{\Delta-\Delta l_2}{\cos\beta_2}$,

получаем $\dfrac{\Delta l_1}{0{,}707}=\dfrac{3}{5}\cdot\dfrac{\Delta-\Delta l_2}{0{,}45}$; $\Delta l_1=0{,}94(\Delta-\Delta l_2)$. (1.22)

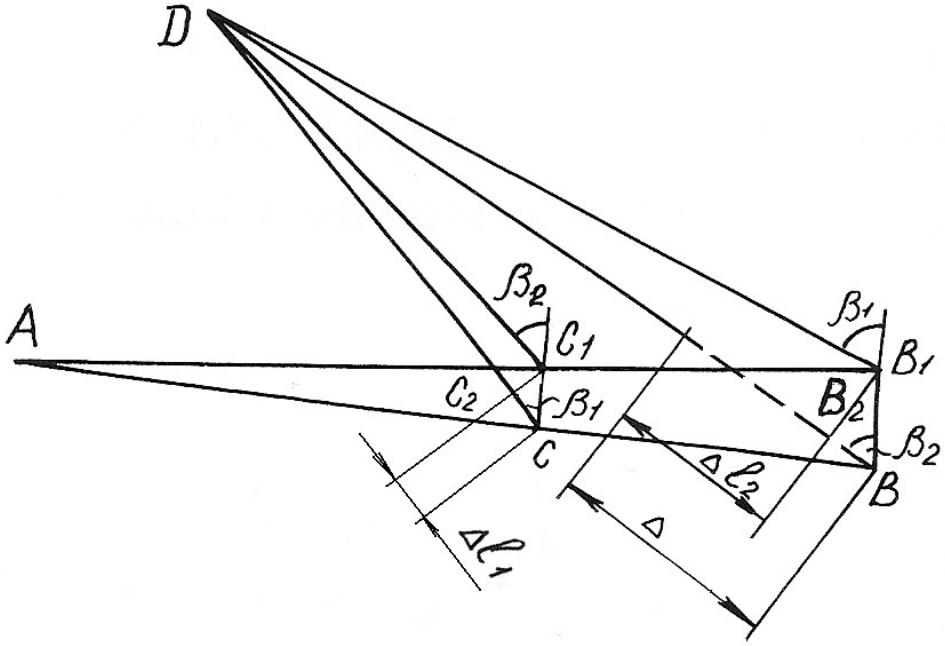



Рис. 1.8.

Выражение (1.22) – условие совместности деформаций стержней 1 и 2. Выражая деформацию через усилия по закону Гука, получим

$$\frac{N_1' l_1}{EA_1} + \frac{0{,}94 \cdot N_2' l_2}{EA_2} = 0{,}94 \cdot \Delta$$

или

$$1{,}25 \cdot N_1' + 0{,}894 \cdot N_2' = 94 \qquad (1.23)$$

Решая совместно систему уравнений (1.21) и (1.23), определяем усилия $N_1'$ и $N_2'$

$$N_1' = 42{,}75 \text{ кН}; \; N_2' = 45{,}36 \text{ кН}.$$

**Пример 1.6.**

Стержень длиной $l$ = 800 мм, защемленный обоими концами, подвергается действию двух сосредоточенных сил $F_1$=100 кН и $F_2$=150 кН (рис. 1.9, *а*). Определить напряжения, возникающие в различных сечениях стержня, и проверить его прочность, если допускаемое напряжение $\sigma_{adm}$=140 МПа. Площадь поперечного сечения $A$ = 10 см$^2$, $l_1$ = 200 мм и $l_2$ = 600 мм.

*Решение.*

Обозначим реакции в заделках стержня через $R_A$ и $R_B$. На стержень действует система сил, направленных вдоль одной прямой. Для такой системы статика дает одно уравнение равновесия

$$\sum Y = 0; \quad R_A - F_1 - F_2 + R_B = 0,$$

откуда $R_A + R_B = F_1 + F_2$. (1.24)

Для составления уравнения совместности деформаций мысленно отбросим нижнюю заделку и заменим ее действие на стержень реакцией $R_B$, т. е. приложим к сечению $B$ (к нижнему торцовому сечению) такую силу, которая оказывает на стержень воздействие, полностью аналогичное воздействию заделки. Таким образом, изображенная система эквивалентна заданной системе и, поскольку в заданной системе перемещение сечения $B$ равно нулю, то и для второй системы (рис.1.9, *б*) должно соблюдаться то же условие

$$\delta_B = 0. \qquad (1.25)$$

Для определения вида левой части записанного равенства используем принцип независимости действия сил, т. е. вычислим перемещение сечения $B$ как сумму перемещений, вызванных каждой силой $F_1$, $F_2$ и $R_B$ в отдельности

$$\delta_B = \delta_{F_1} + \delta_{F_2} + \delta_{R_B}.$$

Под действием одной лишь силы $F_1$ деформируется только верхняя часть стержня, нижняя и средняя части перемещаются как твердое тело. Таким образом, перемещение сечения $B$, вызванное силой $F_1$, равно удлинению верхней части стержня

$$\delta_{F_1} = \frac{F_1 l_1}{EA}.$$

Аналогично установим, что перемещение сечения $B$ от действия силы $F_2$, равно удлинению верней и средней частей

$$\delta_{F_2} = \frac{F_2 l_2}{EA}.$$

Наконец, перемещение сечения $B$ от действия силы $R_B$ равно укорочению всего стержня

$$\delta_{R_B} = \frac{R_B l}{EA}.$$

Суммируя полученные величины и приравнивая сумму нулю согласно равенству (1.25), получим уравнение совместности деформаций,

$$\frac{F_1 l_1}{EA} + \frac{F_2 l_2}{EA} - \frac{R_B l}{EA} = 0,$$

откуда $R_B = \dfrac{F_1 l_1 + F_2 l_2}{l} = \dfrac{100 \cdot 0,2 + 150 \cdot 0,6}{0,8} = 137,5$ кН.

Подставив значение реакции $R_B$ в уравнение равновесия (1.24), определим значение реакции в точке $A$:

$$R_A = F_1 + F_2 - R_B = F_1 + F_2 - \frac{F_1 l_1 + F_2 l_2}{l} = \frac{(F_1 + F_2) l - (F_1 l_1 + F_2 l_2)}{l} =$$

$$= \frac{(100 + 150) \cdot 0,8 - (100 \cdot 0,2 + 150 \cdot 0,6)}{0,8} = 112,5 \text{ кН}.$$

На рис. 1.9, *в* приведена эпюра продольных сил, в соответствии с которой определяем напряжения на различных участках стержня.

В поперечных сечениях верхней части стержня

$$\sigma^{(1)} = \frac{N_1}{A} = \frac{112,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 112,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 112,5 \text{ МПа};$$

в поперечных сечениях средней части

$$\sigma^{(2)} = \frac{N_2}{A} = \frac{12,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 12,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 12,5 \text{ МПа},$$

а в нижней части

$$\sigma^{(3)} = \frac{N_3}{A} = -\frac{137,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -137,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = -137,5 \text{ МПа}.$$

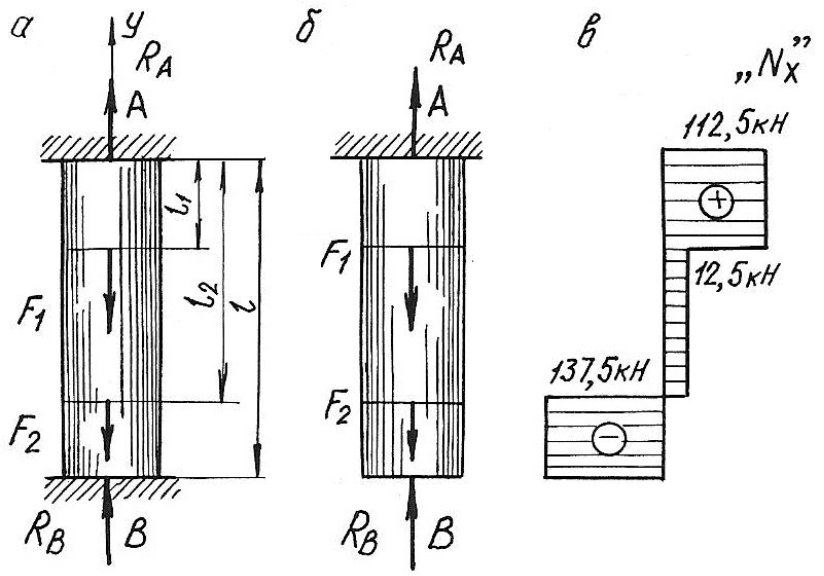



Рис. 1.9.

Наиболее напряженными, как видно из расчетов, являются поперечные сечения нижней части стержня. Это напряжение используем для проверки стержня на прочность:

$$\left|\sigma^{(3)}\right| = 137{,}5 \text{ МПа} < \sigma_{adm} = 140 \text{ МПа},$$

т. е. условие прочности выполняется.

**Пример 1.7.** Температурная задача

Определить допускаемое повышение температуры составного стержня (рис. 1.10.) из условия, чтобы напряжения сжатия не превышали в стальной части $\sigma_c = 120$ МПа, в медной $\sigma_м = 60$ МПа и в алюминиевой $\sigma_a = 70$ МПа. (линейные размеры на рисунке приведены в мм).

*Решение.*

Площади поперечных сечений ступеней стержня

$$A_м = \frac{\pi(50\cdot10^{-3})^2}{4} = 1963\cdot10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$A_a = \frac{\pi(40\cdot10^{-3})^2}{4} = 1257\cdot10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$A_c = \frac{\pi(30\cdot10^{-3})^2}{4} = 707\cdot10^{-6} \text{ м}^2.$$

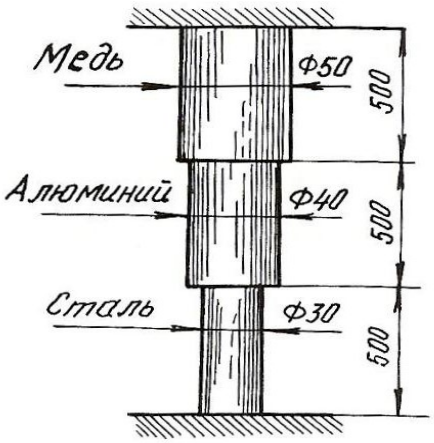



Рис. 1.10.

Продольные силы, при которых напряжения в ступенях будут равны заданным величинам, должны быть следующими:

$$N_{\text{м}} = A_{\text{м}} \cdot \sigma_{\text{м}} = 1963 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 10^{6} = 118000 \text{ Н} = 118 \text{ кН};$$

$$N_{\text{а}} = A_{\text{а}} \cdot \sigma_{\text{а}} = 1257 \cdot 10^{-6} \cdot 70 \cdot 10^{6} = 88000 \text{ Н} = 88 \text{ кН};$$

$$N_{\text{с}} = A_{\text{с}} \cdot \sigma_{\text{с}} = 707 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \cdot 10^{6} = 84800 \text{ Н} = 84{,}8 \text{ кН}.$$

Величина продольной силы не одинакова для всего стержня, следовательно, в качестве допускаемой продольной силы должно быть принято меньшее из трех полученных значений, а именно $N = N_{\text{с}} = 84{,}8$ кН.

Длина стержня в результате защемления обоих концов остается при изменении температуры неизменной. Следовательно, удлинение стержня в результате повышения температуры должно равняться полученному упругому укорочению

$$\Delta l_t = \Delta l = l_{\text{м}} \alpha_{\text{м}} \Delta t + l_{\text{а}} \alpha_{\text{а}} \Delta t + l_{\text{с}} \alpha_{\text{с}} \Delta t = l(\alpha_{\text{м}} + \alpha_{\text{а}} + \alpha_{\text{с}}) \Delta t,$$

где $\alpha_{\text{м}}$, $\alpha_{\text{а}}$, $\alpha_{\text{с}}$ – соответствующие коэффициенты теплового линейного расширения.

$$\Delta l = \Delta l_{\text{м}} = \Delta l_{\text{а}} = \Delta l_{\text{с}} = \frac{N l_{\text{м}}}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \frac{N l_{\text{а}}}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \frac{N l_{\text{с}}}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}} = Nl\left(\frac{1}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \frac{1}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \frac{1}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}}\right);$$

$$l(\alpha_{\text{м}} + \alpha_{\text{а}} + \alpha_{\text{с}}) \Delta t = Nl\left(\frac{1}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \frac{1}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \frac{1}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}}\right),$$

откуда $\Delta t = \dfrac{N\left(\dfrac{1}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \dfrac{1}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \dfrac{1}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}}\right)}{\alpha_{\text{м}} + \alpha_{\text{а}} + \alpha_{\text{с}}}.$

Подставим численные значения величин и произведем вычисления

$$\Delta t = \frac{84800\left[\dfrac{1}{1 \cdot 10^{11} \cdot 1963 \cdot 10^{-6}} + \dfrac{1}{0{,}7 \cdot 10^{11} \cdot 1257 \cdot 10^{-6}} + \dfrac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 707 \cdot 10^{-6}}\right]}{16{,}5 \cdot 10^{-6} + 25 \cdot 10^{-6} + 12{,}5 \cdot 10^{-6}} = 36^{\circ}.$$

Далее определим напряжения в поперечных сечениях стержня при повышении температуры на $36^{\circ}$

$$\sigma_{\text{м}} = -\frac{N}{A_{\text{м}}} = -\frac{84800}{1963 \cdot 10^{-6}} = -43 \cdot 10^{6} \text{ Па} = -43 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{а}} = -\frac{N}{A_{\text{а}}} = -\frac{84800}{1257 \cdot 10^{-6}} = -67{,}5 \cdot 10^{6} \text{ Па} = -67{,}5 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{с}} = -120 \text{ МПа}.$$

## 1.4. Задания для расчетов стержней с учетом собственного веса

Для стального бруса с учетом собственного веса и при продольной нагрузке $F$ (табл. 1.1.) требуется по указанной схеме (табл. 1.2.):

1. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса.

2. Найти полное удлинение (укорочение) бруса для геометрических размеров, приведенных в табл. 1.1. Плотность стали $\rho$=7850 кг/см$^3$; ускорение силы тяжести $g$ = 9,81 м/с$^2$, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

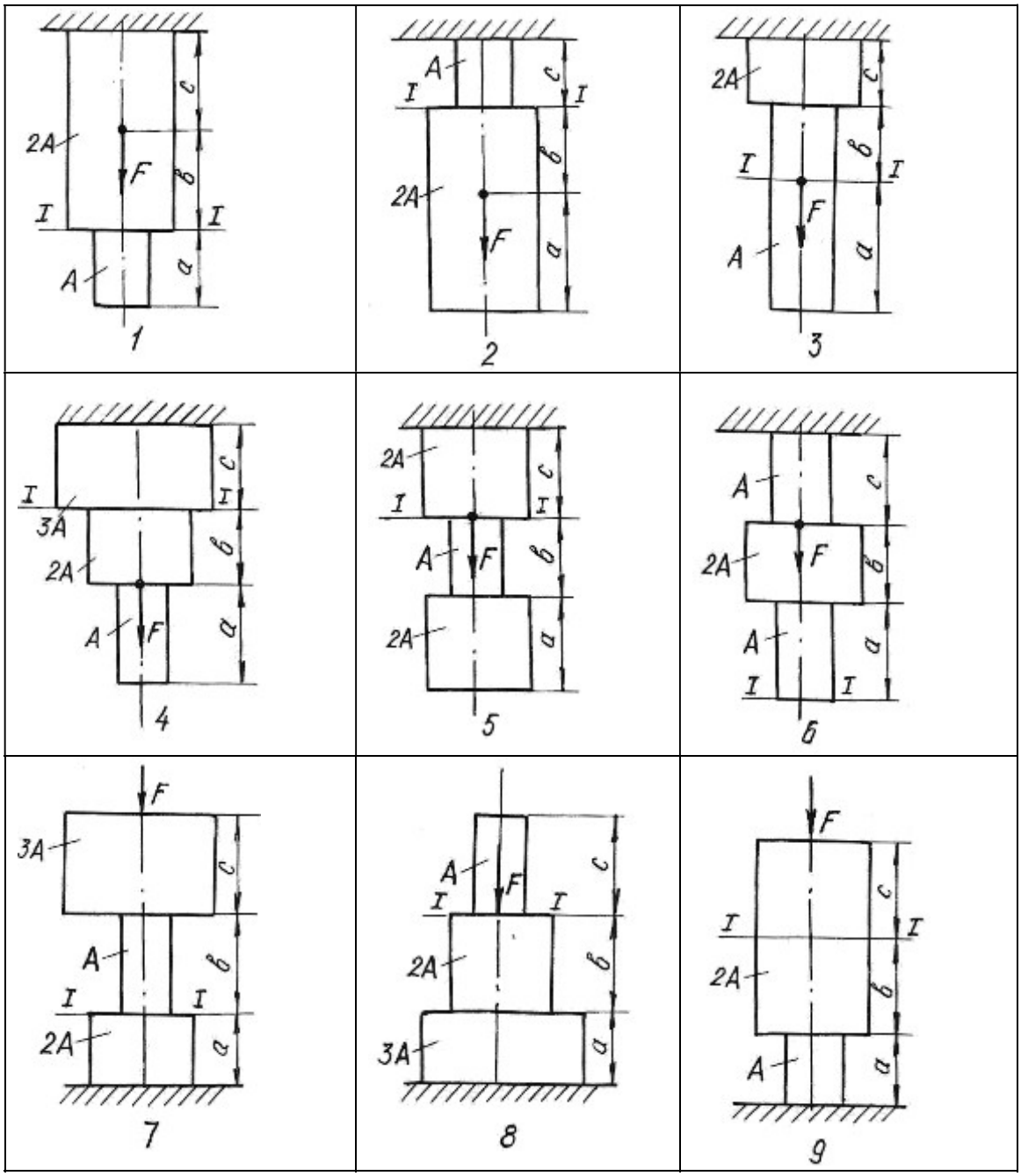
3. Определить перемещение сечений I-I.

Таблица 1.1

| Номер варианта | $a$, м | $b$, м | $c$, м | $F$, кН | $A$, см² |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 30 | 20 |
| 2 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 40 | 30 |
| 3 | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 50 | 40 |
| 4 | 2,0 | 1,0 | 1,5 | 60 | 18 |
| 5 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 20 | 24 |
| 6 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 40 | 28 |
| 7 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 50 | 30 |
| 8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 50 | 32 |
| 9 | 1,5 | 1,0 | 1,5 | 60 | 12 |
| 10 | 2,0 | 1,0 | 1,5 | 70 | 14 |
| 11 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 20 | 15 |
| 12 | 2,0 | 2,0 | 1,0 | 40 | 18 |
| 13 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 30 | 20 |
| 14 | 1,4 | 1,0 | 1,0 | 40 | 24 |
| 15 | 1,0 | 3,0 | 1,0 | 50 | 28 |
| 16 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 40 | 30 |
| 17 | 1,2 | 1,0 | 2,4 | 70 | 32 |
| 18 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 60 | 20 |
| 19 | 2,6 | 1,0 | 1,7 | 60 | 18 |
| 20 | 2,0 | 1,0 | 1,5 | 50 | 22 |
| 21 | 1,5 | 1,8 | 1,4 | 40 | 15 |
| 22 | 2,0 | 1,0 | 1,4 | 30 | 16 |
| 23 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 20 | 20 |
| 24 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 10 | 16 |
| 25 | 1,4 | 2,0 | 1,0 | 40 | 18 |

Таблица 1.2

**Расчетные схемы бруса**



## 1.5. Задания для определения напряжений при плоском напряженном состоянии

Стальной кубик находится под действием сил, создающих плоское напряженное состояние (рис. 1.11.). Показать на рисунке элемент и направления напряжений в соответствии с вариантом задания.

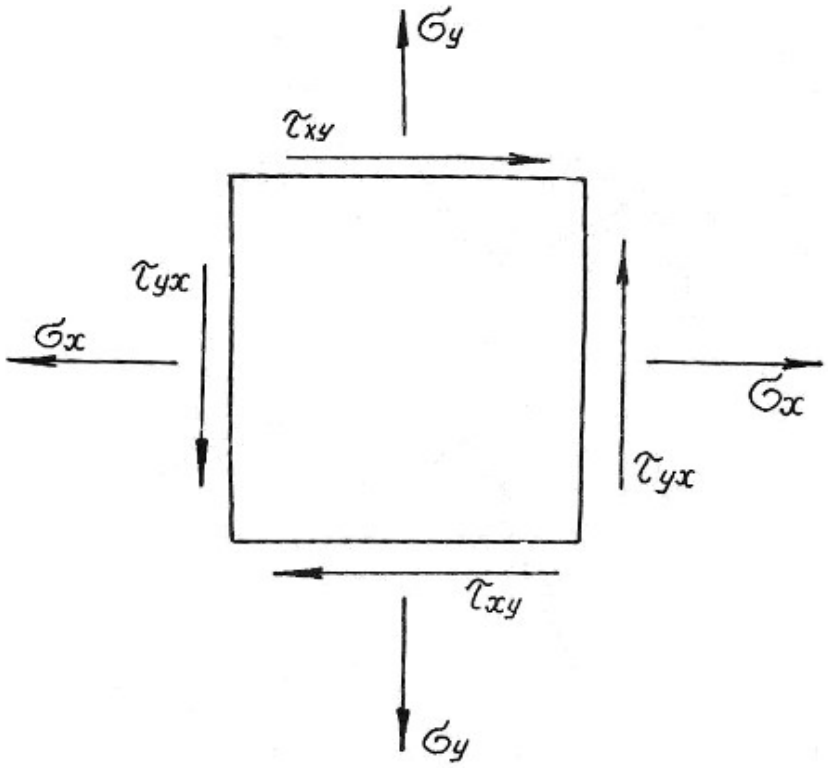



Рис. 1.11.

Требуется найти:

1. Главные напряжения и положение главных площадок.
2. Максимальные касательные напряжения.
3. Определить аналитически величины нормальных $\sigma_\alpha$ и касательных напряжений $\tau_\alpha$, действующих на площадках, нормаль к которым составляет угол $\alpha$ с горизонтальной осью $x$.

Данные приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

| Номер варианта | $\sigma_x$ , МПа | $\sigma_y$ , МПа | $\tau_{xy}$ , МПа | $\alpha$, град |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 40,0 | -20,0 | -10,0 | 30 |
| 2 | 12,0 | 10,0 | -80,0 | -45 |
| 3 | -10,0 | -14,0 | -12,0 | 15 |
| 4 | 15,0 | 12,0 | 90,0 | 30 |
| 5 | 20,0 | -40,0 | 80,0 | 15 |
| 6 | -12,0 | 10,0 | -80,0 | 45 |
| 7 | 20,0 | -2,0 | 10,0 | -30 |
| 8 | 80,0 | 10,0 | -60,0 | 45 |
| 9 | 12,0 | 14,0 | 10,0 | 30 |
| 10 | -14,0 | -10,0 | 50,0 | 15 |
| 11 | 20,0 | 10,0 | -80,0 | -45 |
| 12 | 30,0 | -50,0 | -10,0 | 60 |
| 13 | -25,0 | 10,0 | 50,0 | 15 |
| 14 | 16,0 | 80,0 | 10,0 | 30 |
| 15 | 18,0 | -10,0 | 10,0 | -30 |
| 16 | 22,0 | 12,0 | -90,0 | 45 |
| 17 | -16,0 | -12,0 | 10,0 | 20 |
| 18 | 10,0 | 80,0 | -60,0 | -20 |
| 19 | 25,0 | -25,0 | 10,0 | 30 |
| 20 | -10,0 | 10,0 | 60,0 | 60 |
| 21 | 12,0 | 10,0 | -60,0 | 20 |
| 22 | 18,0 | -10,0 | -12,0 | 45 |
| 23 | -40,0 | 30,0 | 20,0 | 30 |
| 24 | 50,0 | -60,0 | 10,0 | -30 |
| 25 | 45,0 | 35,0 | 15,0 | -45 |

## 1.6. Задания для расчета статически неопределимых стержневых систем

Для статически неопределимой системы, состоящей из жесткой невесомой балки и стальных стержней 1 и 2, соединенных с ней шарнирно (табл.1.4), требуется:

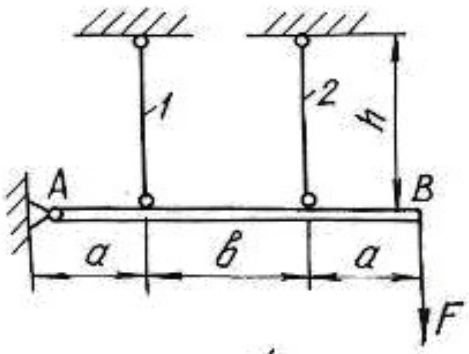
1. Определить усилия, возникающие в стержнях от действия нагрузки $F$;
2. Подобрать сечение стержней из двух равнобоких уголков каждое по ГОСТ 8509-93 (см. табл. П. 3).
3. Определить дополнительные усилия в стержнях конструкции, если стержень 2 изготовлен короче проектного размера на $\Delta = 5 \cdot 10^{-3}$ м.

При расчетах принять $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma_{adm}$=160 МПа, остальные данные приведены в табл. 1.4. Расчетные схемы приведены в табл. 1.5.

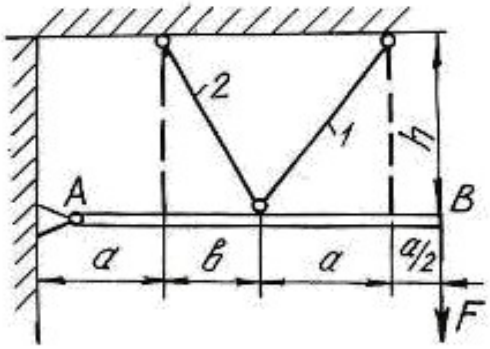
Таблица 1.4

| Номер варианта | $a$, м | $b$, м | $h$, м | $A_2 : A_1$ | $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 1,4 | 1,8 | 2,0 | 80 |
| 2 | 2,2 | 1,6 | 2,0 | 1,5 | 120 |
| 3 | 2,6 | 1,8 | 2,2 | 1,2 | 150 |
| 4 | 2,5 | 1,1 | 1,5 | 1,0 | 180 |
| 5 | 1,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 100 |
| 6 | 2,0 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 240 |
| 7 | 2,4 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 140 |
| 8 | 2,8 | 1,6 | 2, | 2,0 | 120 |
| 9 | 1,6 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 100 |
| 10 | 2,4 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 180 |
| 11 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 1,5 | 260 |
| 12 | 2,4 | 1,8 | 2,2 | 2,0 | 320 |
| 13 | 1,8 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 400 |
| 14 | 2,0 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 360 |
| 15 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 1,5 | 400 |
| 16 | 1,0 | 0,9 | 1,5 | 1,1 | 340 |
| 17 | 1,1 | 1,3 | 1,8 | 1,8 | 250 |
| 18 | 1,5 | 1,2 | 2,0 | 2,0 | 120 |
| 19 | 0,9 | 0,6 | 3,0 | 1,4 | 170 |
| 20 | 0,8 | 0,7 | 2,3 | 1,6 | 210 |
| 21 | 1,2 | 1,7 | 1,3 | 1,3 | 200 |
| 22 | 1,3 | 1,4 | 0,8 | 1,7 | 90 |
| 23 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 0,9 | 110 |
| 24 | 2,0 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | 130 |
| 25 | 1,5 | 1,6 | 0,8 | 0,7 | 280 |

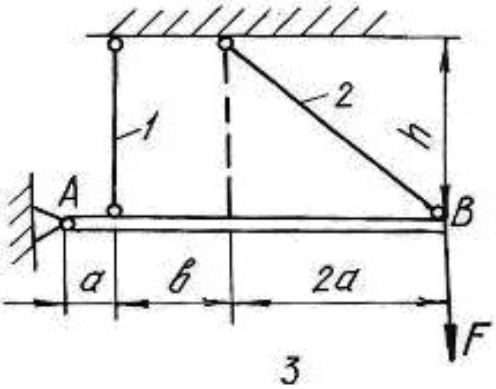
Таблица 1.5



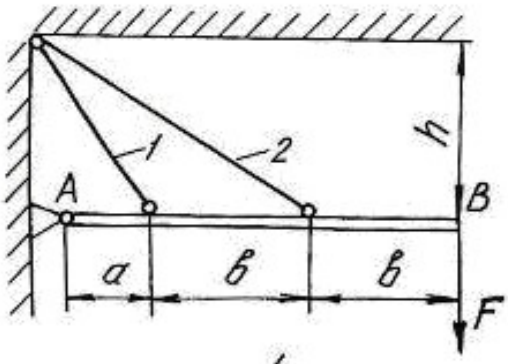

1



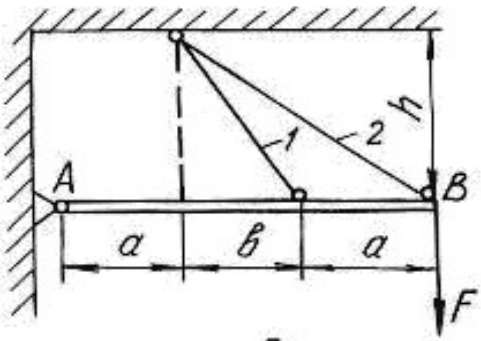

2



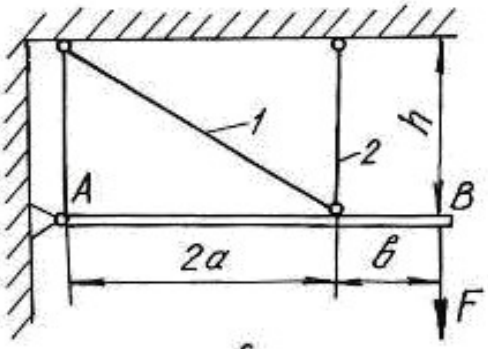

3



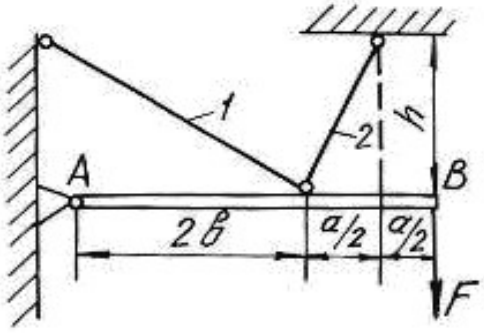

4



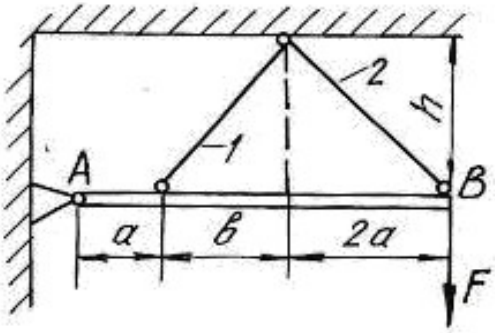

5



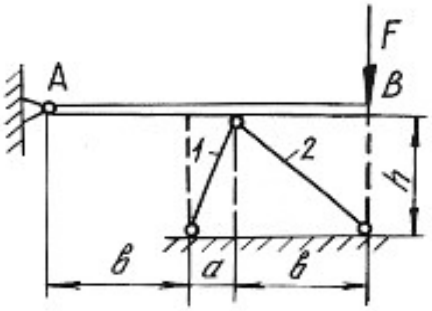

6



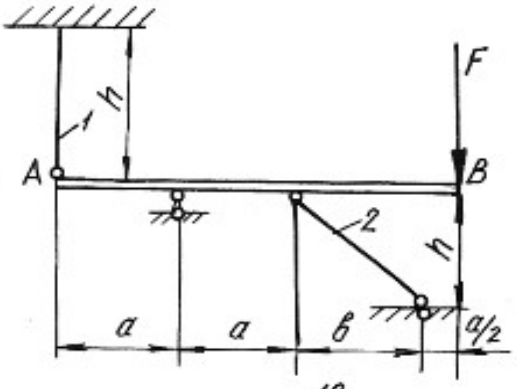

7



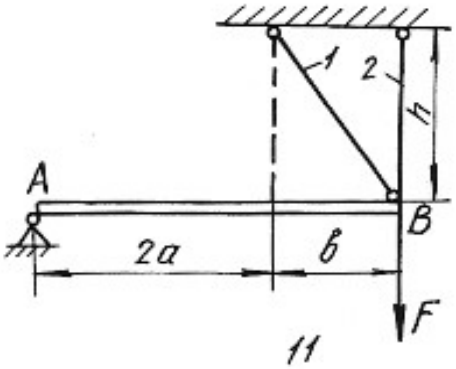

8



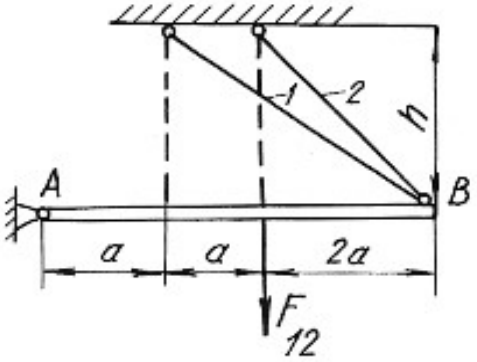

9



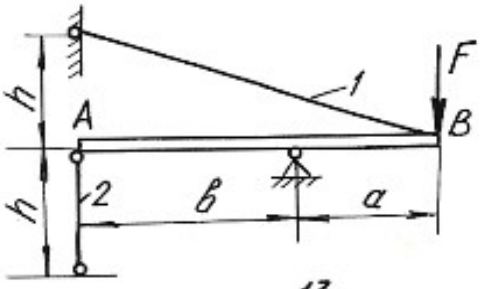

10



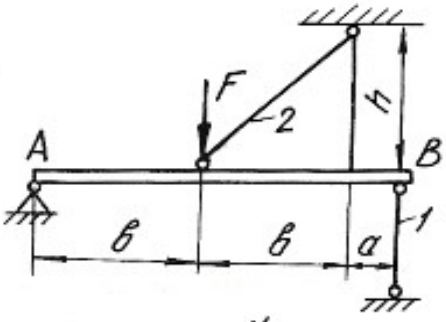

11



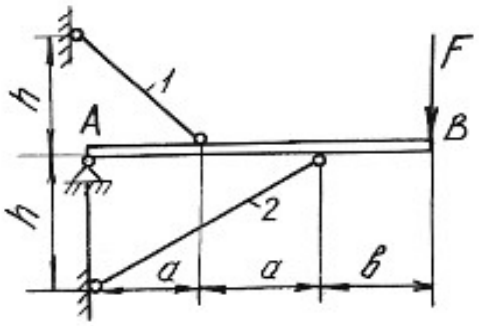

12



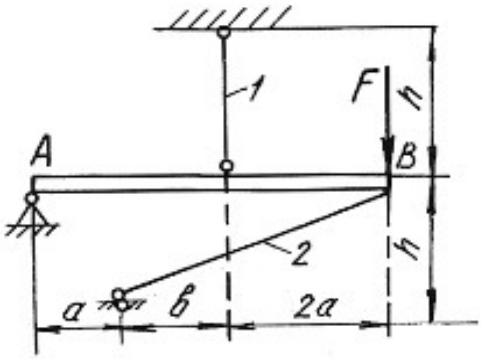

13




14




15




16

# Глава 2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ

Моментами инерции являются геометрические характеристики, отражающие заполнение веществом плоского поперечного сечения балки. Значения моментов инерции для стандартных поперечных сечений можно найти в любой литературе, список которой приведен в конце настоящего пособия. Моменты инерции относительно собственных осей простых фигур определяются по известным формулам.

Для прямоугольника

$$J_x = \frac{bh^3}{12}; \qquad J_y = \frac{hb^3}{12}; \qquad J_{xy} = 0, \tag{2.1}$$

где $x, y$ – горизонтальная и вертикальная оси, проходящие через центр тяжести прямоугольника; $b$ – ширина; $h$ – высота прямоугольника.

Для круга

$$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64}; \qquad J_{xy} = 0. \tag{2.2}$$

Для треугольника

$$J_x = \frac{bh^3}{36}; \qquad J_y = \frac{hb^3}{36}; \qquad J_{xy} = \pm\frac{b^2h^2}{72}. \tag{2.3}$$

При этом знак центробежного момента определяется следующим образом. Треугольник вычерчивается в масштабе, через его центр проводятся оси, которые делят треугольник на четыре четверти. В первой и третьей четвертях площадь положительна, в остальных – отрицательна. Если суммарная положительная площадь будет по размеру больше отрицательной, то знак центробежного момента будет тоже положительный и наоборот.

Осевые моменты инерции прокатных профилей выписываются из таблицы (сортамента проката) в соответствии с номером профиля. Для равнополочных уголков центробежный момент относительно горизонтальной и вертикальной осей определяется по формуле:

$$J_{xy} = \left(J_{x_0} - J_{y_0}\right)\frac{\sin 2\alpha}{2} + J_{x_0y_0}\cos 2\alpha, \tag{2.4}$$

где $x_0, y_0$ – оси, проходящие через центр тяжести уголка под углом $45^\circ$ к горизонтальной и вертикальной осям уголка.

При этом нужно помнить, что угол поворота осей *xy* относительно осей $x_0y_0$ будет отрицательным. Если уголок неравнополочный, то его условно разбивают на два прямоугольника, находят их центры тяжести, и центробежный

момент относительно собственных осей всего уголка определяют по формуле центробежных моментов инерции относительно параллельных осей.

Для составного сечения необходимо определять положение центра тяжести, разбив его на простейшие части (прямоугольник, круг, треугольник, двутавр, швеллер, уголок). Формулы для определения центра тяжести имеют вид:

$$x_c = \frac{\sum S_{x_{\text{вр}}}}{\sum A} = \frac{\left(A_1 x_1 + A_2 x_2 + \ldots, + A_n x_n\right)}{\left(A_1 + A_2 + \ldots, + A_n\right)};$$
$$y_c = \frac{\sum S_{y_{\text{вр}}}}{\sum A} = \frac{\left(A_1 y_1 + A_2 y_2 + \ldots, + A_n y_n\right)}{\left(A_1 + A_2 + \ldots, + A_n\right)}, \qquad (2.5)$$

где $S_{y_{\text{вр}}}, S_{x_{\text{вр}}}$ – статические моменты площадей простых фигур относительно временных осей; $A_1$, $A_2$,…, $A_n$ – площади простых фигур; $x_n, y_n$ – координаты центров тяжести простых фигур во временных осях.

Главными моментами инерции плоской фигуры (сечения) называют моменты инерции, определяемые относительно главных центральных осей сечения. Такие оси должны отвечать следующим требованиям:

1) они проходят через центр тяжести сечения;

2) относительно этих осей наблюдаются экстремальные значения моментов инерции (главные моменты инерции);

3) центробежный момент инерции относительно главных осей равен нулю.

В формулы напряжений, содержащие моменты инерции, необходимо всегда подставлять значения главных моментов инерции. Определение главных моментов инерции проводится в следующем порядке.

1. Заданное поперечное сечение сложной конфигурации вычерчивается в выбранном масштабе с указанием всех размеров.

2. Сечение условно разбивается на простейшие фигуры (прямоугольник, круг, треугольник, двутавр, швеллер, уголок).

3. Определяется положение центра тяжести площадки каждой простой фигуры и из этих центров проводятся собственные оси координат.

4. Для всей фигуры сечения проводятся временные (вспомогательные) оси координат $(x_{\text{вр}}, y_{\text{вр}})$ параллельно собственным осям отдельных фигур (желательно, чтобы временные оси проходили через центры тяжести простых фигур, что ведет к уменьшению объема вычислений).

5. Определяются координаты центра тяжести площади всего сечения по формулам (2.5).

6. Центр тяжести сечения наносится на чертеж, и из него проводятся опорные оси координат $(x_c, y_c)$ параллельно временным осям.

7. Определяются осевые и центробежные моменты инерции сечения относительно опорных осей. При этом используют формулы для определения моментов инерции относительно параллельных осей:

$$J_{x_c} = \left(J_{x_1} + A_1 a_1^2\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_2} + A_2 a_2^2\right)^{\text{II}} + \ldots + \left(J_{x_n} + A_n a_n^2\right)^{n};$$

$$J_{y_c} = \left(J_{y_1} + A_1 b_1^2\right)^{\text{I}} + \left(J_{y_2} + A_2 b_2^2\right)^{\text{II}} + \ldots + \left(J_{y_n} + A_n b_n^2\right)^{n}; \qquad (2.6)$$

$$J_{x_c y_c} = \left(J_{x_1 y_1} + A_1 a_1 b_1\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_2 y_2} + A_2 a_2 b_2\right)^{\text{II}} + \ldots + \left(J_{x_n y_n} + A_n a_n b_n\right)^{n},$$

где $J_{x_1}, J_{x_2}, \ldots, J_{x_n}$ и $J_{y_1}, J_{y_2}, \ldots, J_{y_n}$ – моменты инерции простых фигур относительно собственных осей; $J_{x_1 y_1}, J_{x_2 y_2}, \ldots, J_{x_n y_n}$ – центробежные моменты инерции простых фигур относительно собственных осей; $a_1, a_2, \ldots, a_n$ – расстояния между собственными осями $x_1, x_2 \ldots, x_n$ простых фигур и центральной осью $x_c$; $b_1, b_2 \ldots, b_n$ – расстояния между собственными осями $y_1, y_2 \ldots, y_n$ простых фигур и центральной осью $y_c$ (с учетом знаков).

8. Определяется положение главных осей инерции по формуле:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2 \cdot J_{x_c y_c}}{J_{y_c} - J_{x_c}}. \qquad (2.7)$$

Положительным считается угол $\alpha_0$, откладываемый против хода часовой стрелки.

9. Проводятся главные оси на чертеже под углом $\alpha_0$ по отношению к центральным осям.

10. Определяются главные моменты инерции по формулам:

$$\begin{aligned} J_{x_0} &= J_{x_c} \cos^2 \alpha_0 + J_{y_c} \sin^2 \alpha_0 - J_{x_c y_c} \sin 2\alpha_0; \\ J_{y_0} &= J_{x_c} \sin^2 \alpha_0 + J_{y_c} \cos^2 \alpha_0 + J_{x_c y_c} \sin 2\alpha_0 \end{aligned} \qquad (2.8)$$

или

$$J_{\max/\min} = \frac{J_{x_c} + J_{y_c}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(J_{x_c} - J_{y_c}\right)^2 + 4 \cdot J_{x_c y_c}^2}. \qquad (2.9)$$

11. Проводится проверка правильности решения задачи в двух вариантах:

а) суммы главных моментов инерции и моментов инерции относительно центральных осей должны быть равны

$$J_{x_0} + J_{y_0} = \left(J_{x_c} + J_{y_c}\right) \pm 5\ \%; \qquad (2.10)$$

б) центробежный момент инерции относительно главных осей должен быть равен нулю

$$J_{x_0y_0} = \frac{J_{x_c} - J_{y_c}}{2}\sin 2\alpha_0 + J_{x_cy_c}\cos 2\alpha_0 = 0\,. \qquad (2.11)$$

**Пример 2.1.**

Для заданного поперечного сечения, состоящего из швеллера и равнополочного уголка (рис. 2.1), требуется:

1) определить положение центра тяжести;

2) найти осевые и центробежный моменты инерции относительно осей, проходящих через центр тяжести;

3) определить направления главных центральных осей $x_0$ и $y_0$;

4) найти моменты инерции относительно главных центральных осей;

5) вычертить сечение в масштабе 1:2 и указать на нем все размеры в числах и все оси.

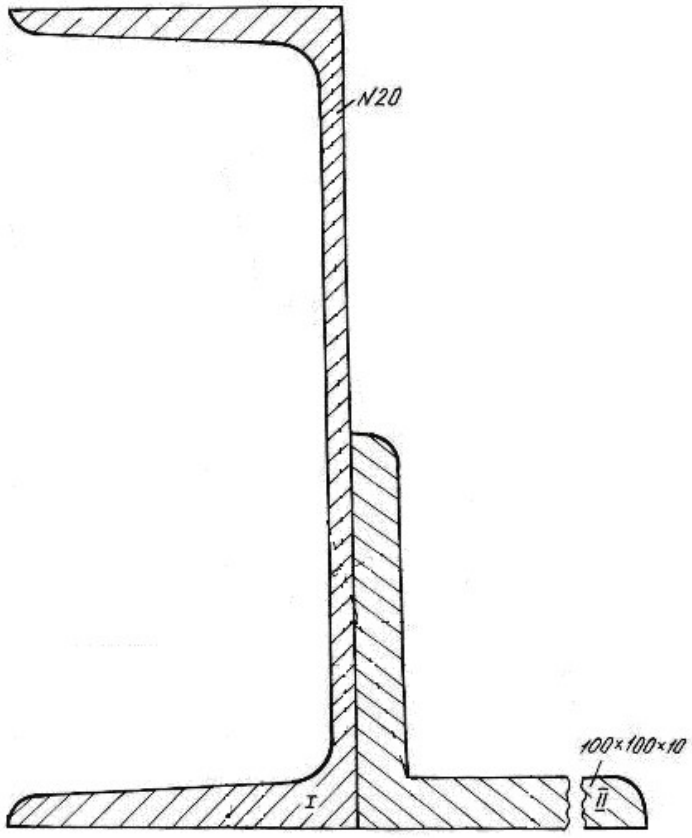



Рис. 2.1.

*Решение.*

1. Проводим временные оси $x_{вр}$ и $y_{вр}$ через левый нижний угол сечения (рис. 2.2) и разбиваем сечение на две фигуры: швеллер I и уголок II.

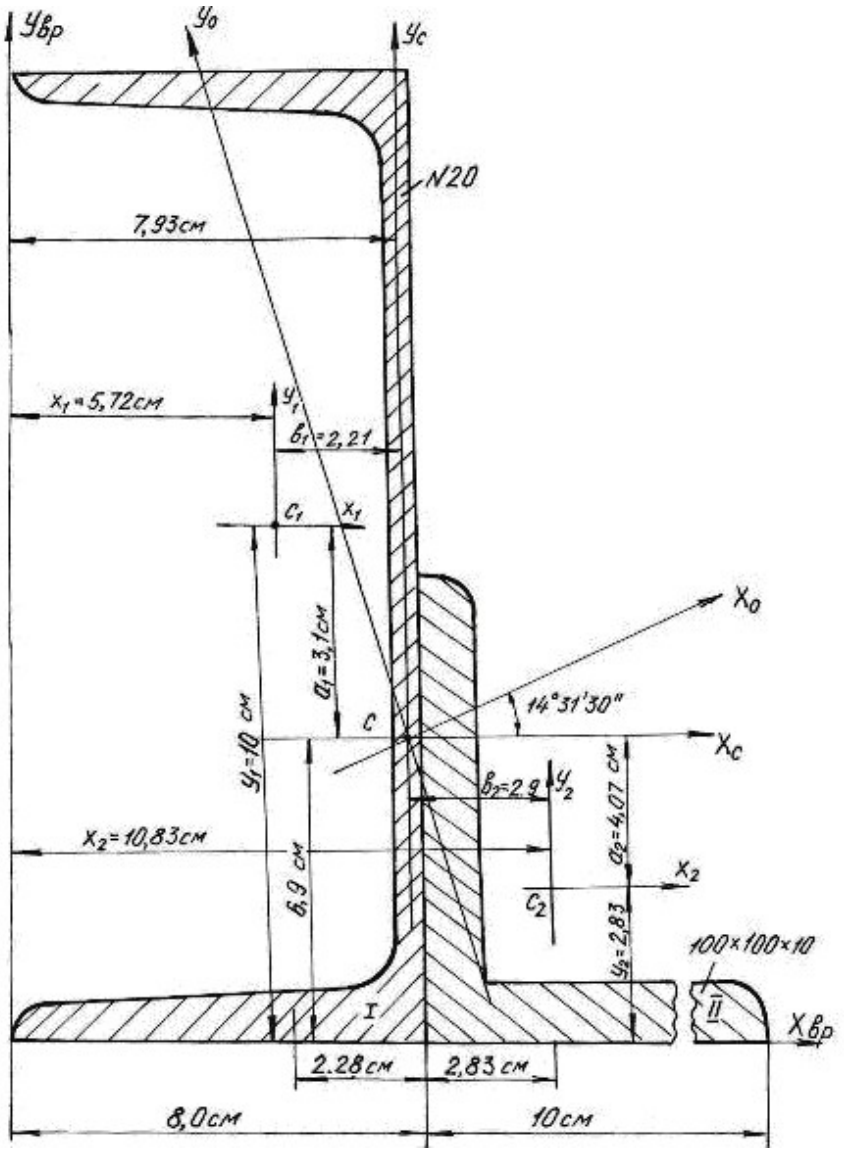



Рис. 2.2.

Основные данные фигур выписываем из таблиц сортамента проката.

Швеллер № 20а: $A_1 = 25{,}2$ см$^2$, $Z_0 = 2{,}28$ см, $J_{x_1} = 1670$ см$^4$, $J_{y_1} = 139$ см$^4$.

Уголок 100×100×10 мм: $A_2 = 19{,}2$ см$^2$, $Z_0 = 2{,}83$ см, $J_{x_0} = 284$ см$^4$, $J_{y_0} = 74{,}1$ см$^4$, $J_{x_2} = J_{y_2} = 179$ см$^4$ (рис. 2.3).

Координаты центра тяжести сечения

$$x_c = \frac{(A_1 x_1 + A_2 x_2)}{(A_1 + A_2)} = \frac{25{,}2 \cdot 5{,}72 + 19{,}2 \cdot 10{,}83}{25{,}2 + 19{,}2} = 7{,}93 \text{ см};$$

$$y_c = \frac{\left(A_1 y_1 + A_2 y_2\right)}{\left(A_1 + A_2\right)} = \frac{25{,}2 \cdot 10 + 19{,}2 \cdot 2{,}83}{25{,}2 + 19{,}2} = 6{,}9 \text{ см};$$

где $A_1$, $A_2$ – площади поперечного сечения первой и второй фигур; $x_1$, $x_2$, $y_1$, $y_2$ – координаты центров тяжести фигур относительно временных осей.

По значениям координат центра тяжести фигуры наносим точку $C$ (см. рис. 2.2.) и проводим центральные оси $x_c$ и $y_c$ параллельно временным осям.

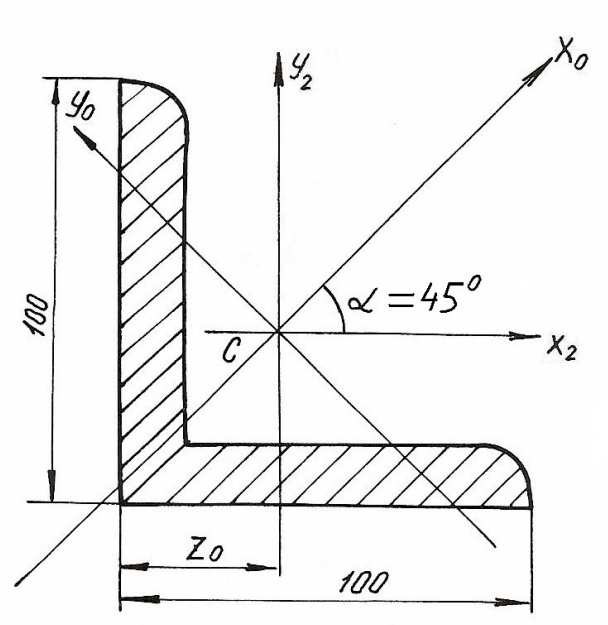



Рис. 2.3.

2. Вычисляем осевые моменты инерции относительно центральных опорных осей

$$J_{x_C} = \left(J_{x_C}\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_C}\right)^{\text{II}} = \left(J_{x_1} + A_1 a_1^2\right) + \left(J_{x_2} + A_2 a_2^2\right) =$$

$$= \left[1670 + 25{,}2\left(3{,}1\right)^2\right] + \left[179 + 19{,}2\left(-4{,}07\right)^2\right] = 2409 \text{ см}^4;$$

$$J_{y_C} = \left(J_{y_C}\right)^{\text{I}} + \left(J_{y_C}\right)^{\text{II}} = \left(J_{y_1} + A_1 b_1^2\right) + \left(J_{y_2} + A_2 b_2^2\right) =$$

$$= \left[139 + 25{,}2\left(\text{-}2{,}21\right)^2\right] + \left[179 + 19{,}2\left(2{,}9\right)^2\right] = 603 \text{ см}^4.$$

3. Вычисляем центробежный момент инерции сечения относительно осей $x_c$ и $y_c$. Центробежный момент швеллера относительно собственных осей равен 0, так как его оси проходят через центр тяжести и одна из них является осью симметрии.

Для уголка собственные центральные оси, т. е. оси $x_2$ и $y_2$ не являются главными, поэтому центробежный момент уголка в этой системе координат не равен 0. Вычислим его.

Из таблиц сортамента

$$J_{x_0} = 284 \text{ см}^4; \quad J_{y_0} = 74{,}1 \text{ см}^4;$$

$$J_{x_2y_2} = \frac{\left(J_{x_0} - J_{y_0}\right)}{2}\sin 2\alpha + J_{x_0y_0}\cos 2\alpha = \frac{284 - 74{,}1}{2}(-1) + 0 = -104{,}95 \text{ см}^4.$$

Угол $\alpha$ отрицателен, так как поворот осей $x_0$, $y_0$ направлен по ходу часовой стрелки.

$$J_{x_cy_c} = \left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{II}} = (J_{x_1y_1} + A_1a_1b_1) + (J_{x_2y_2} + A_2a_2b_2) =$$

$$= [0 + 25{,}2(3{,}1)(-2{,}21)] + [-104{,}95 + 19{,}2(-4{,}07)(2{,}90)] =$$

$$= -172{,}0 - 104{,}95 - 225 = -501{,}95 \text{ см}^4.$$

Угол поворота главных осей инерции

$$\text{tg}2\alpha_0 = \frac{2J_{x_cy_c}}{\left(J_{y_c} - J_{x_c}\right)} = \frac{2(-501{,}95)}{(603 - 2409)} = 0{,}555, \quad 2\alpha_0 = 29^{\text{o}}03', \quad \alpha_0 = 14^{\text{o}}31'30''.$$

4. Откладываем полученный угол против хода часовой стрелки от центральных осей $x_c$, $y_c$ и проводим главные оси инерции $x_0$, $y_0$ (см. рис. 2.2).

5. Определяем главные моменты инерции

$$J_{x_0} = J_{x_c}\cos^2\alpha_0 + J_{y_c}\sin^2\alpha_0 - J_{x_cy_c}\sin 2\alpha_0 = 2536 \text{ см}^4;$$

$$J_{y_0} = J_{x_c}\sin^2\alpha_0 + J_{y_c}\cos^2\alpha_0 + J_{x_cy_c}\sin 2\alpha_0 = 476 \text{ см}^4.$$

Так как $J_{x_c} > J_{y_c}$, то $J_{\max}$ будет относительно оси $x_0$, а $J_{\min}$ будет относительно оси $y_0$.

*Проверка.*

а) Согласно формуле (2.10)

$$J_{x_c} + J_{y_c} = \left(J_{x_0} + J_{y_0}\right) \pm 5\ \%;$$

$$(2409 + 603)\cdot 10^{-8} = (2536 + 476)\cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$3012\cdot 10^{-8} \text{ см}^4 = 3012\cdot 10^{-8} \text{ см}^4.$$

б) Согласно формуле (2.11)

$$J_{x_0y_0} = \frac{\left(J_{x_c} - J_{y_c}\right)}{2}\sin 2\alpha_0 + J_{x_cy_c}\cos 2\alpha_0 = 0;$$

$$J_{x_0y_0} = \frac{(2409-603)}{2}\sin 2\left(14^\circ 31' 30''\right) - 501{,}95 \cdot \cos 2\left(14^\circ 31' 30''\right) = 0;$$
$$J_{x_0y_0} = 438 - 438 = 0.$$

Проверка показывает, что главные моменты инерции определены правильно.

6. Вычерчиваем поперечное сечение в масштабе 1:2 с указанием всех осей и размеров.

**Пример 2.2.**

Для заданного поперечного сечения (рис. 2.4) определить положение центра тяжести, найти положение главных осей инерции и значения главных моментов инерции.

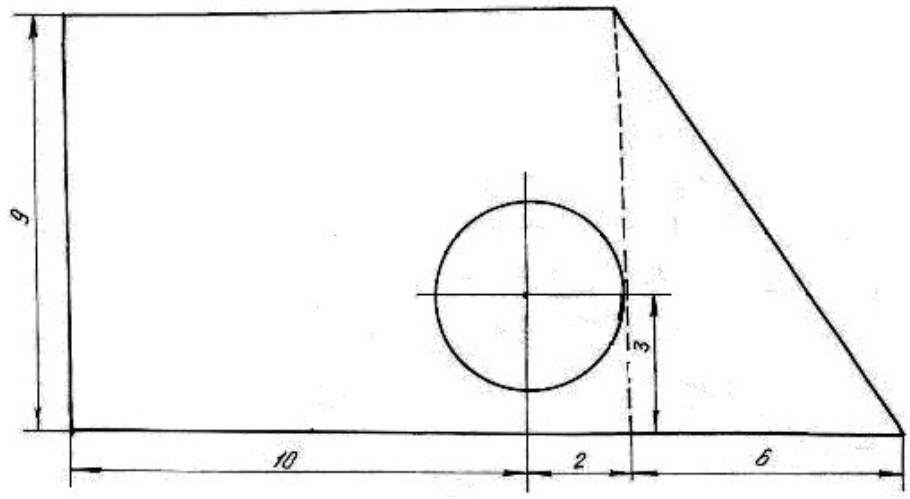



Рис. 2.4.

*Решение.*

1. Чертим поперечное сечение в масштабе 1:1;

2. Разбиваем сечение на простейшие фигуры: I – прямоугольник, II – прямоугольный треугольник, III – круг;

3. Проводим временные оси $x_{вр}$ и $y_{вр}$ через левый нижний угол заданного сечения (рис. 2.5).

4. Обозначив на рисунке центры тяжести простейших фигур, находим их координаты относительно временных осей и определяем площади фигур

$$C_1\begin{cases} x_1 = 6 \text{ см}; \\ y_1 = 4{,}5 \text{ см}; \end{cases} \qquad C_2\begin{cases} x_2 = 14 \text{ см}; \\ y_2 = 3 \text{ см}; \end{cases} \qquad C_3\begin{cases} x_3 = 10 \text{ см}; \\ y_3 = 3 \text{ см}. \end{cases}$$

$$A_1 = 108 \text{ см}^2, \qquad A_2 = 27 \text{ см}^2, \qquad A_3 = 12{,}56 \text{ см}^2.$$

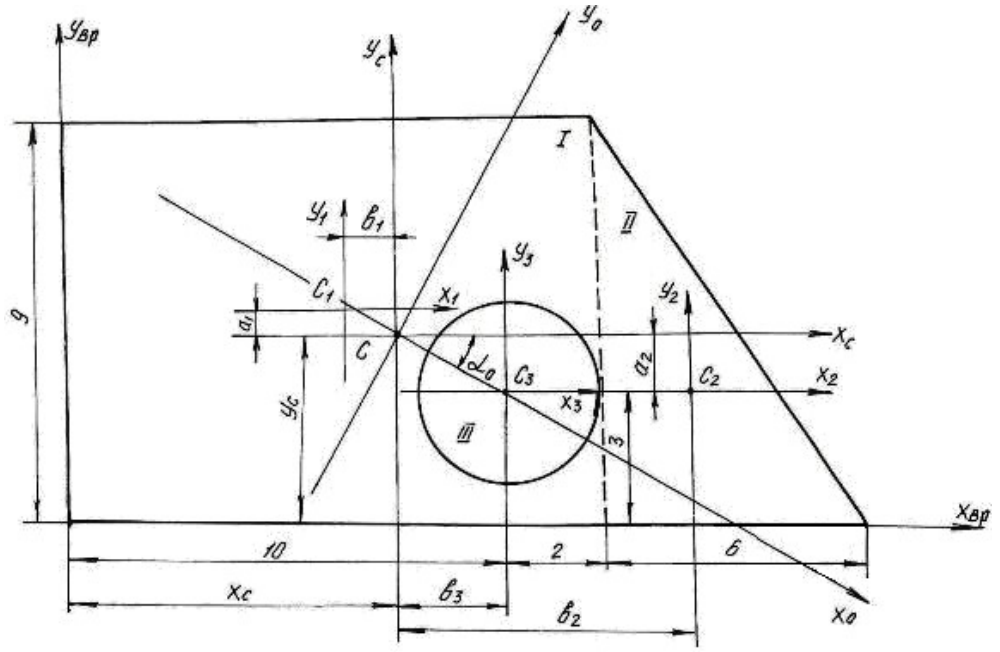



Рис. 2.5.

5. Определим координаты центра тяжести сечения

$$x_C = \frac{S_y}{A} = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 - x_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{6 \cdot 108 + 14 \cdot 27 - 10 \cdot 12{,}56}{108 + 27 - 12{,}56} = 7{,}35 \text{ см};$$

$$y_C = \frac{S_x}{A} = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 - y_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{4{,}5 \cdot 108 + 3 \cdot 27 - 3 \cdot 12{,}56}{108 + 27 - 12{,}56} = 4{,}32 \text{ см}.$$

Обозначим на рис. 2.5 положение центра тяжести $C$ ($x_c$ =7,35 см; $y_c$ =4,32 см) и проведем центральные оси $x_c$ и $y_c$ параллельно временным осям.

6. Определим координаты центров тяжести простейших фигур $(C_1,\ C_2,\ C_3)$ относительно центральных осей $x_c$ и $y_c$

$$C_1 \begin{cases} b_1 = x_1 - x_C = 1{,}35 \text{ см} \\ a_1 = y_1 - y_C = 0{,}18 \text{ см} \end{cases} \qquad C_2 \begin{cases} b_2 = x_2 - x_C = 6{,}65 \text{ см} \\ a_2 = y_2 - y_C = -1{,}32 \text{ см} \end{cases}$$

$$C_3 \begin{cases} b_3 = x_3 - x_C = 2{,}65 \text{ см} \\ a_3 = y_3 - y_C = -1{,}32 \text{ см}. \end{cases}$$

7. Определим моменты инерции простейших фигур относительно их центральных осей

Для прямоугольника:

$$J_{x_1} = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \cdot 9^3}{12} = 729 \text{ см}^4;\ J_{y_1} = \frac{b^3 h}{12} = \frac{12^3 \cdot 9}{12} = 1296 \text{ см}^4;\ J_{x_1 y_1} = 0.$$

Для треугольника:

$$J_{x_2}=\frac{bh^3}{36}=\frac{6\cdot 9^3}{36}=121{,}5\text{ см}^4;\qquad J_{y_2}=\frac{b^3h}{36}=\frac{6^3\cdot 9}{36}=54\text{ см}^4;$$

$$J_{x_2y_2}=-\frac{b^2h^2}{72}=-\frac{6^2\cdot 9^2}{72}=-40{,}5\text{ см}^4,$$

знак минус указывает на преобладание суммарной отрицательной части площади поперечного сечения.

Для круга:

$$J_{x_3}=J_{y_3}=\frac{\pi d^4}{64}=\frac{3{,}14\cdot 4^4}{64}=12{,}56\text{ см}^4;\qquad J_{x_3y_3}=0.$$

8. Определим моменты инерции всего сечения относительно центральных осей $x_c$ и $y_c$, используя формулы моментов инерции относительно параллельных осей

$$J_{x_c}=\left(J_{x_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{x_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{x_c}\right)^{\text{III}}=\left(J_{x_1}+A_1a_1^2\right)+\left(J_{x_2}+A_2a_2^2\right)-\left(J_{x_3}+A_3a_3^2\right)=$$

$$=\left(729+0{,}18^2\cdot 108\right)+\left(121{,}5+(-1{,}32)^2\cdot 27\right)-\left(12{,}56+(-1{,}32)^2\cdot 12{,}56\right)=866{,}6\text{ см}^4;$$

$$J_{y_c}=\left(J_{y_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{y_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{y_c}\right)^{\text{III}}=\left(J_{y_1}+A_1b_1^2\right)+\left(J_{y_2}+A_2b_2^2\right)-\left(J_{y_3}+A_3b_3^2\right)=$$

$$=\left(1296+(-1{,}35)^2\cdot 108\right)++\left(54+6{,}65^2\cdot 27\right)-\left(12{,}56+2{,}65^2\cdot 12{,}56\right)=1093{,}32\text{ см}^4;$$

$$J_{x_cy_c}=\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{III}}=$$

$$=\left(J_{x_1y_1}+a_1b_1A_1\right)+\left(J_{x_2y_2}+a_2b_2A_2\right)-\left(J_{x_3y_3}+a_3b_3A_3\right)=$$

$$=\left(0+0{,}18\cdot(-1{,}35)\cdot 108\right)+\left(-40{,}5+(-1{,}32)\cdot 6{,}65\cdot 27\right)-\left(0+(-1{,}32)\cdot 2{,}56\cdot 12{,}56\right)=$$

$$=-259{,}82\text{ см}^4.$$

Получили, что центробежный момент сечения $J_{x_cy_c}\neq 0$, следовательно, оси $x_c$ и $y_c$ не являются главными осями инерции.

9. Найдём положение главных осей инерции по формуле:

$$\operatorname{tg}2\alpha_0=\frac{-2\cdot J_{x_cy_c}}{J_{x_c}-J_{y_c}}=-2{,}29;\text{ откуда }\ 2\cdot\alpha_0=-66^{\text{o}}20';\ \ \alpha_0=-33^{\text{o}}10'.$$

10. Проводим главные оси инерции $x_0$, $y_0$ под углом $\alpha_0$ относительно центральных осей и определяем значение главных моментов инерции

$$J_{x_0}=J_{x_c}\cos^2\alpha_0+J_{y_c}\sin^2\alpha_0-J_{x_cy_c}\sin 2\alpha_0=696{,}48\text{ см}^4;$$

$$J_{y_0} = J_{x_c}\sin^2\alpha_0 + J_{y_c}\cos^2\alpha_0 + J_{x_c y_c}\sin 2\alpha_0 = 1263{,}42 \text{ см}^4.$$

$$J_{\min} = J_{x_0} = 696{,}48 \text{ см}^4; \qquad J_{\max} = J_{y_0} = 1263{,}42 \text{ см}^4.$$

*Проверка*.

а) Согласно формуле (2.10)

$$J_{x_c} + J_{y_c} = \left(J_{x_0} + J_{y_0}\right) \pm 5\%;$$

$$\left(866{,}6 + 1093{,}32\right)\cdot 10^{-8} = \left(696{,}48 + 1263{,}42\right)\cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$1959{,}9\cdot 10^{-8}\text{см}^4 = 1959{,}9\cdot 10^{-8}\text{см}^4.$$

б) Согласно формуле (2.11)

$$J_{x_0 y_0} = \frac{\left(J_{x_c} - J_{y_c}\right)}{2}\sin 2\alpha_0 + J_{x_c y_c}\cos 2\alpha_0 = 0;$$

$$J_{x_0 y_0} = \frac{\left(866{,}6 - 1093{,}32\right)}{2}\sin 2\left(-33^{\circ}10'\right) + \left(-259{,}82\right)\cos 2\left(-33^{\circ}10'\right) = 0;$$

$$J_{x_0 y_0} = 104 - 104 = 0.$$

Проверка показывает, что главные моменты инерции определены правильно.

## 2.1. Задания для определения главных моментов инерции

а) Для заданного поперечного сечения (табл. 2.1), состоящего из швеллера и равнополочного уголка или из швеллера и двутавра (табл. 2.2), требуется:

1. Определить положение центра тяжести;
2. Найти осевые и центробежный моменты инерции относительно осей $x_C$ и $y_C$, проходящих через центр тяжести сечения;
3. Определить положение главных осей инерции $x_0$ и $y_0$;
4. Найти главные моменты инерции относительно главных осей $x_0$ и $y_0$;
5. Вычертить сечение в выбранном масштабе и указать на нем все размеры в числах и все оси;
6. Сделать проверочные расчеты.

б) Для заданного поперечного сечения (табл. 2.3) требуется:

1. Определить положение центра тяжести;
2. Найти осевые и центробежный моменты инерции относительно осей $x_C$ и $y_C$, проходящих через центр тяжести сечения;
3. Определить положение главных осей инерции $x_0$ и $y_0$;

4. Найти главные моменты инерции относительно главных осей $x_0$ и $y_0$;

5. Сделать проверочные расчеты.

Таблица 2.1

| Номер варианта | Тип сечения | Швеллер № | Равнобокий уголок, мм | Двутавр № |
|---|---|---|---|---|
| 1 | I | 14 | 80×80×8 | 12 |
| 2 | II | 16 | 80×80×6 | 14 |
| 3 | III | 18 | 90×90×8 | 16 |
| 4 | IV | 20 | 90×90×7 | 18 |
| 5 | V | 22 | 90×90×6 | 20а |
| 6 | VI | 24 | 100×100×8 | 20 |
| 7 | VII | 27 | 100×100×10 | 22а |
| 8 | VIII | 30 | 100×100×12 | 22 |
| 9 | IX | 33 | 125×125×10 | 24а |
| 10 | X | 36 | 125×125×12 | 24 |

Таблица 2.2

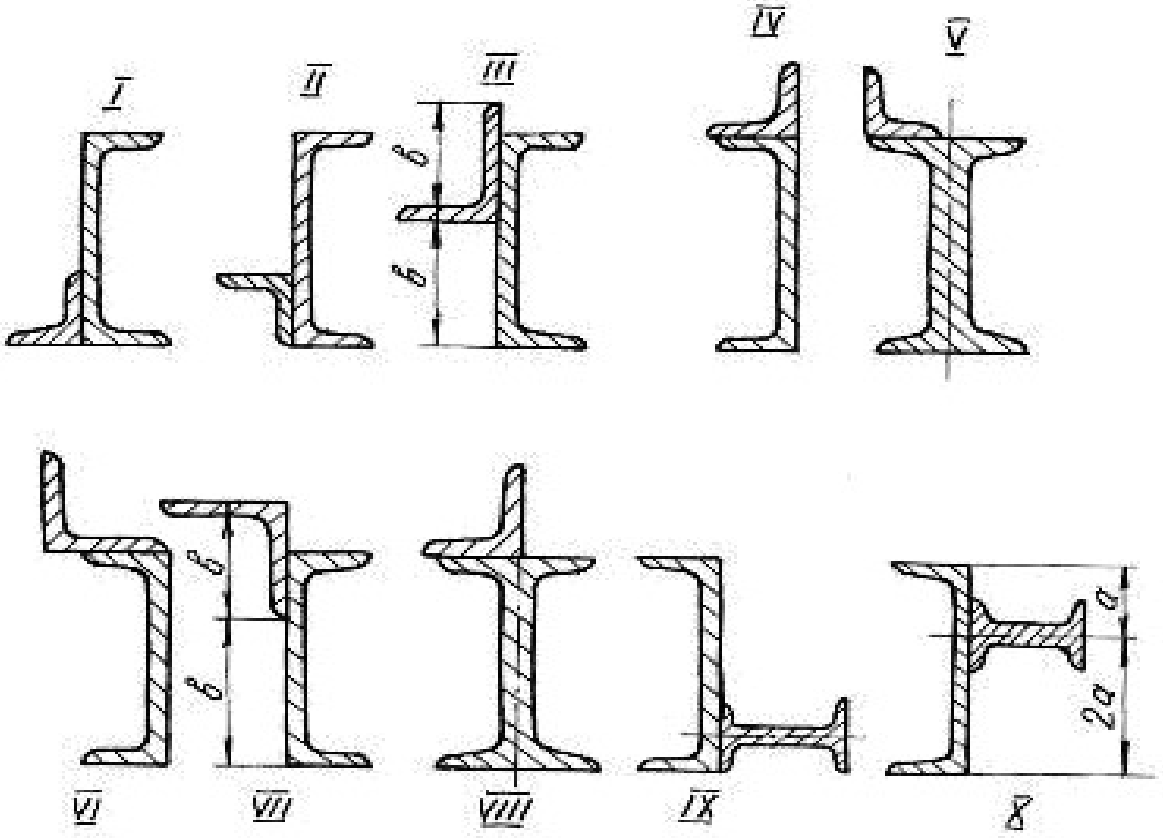
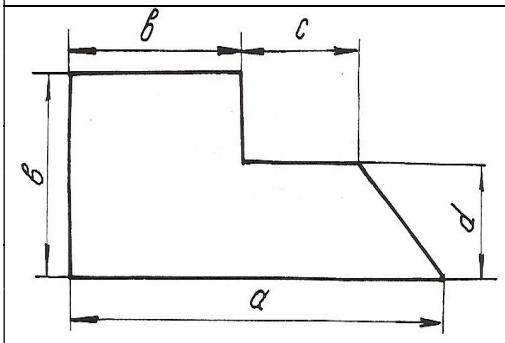
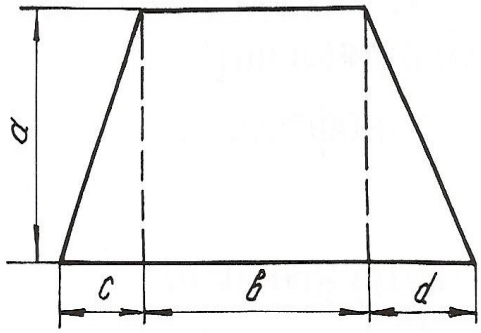
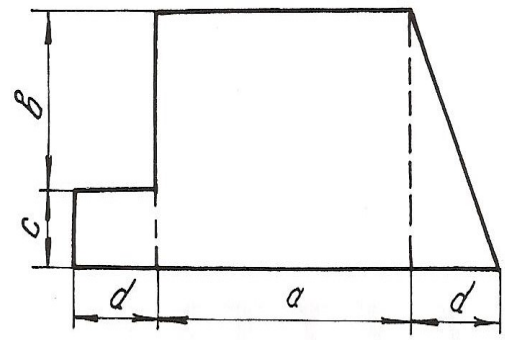
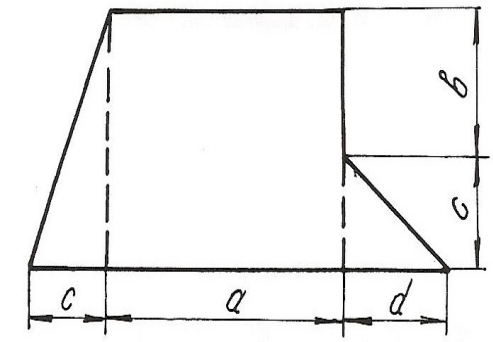
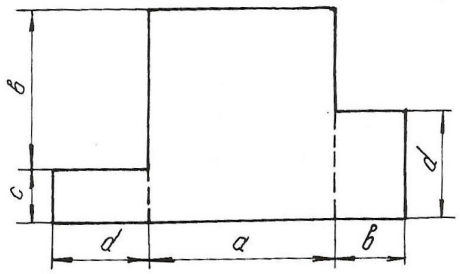
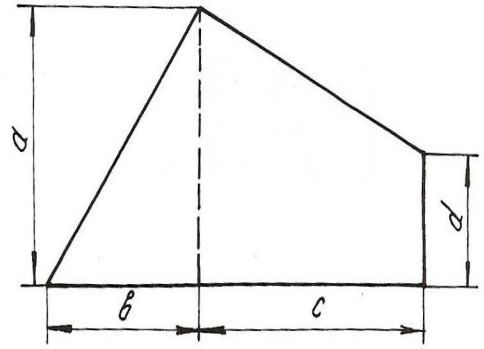
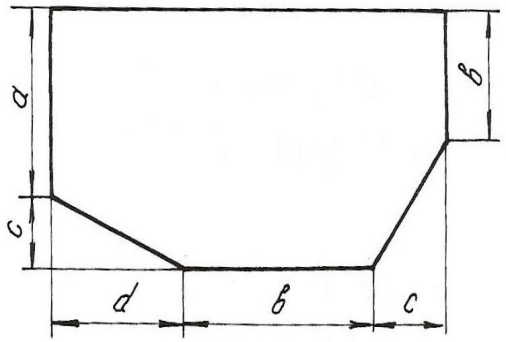
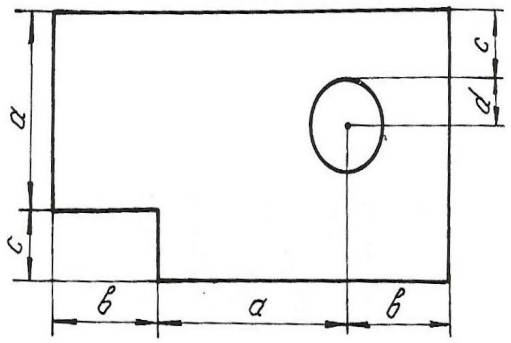


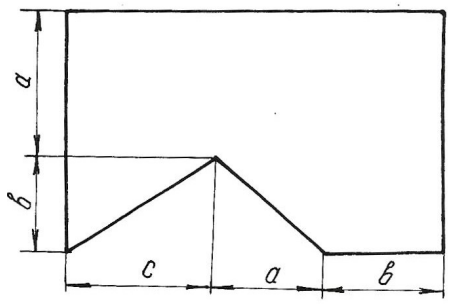
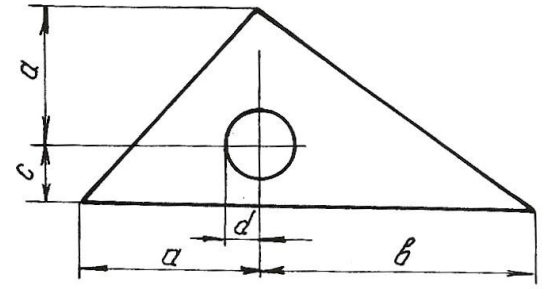
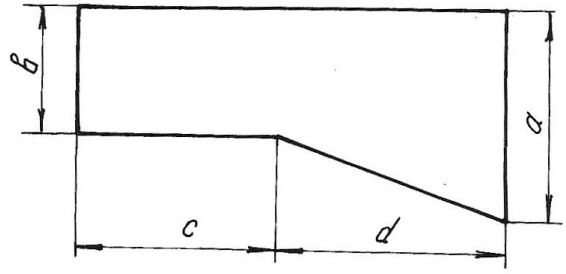
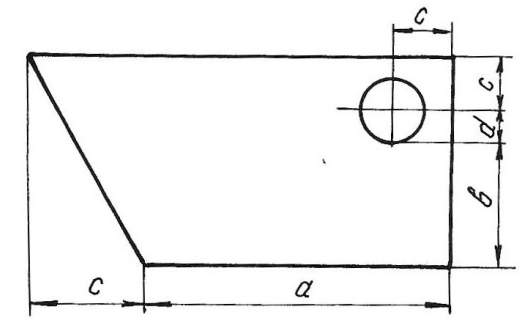
Таблица 2.3

| Вид поперечного сечения | Номер варианта | *a*, см | *в*, см | *c*, см | *d*, см |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 1 | 12 | 6 | 4 | 2 |
| | 2 | 16 | 10 | 2 | 6 |
| | 3 | 9 | 6 | 1 | 3 |
|  | 4 | 6 | 9 | 3 | 5 |
| | 5 | 7 | 8 | 6 | 9 |
| | 6 | 8 | 6 | 4 | 6 |
| | 7 | 9 | 5 | 2 | 3 |
|  | 8 | 6 | 4 | 3 | 4 |
| | 9 | 5 | 2 | 4 | 4 |
| | 10 | 4 | 3 | 2 | 5 |
| | 11 | 7 | 5 | 3 | 2 |
|  | 12 | 9 | 4 | 4 | 6 |
| | 13 | 7 | 5 | 3 | 3 |
| | 14 | 6 | 3 | 6 | 4 |
| | 15 | 4 | 2 | 5 | 6 |

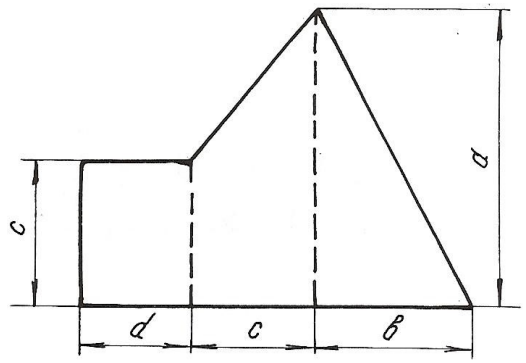
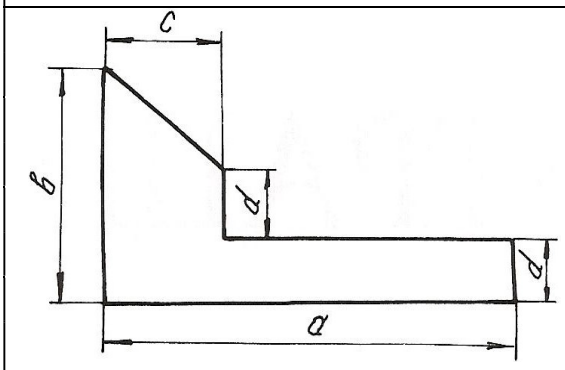
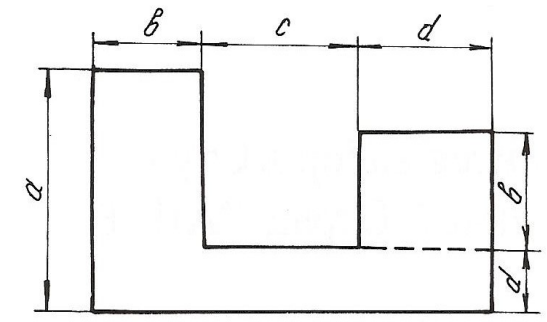
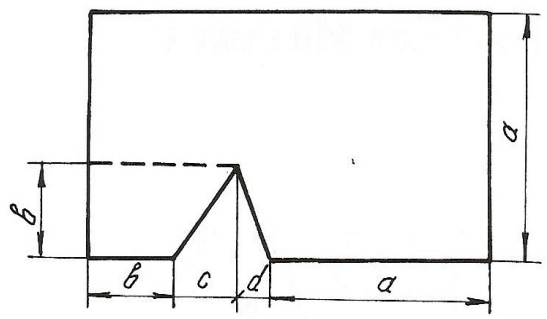
Продолжение табл. 2.3

| Вид поперечного сечения | Номер варианта | *a*, см | *в*, см | *c*, см | *d*, см |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 16 | 12 | 9 | 4 | 6 |
| | 17 | 18 | 12 | 5 | 8 |
| | 18 | 14 | 6 | 6 | 7 |
| | 19 | 15 | 19 | 3 | 4 |
|  | 20 | 12 | 10 | 6 | 6 |
| | 21 | 16 | 8 | 9 | 4 |
| | 22 | 20 | 9 | 8 | 12 |
| | 23 | 14 | 14 | 12 | 6 |
| | 24 | 24 | 20 | 10 | 4 |
|  | 25 | 10 | 8 | 4 | 3 |
| | 26 | 11 | 9 | 6 | 6 |
| | 27 | 13 | 12 | 5 | 9 |
| | 28 | 15 | 10 | 5 | 6 |
| | 29 | 8 | 4 | 8 | 12 |
|  | 30 | 8 | 5 | 2 | 2 |
| | 31 | 9 | 4 | 1 | 2 |
| | 32 | 6 | 9 | 3 | 3 |
| | 33 | 10 | 6 | 4 | 1 |
| | 34 | 12 | 8 | 5 | 1 |

Продолжение табл. 2.3

| Вид поперечного сечения | Номер варианта | *a*, см | *в*, см | *c*, см | *d*, см |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 35 | 6 | 6 | 3 | 4 |
| | 36 | 9 | 4 | 6 | 5 |
| | 37 | 10 | 6 | 12 | 9 |
| | 38 | 12 | 9 | 10 | 6 |
|  | 39 | 12 | 10 | 3 | 1 |
| | 40 | 10 | 12 | 3 | 2 |
| | 41 | 9 | 12 | 3 | 1 |
| | 42 | 8 | 10 | 3 | 2 |
|  | 43 | 20 | 12 | 4 | 4 |
| | 44 | 18 | 10 | 3 | 5 |
| | 45 | 12 | 9 | 5 | 6 |
| | 46 | 15 | 12 | 6 | 4 |
|  | 47 | 10 | 4 | 3 | 1 |
| | 48 | 12 | 6 | 4 | 2 |
| | 49 | 14 | 5 | 5 | 3 |
| | 50 | 16 | 6 | 4 | 1 |

Окончание табл. 2.3

| Вид поперечного сечения | Номер варианта | *a*, см | *в*, см | *c*, см | *d*, см |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 51 | 12 | 10 | 6 | 3 |
| | 52 | 18 | 12 | 4 | 9 |
| | 53 | 20 | 14 | 8 | 6 |
| | 54 | 22 | 16 | 10 | 4 |
|  | 55 | 30 | 12 | 12 | 4 |
| | 56 | 24 | 14 | 10 | 6 |
| | 57 | 18 | 16 | 9 | 5 |
| | 58 | 12 | 10 | 8 | 3 |
|  | 59 | 9 | 6 | 2 | 4 |
| | 60 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| | 61 | 10 | 8 | 3 | 8 |
| | 62 | 12 | 9 | 4 | 1 |
|  | 63 | 20 | 10 | 6 | 3 |
| | 64 | 12 | 6 | 4 | 3 |
| | 65 | 15 | 9 | 3 | 6 |
| | 66 | 18 | 10 | 9 | 6 |

# Глава 3
# 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:

$$\tau_{max} \le \tau_{adm}, \quad \varphi_{max} \le \varphi_{adm},$$

где $\tau_{max}$ – максимальное касательное напряжение, $\varphi_{max}$ – 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

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{W_p} \le \tau_{adm}, \tag{3.1}$$

где $T_{max}$ – максимальный крутящий момент из эпюры $T$; $W_p = \dfrac{J_p}{d/2} = \dfrac{\left(\pi d^4/32\right)}{\left(d/2\right)} = \dfrac{\pi d^3}{16}$ – полярный момент сопротивления кручению поперечного сечения.

Исходя из условия прочности $\dfrac{\pi d^3}{16} \ge \dfrac{T_{max}}{\tau_{adm}}$, можно определить диаметр вала

$$d \ge \sqrt[3]{\frac{16T_{max}}{\left(\pi\tau_{adm}\right)}} \quad . \tag{3.2}$$

Углы закручивания вала на отдельных участках определяются по формуле:

$$\varphi = \frac{Tl}{GJ_p}, \tag{3.3}$$

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:

$$\alpha_{\text{прав}} = \alpha_{\text{лев}} + \varphi, \tag{3.4}$$

где $\alpha_{\text{лев}}$ − суммарный угол закручивания всех участков, которые находятся слева от рассматриваемого участка; $\varphi$ − угол закручивания на данном участке.

Для определения максимального относительного угла закручивания определяют углы для каждого участка по формуле:

$$\theta = \frac{\varphi}{l}, \tag{3.5}$$

где $l$ − длина рассматриваемого участка.

**Пример 3.1.**

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. 3.1).

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 $\tau_{\text{adm}}$ 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 $\theta_{\text{adm}} = 1{,}5\,\text{град}/\text{м}$.

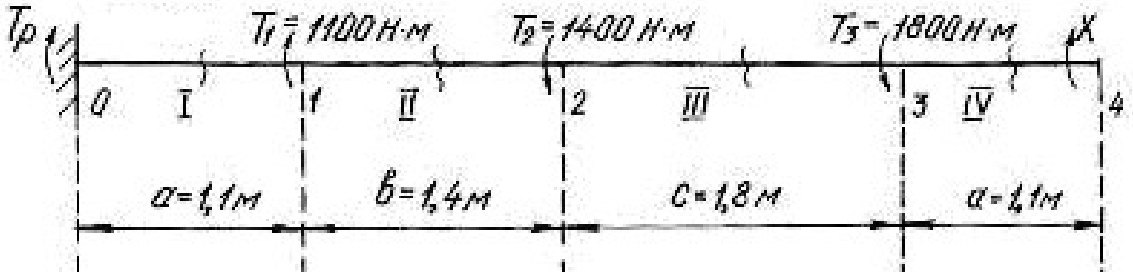



Рис. 3.1.

*Решение.*

1. Задача является статически неопределимой, так как невозможно определить из одного уравнения равновесия два неизвестных момента $T_p$ и $X$. 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 $\varphi_1$ – угол закручивания вала на участке 0-1 под действием момента $T_1$; $\varphi_2$ – угол закручивания вала на участке под действием момента $T_2$; $\varphi_3$ – угол закручивания вала на участке под действием момента $T_3$; $\varphi_4$ – 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. 3.2) определяем значения мо-

ментов 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.

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 $\tau_{adm} = 60$ МПа; $T_{max} = 1857$ Нм.

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.

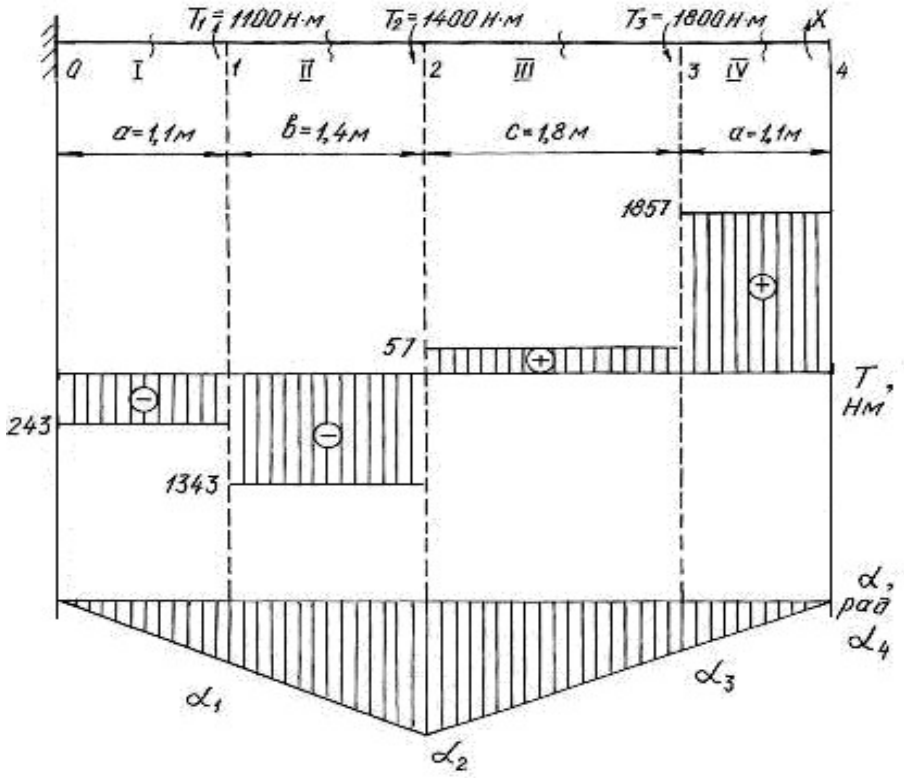



Рис. 3.2.

4. Углы закручивания вала на участках находим по формуле (3.3). Для этого сначала найдем $J_p$

$$J_p = \frac{3{,}14 \cdot 6^4}{32} = 127{,}2 \text{ см}^4 = 127{,}2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

$$\varphi_{\text{I}} = \frac{T_{\text{I}} a}{G J_p} = -\frac{243 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}1}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0026 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{II}} = \frac{T_{\text{II}} b}{G J_p} = -\frac{-1343 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}4}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0185 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{III}} = \frac{T_{\text{III}} c}{G J_p} = \frac{57 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}8}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = 0{,}0010 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{IV}} = \frac{T_{\text{IV}} a}{G J_p} = \frac{1857 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}1}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = 0{,}0200 \text{ рад}.$$

В месте жёсткой заделки в сечении 0 вал неподвижен. По формуле (3.4), находим угол закручивания вала в сечениях 1, 2, 3, 4:

$\alpha_1 = \alpha_0 + \varphi_{\text{I}} = 0 - 0{,}0026$ рад;

$\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi_{\text{II}} = -0{,}0026 - 0{,}0185 = -0{,}0211$ рад;

$\alpha_3 = \alpha_2 + \varphi_{\text{III}} = -0{,}0211 + 0{,}001 = -0{,}0201$ рад;

$\alpha_4 = \alpha_3 + \varphi_{\text{IV}} = -0{,}0201 + 0{,}02 = -0{,}0001 \approx 0$ рад.

Строим эпюру углов закручивания (см. рис.3.2). Относительный угол закручивания на каждом участке можно определить по формуле (3.5):

$$\theta_{\text{I}} = \frac{\varphi_{\text{I}}}{1{,}1} = -\frac{0{,}0026}{1{,}1} = -0{,}0023 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{\text{II}} = \frac{\varphi_{\text{II}}}{1{,}4} = -\frac{0{,}0185}{1{,}4} = -0{,}0132 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{\text{III}} = \frac{\varphi_{\text{III}}}{1{,}8} = \frac{0{,}0010}{1{,}8} = 0{,}0006 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{\text{IV}} = \frac{\varphi_{\text{IV}}}{1{,}1} = \frac{0{,}0200}{1{,}1} = 0{,}0182 \text{ рад/м}.$$

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 $< \theta_{\text{adm}} = 1{,}5$ град/м, т. е. условие жесткости выполняется.

**Пример 3.2.**

Шкив двухколодочного тормоза крана, имеющий диаметр $D = 300$ мм, жестко крепится на стальном валу диаметром $d = 30$ мм (рис. 3.3). Определить наибольшие напряжения кручения в сечении вала, если сила нажатия на колодки тормозного шкива $Q$ = 820 Н, коэффициент трения скольжения между колодками и шкивом $f = 0{,}4$. Определить угол закручивания вала, если $l = 400$ мм.

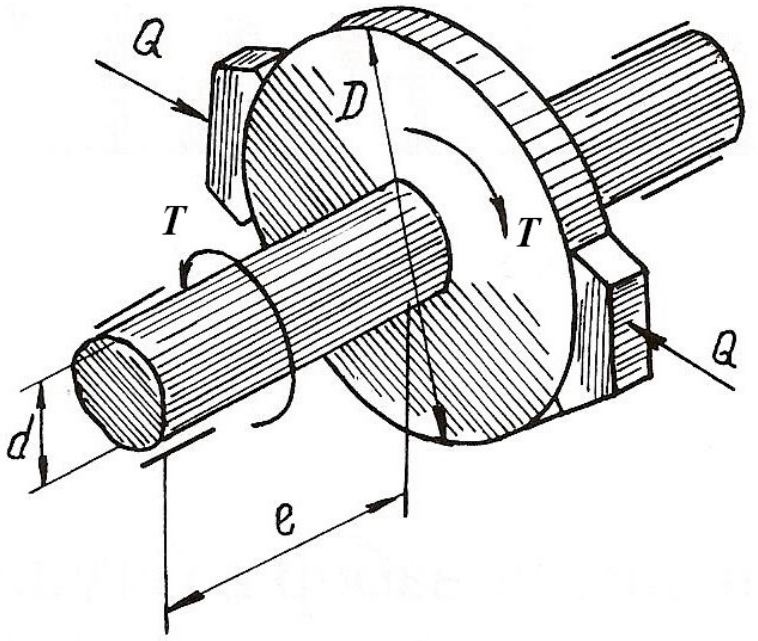



Рис. 3.3.

*Решение.*

Окружное усилие на тормозном шкиве равно силе трения, возникающей между колодками и шкивом

$$F = Qf = 820 \cdot 0{,}4 = 328 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на тормозном шкиве

$$T = FD = 328 \cdot 30 \cdot 10^{-2} = 98{,}4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Полярный момент сопротивления и полярный момент инерции сечения вала равны

$$W_p = \frac{\pi}{16} d^3 = \frac{\pi}{16}\left(3 \cdot 10^{-2}\right)^3 = 5{,}3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$J_p = \frac{\pi}{32} d^4 = \frac{\pi}{32}\left(3 \cdot 10^{-2}\right)^4 = 7{,}96 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Наибольшее касательное напряжение в сечении определяем по формуле (3.1)

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_P} = \frac{98,4}{5,3 \cdot 10^{-6}} = 18,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 18,5 \text{ МПа}.$$

Угол закручивания вала тормозного шкива

$$\varphi = \frac{Tl}{GJ_p} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{98,4 \cdot 0,4}{8 \cdot 10^{-10} \cdot 7,96 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,36^\circ,$$

следовательно $\varphi = 22'$.

**Пример 3.3.**

К стальному валу, оба конца которого защемлены (рис. 3.4, *а*), приложен крутящий момент $T = 440$ Н·м. Определить реактивные моменты в опорах $A$ и $B$ и построить эпюру крутящих моментов при $l_1 = 0,2$ м, $l = 0,8$ м.

*Решение.*

Обозначим реактивные моменты в защемлении через $T_A$ и $T_B$. Из статики знаем уравнение равновесия

$$-T_A + T - T_B = 0 \text{ или } T_A + T_B = T$$

Далее составим уравнение совместности деформаций. Для этого отбросим (мысленно) защемление правого конца вала и заменим его действием на вал неизвестным реактивным моментом $T_B$ (рис. 3.4, *б*).

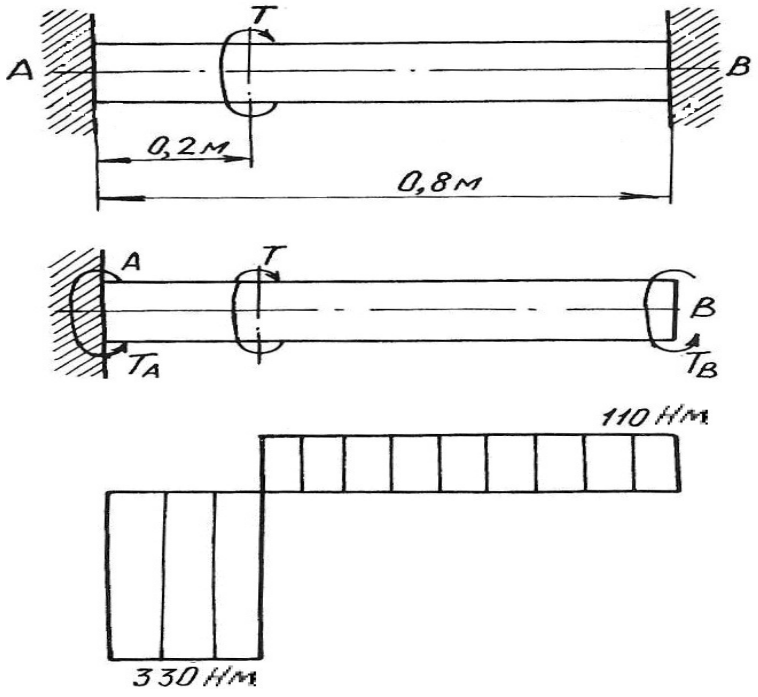



Рис. 3.4.

Величину момента $T_B$ определим из условия, что угол закручивания правого крайнего сечения от действия моментов $T$ и $T_A$ равен нулю, так как это сечение вследствие защемления неподвижно. Угол закручивания правого освобожденного сечения вала на основе принципа независимости действия сил можно определить как сумму двух слагаемых

$$\varphi = \varphi' + \varphi'',$$

где $\varphi'$ и $\varphi''$ – углы закручивания правого освобожденного сечения вала, найденные отдельно от моментов $T$ и $T_B$, при этом $\varphi' = \dfrac{Tl_1}{GJ_p}$ ; $\varphi'' = -\dfrac{T_B l}{GJ_p}$.

Знак минус в выражении $\varphi''$ взят потому, что моменты $T$ и $T_B$ противоположны по направлению.

Полный угол закручивания правого сечения равен нулю, поэтому

$$\varphi = \varphi' + \varphi'' = \frac{Tl_1}{GJ_p} - \frac{T_B l}{GJ_p} = 0,$$

откуда $T_B = \dfrac{Tl_1}{l} = \dfrac{440 \cdot 0{,}2}{0{,}8} = 110$ Н·м.

Из уравнения статики определим момент $T_A$

$$T_A = T - T_B = 440 - 110 = 330 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эпюра крутящих моментов приведена на рис. 3.4, *в*.

### 3.1. Задания для расчета валов на кручение

К стальному валу приложены три известных момента $T_1,\ T_2,\ T_3$.

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 $\tau_{adm}$ определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм.

4. Построить эпюру углов закручивания, найти наибольший относительный угол закручивания и проверить вал на жесткость при $\theta_{adm} = 1{,}5$ град/м.

Данные для расчета приведены на рис. 3.5 и в табл. 3.1.

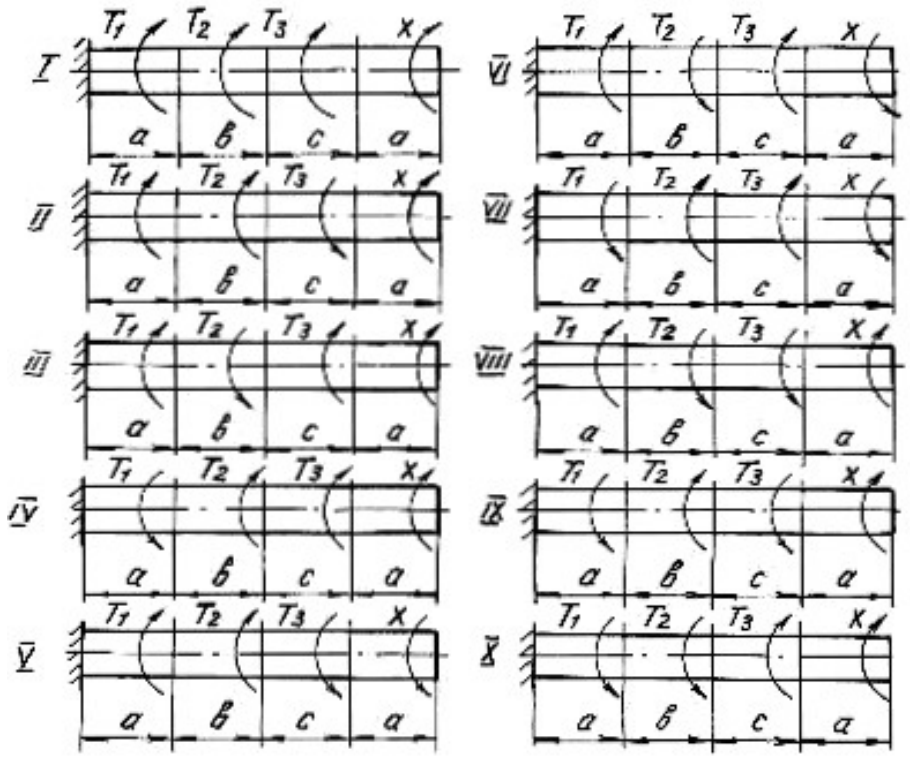



Рис. 3.5.

Таблица 3.1

| Номер варианта | Номер схемы | Расстояние, м | | | Момент, Н·м | | | $\tau_{adm}$, МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *a* | *b* | *c* | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | |
| 1 | I | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1100 | 1000 | 1200 | 35 |
| 2 | II | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1200 | 1100 | 1000 | 40 |
| 3 | III | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1300 | 1200 | 1100 | 45 |
| 4 | IV | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1400 | 1300 | 1200 | 50 |
| 5 | V | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1500 | 1400 | 1300 | 55 |
| 6 | VI | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 1600 | 600 | 1500 | 60 |
| 7 | VII | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1700 | 700 | 1600 | 65 |
| 8 | VIII | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1800 | 800 | 1700 | 70 |
| 9 | IX | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 1900 | 900 | 1800 | 75 |
| 10 | X | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2000 | 1000 | 2100 | 80 |

# Глава 4
# ДЕФОРМАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА БАЛОК

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. От действия внешних нагрузок в поперечных сечениях балок возникают внутренние силовые факторы – поперечные силы и изгибающие моменты. Для их нахождения пользуемся методом сечений и, изучая 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 $M_x$:

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.

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

$$\sigma = f_1(M_x); \quad \tau = f_2(Q_x)$$

Таким образом, для того, чтобы определить напряжения 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 сводится к следующему:

1. Заданная балка вычерчивается в выбранном масштабе с указанием размеров и нагрузок;

2. С помощью уравнений равновесия статики определяются 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.

Нормальные напряжения при изгибе определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M_x}{J_{\text{н.о.}}} y, \qquad (4.1)$$

где $M_x$ − изгибающий момент в сечении; $J_{\text{н.о.}}$ − 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:

$$\tau = \frac{Q_x S_{\text{н.о.}}}{J_{\text{н.о.}} b}, \tag{4.2}$$

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:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{н.о.}}} \le \sigma_{\text{adm}}, \tag{4.3}$$

откуда

$$W_{\text{н.о.}} \ge \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}}, \tag{4.4}$$

где $M_{\max}$ − максимальный изгибающий момент, взятый из эпюры $M_x$; $W_{\text{н.о.}}$ − момент сопротивления поперечного сечения балки изгибу относительно нейтральной оси; $\sigma_{\text{adm}}$ − 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 выбирается опасное сечение балки, в котором одновременно значения $Q_x$ и $M_x$ большие. По формулам (4.1) и (4.2) для этого сечения строят эпюры нормальных и касательных напряжений, а затем определяют главные напряжения для характерных волокон сечения по его высоте, пользуясь формулой:

$$\sigma_{1,2} = \frac{1}{2}(\sigma \pm \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}). \tag{4.5}$$

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:

$$\sigma_p^{III} = \sigma_1 - \sigma_2 \le \sigma_{adm}, \tag{4.6}$$

$$\sigma_p^{IV} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \le \sigma_{adm}. \tag{4.7}$$

## 4.1. Расчет балки на прочность

**Пример 4.1.**

Для расчетной схемы с указанными размерами и нагрузками (рис. 4.1.) 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 (см. табл. П.1), материал сталь при $\sigma_{adm} = 160$ МПа, $\tau_{adm} = 96$ МПа.

в) провести полную проверку стальной балки на прочность.

*Решение.*

Определение опорных реакций.

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. 4.1) 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*:

$$\sum y = 0, \quad R_A - F - q \cdot 3 + R_B = 0; \quad 38 - 60 - 60 + 82 = 0, \ \ 120 - 120 = 0 .$$

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.

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.

При составлении аналитических выражений для $Q_x$ и $M_x$ в пределах I-го участка 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.

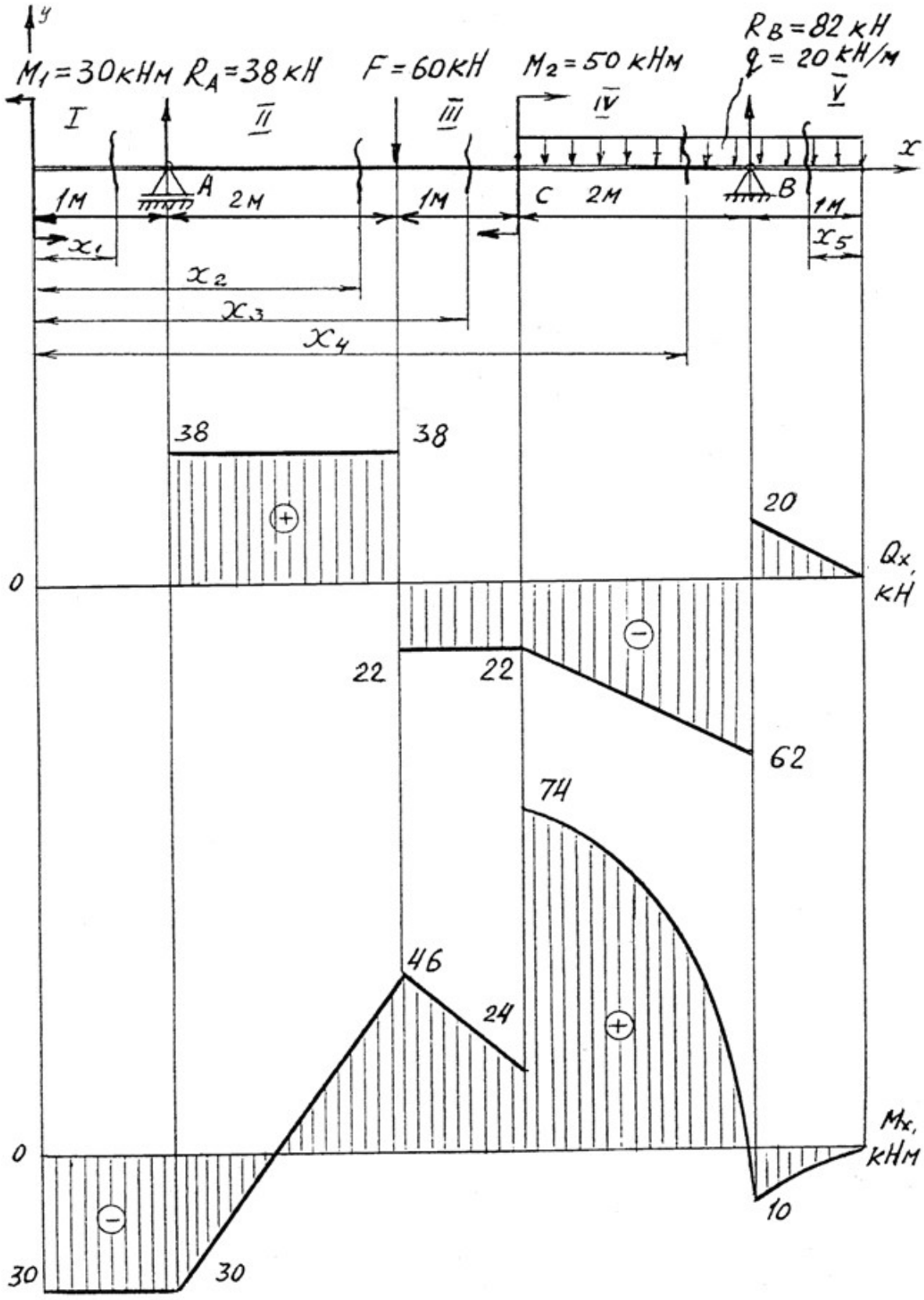

y
M1 = 30кНм
RA = 38 кН
F = 60кН
M2 = 50 кНм
RB = 82 кН
q = 20 кН/м
I
II
III
IV
V
x
A
B
C
1м
2м
1м
2м
1м
x1
x2
x3
x4
x5
38
38
20
0
Qx, кН
22
22
62
74
46
24
0
Mx, кНм
30
30
10

Рис. 4.1.

Для составления аналитических выражений $Q_x$ и $M_x$ в пределах II-го участка проводим сечение с абсциссой $x_2$ и рассматриваем равновесие левой части балки.

$Q_{\text{II}} = R_A = 38$ кН − поперечная сила в пределах II-го участка постоянна.

$M_{\text{II}} = -M + R_A(x_2 - 1)$.

Это уравнение прямой линии, для её построения достаточно определить ординаты изгибающего момента в двух точках (на концах участка):

при $x_2 = 1$ м $\quad M_{\text{II}} = -M_1 = -30$ кН·м;

при $x_2 = 3$ м $\quad M_{\text{II}} = -M_1 + R_A \cdot 2 = -30 + 76 = 46$ кН·м.

Для III-го участка (сечение с абсциссой $x_3$)

$Q_{\text{III}} = R_A - F = 38 - 60 = -22$ кН.

На этом участке поперечная сила не зависит от $x_3$ и поэтому на протяжении всего участка она не меняет своего значения.

$M_{\text{III}} = -M_1 + R_A(x_3 - 1) - F(x_3 - 3)$.

Это уравнение прямой линии.

Вычислим моменты при следующих значениях $x_3$:

при $x_3 = 3$ м $\quad M_{\text{III}} = -30 + 38 \cdot 2 = 46$ кН·м;

при $x_3 = 4$ м $\quad M_{\text{III}} = -30 + 38 \cdot 3 - 60 = 24$ кН·м.

Для IV-го участка (сечение с абсциссой $x_4$) поперечная сила равна:

$Q_{\text{IV}} = R_A - F - q(x_4 - 4)$.

Это уравнение прямой линии.

Вычислим ординаты в начале и в конце участка:

при $x_4 = 4$ м $\quad Q_{\text{IV}} = 38 - 60 = -22$ кН;

при $x_4 = 6$ м $\quad Q_{\text{IV}} = 38 - 60 - 40 = -62$ кН.

Уравнение изгибающих моментов для IV-го участка имеет вид

$$M_{\text{IV}} = -M_1 + R_A(x_4 - 1) - F(x_4 - 3) + M_2 - q\frac{(x_4 - 4)^2}{2}.$$

Это уравнение параболы.

Для её построения определяем моменты:

при $x_4 = 4$ м $\quad M_{\text{IV}} = -30 + 114 - 60 + 50 - 20 \cdot 0 = 74$ кН;

при $x_4 = 6$ м $\quad M_{\text{IV}} = -30 + 38 \cdot 5 - 60 \cdot 3 + 50 - 20 \cdot (4/2) = -10$ кН.

Прежде, чем составлять выражение поперечной силы и изгибающего момента для V-го 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-го участка (сечение с абсциссой $x_5$) поперечная сила равна

$Q_{\text{V}} = q x_5$.

Вычислим значения ординат:

при $x_5 = 0$ $\quad Q_{\text{V}} = 0$;

при $x_5 = 1$ м $\quad Q_{\text{V}} = 20$ кН.

Составим уравнение изгибающего момента для V-го участка:

$$M_{\text{V}} = -qx_5 \frac{x_5}{2} = -\frac{qx_5^2}{2}.$$

Получили уравнение параболы. Для её построения вычислим ординаты:

при $x_5 = 0$, $\quad M_{\text{V}} = 0$;

при $x_5 = 1$, $\quad M_{\text{V}} = -10$ кН·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. 4.1). После построения эпюр устанавливаем наибольшие значения поперечной силы $Q_{\max} = 62$ кН и изгибающего момента $M_{\max} = 74$ кН·м.

Сечение *C* является опасным, в нем $Q_x = 22$ кН, $M_x = 74$ кН$\cdot$м.

Подбор поперечного сечения балки проводим в соответствии с условием задания в двух вариантах:

а) подбор сечения прямоугольного профиля деревянной балки

$$W_{\text{н.о.}} \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{74 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 7{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 7400 \text{ см}^3.$$

Для прямоугольного сечения $W_{\text{н.о.}} = \dfrac{J_{\text{н.о.}}}{y_{\max}} = \dfrac{(bh)^3/12}{h/2} = \dfrac{bh^2}{6}$.

При $h = 2b$, $\quad W_{\text{н.о.}} = (2/3)b^3 \geq 7400$ см$^3$, $\quad$ отсюда $\quad b \geq \sqrt[3]{\dfrac{3 \cdot 7400}{2}} = 22{,}3$ 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

$$W_{\text{н.о.}} \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{74 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 4{,}62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 462 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента проката этому значению соответствует двутавр № 30, для которого $W_{\text{н.о.}} = W_x^{\text{табл.}} = 472$ 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$^3$.

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

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_x^{\text{табл.}}}{J_x^{\text{табл.}} d} = \frac{62 \cdot 2,68 \cdot 10^{-4}}{0,708 \cdot 10^{-4} \cdot 0,65 \cdot 10^{-2}} = 36,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 36,2 \text{ МПа};$$

$$\tau_{\max} = 36,2 \text{ МПа} < \tau_{\text{adm}} = 96 \text{ МПа}.$$

Таким образом, условие прочности выполняется.

в) проверка по главным напряжениям в опасном сечении *C*, в котором $Q_x = 22$ кН, $M_x = 74$ кН·м.

Строим эпюру нормальных напряжений для этого сечения по уровням (рис. 4.2):

$$\sigma_{1-1} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} y_{1-1} = -\frac{74 \cdot 10^3}{0,708 \cdot 10^{-4}} 0,15 = -157 \cdot 10^6 \text{ Па} = -157 \text{ МПа}.$$

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.

$$\sigma_{7-7} = \sigma_{1-1} = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{2-2} = \sigma_{3-3} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} y_{2-2} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} \left(\frac{h}{2} - t\right) = -\frac{74 \cdot 10^3}{0,708 \cdot 10^{-4}} (0,15 - 0,01) =$$

$$= -147 \cdot 10^6 \text{ Па} = -147 \text{ МПа}; \qquad \sigma_{4-4} = 0, \text{ так как } y_{4-4} = 0.$$

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. 4.2).

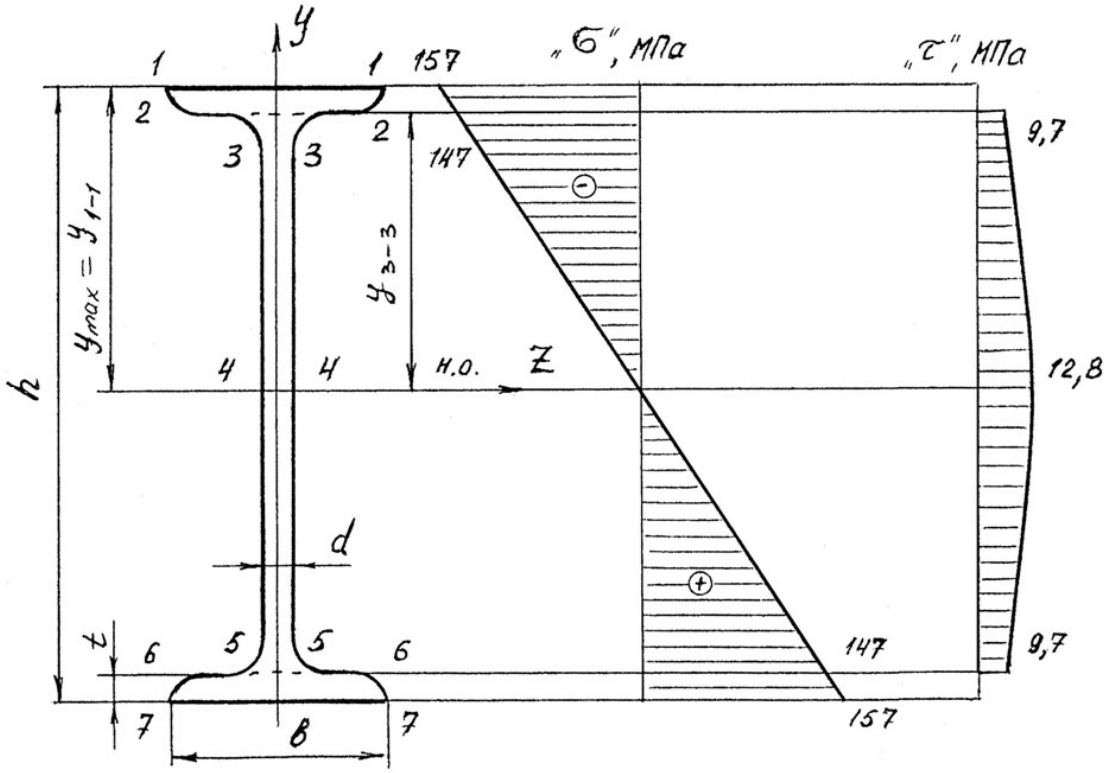



Рис. 4.2.

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:

$$\sigma_{\text{p}}^{1-1} = \sigma_1^{1-1} - \sigma_2^{1-1} = 0 - (-157) = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{p}}^{3-3} = \sigma_1^{3-3} - \sigma_2^{3-3} = 0{,}5 - (-147{,}5) = 148 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{p}}^{4-4} = \sigma_1^{4-4} - \sigma_2^{4-4} = 12{,}8 - (-12{,}8) = 25{,}6 \text{ МПа},$$

таким образом условие прочности $\sigma_{\text{p}}^{\text{III}} < \sigma_{\text{adm}}$ выполняется.

По четвертой теории прочности

$$\sigma_{\text{p}}^{1-1} = \sqrt{(\sigma_1^{1-1})^2 + (\sigma_2^{1-1})^2 - \sigma_1^{1-1}\sigma_2^{1-1}} = \sqrt{0^2 + 157^2 - 0^2} = 157 \text{ МПа}.$$

Аналогично: $\sigma_{\text{p}}^{3-3} = 148$ МПа; $\sigma_{\text{p}}^{4-4} = 22{,}1$ МПа.

Таким образом, результаты по всем вариантам полной проверки прочности балки показывают, что все условия прочности выполняются, следовательно, к практическому применению принимается двутавр № 30.

**Пример 4.2.** Консольная балка, сложное сечение.

Для заданной схемы балки (рис. 4.3) построить эпюры поперечных сил $Q_x$ и изгибающих моментов $M_x$, определить размеры сечения заданной формы из условия прочности, принимая $\sigma_{\text{adm}} = 160$ МПа.

*Решение.*

Определим реакции опоры $A$ из уравнений равновесия

1) $\sum M_A = 0; \quad -M_A + M - q \cdot 1 \cdot 2{,}5 + F \cdot 3 = 0;$

$M_A = M - q \cdot 1 \cdot 2{,}5 + F \cdot 3 = 6 - 10 + 24 = 20 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

2) $\sum Y = 0; \quad R_A - q \cdot 1 + F = 0$ (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. 4.3), для чего условно разбиваем это сечение на фигуры 1, 2, 3 и 4, площади которых равны: $A_1 = 5b \cdot 6b; \; A_2 = 2b \cdot 3b; \; A_3 = A_4 = b \cdot b.$

Для определения положения центра тяжести сечения проводим вспомогательную ось $x_{\text{вр}}$ и найдем координату $y_C$ по известной формуле

$$y_c = \frac{S_{x_{\text{вр}}}}{A} = \frac{A_1 y_1 - A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_4 y_4}{A_1 - A_2 + \cdot A_3 + A_4} =$$

$$= \frac{6b \cdot 5b \cdot 2{,}5b - 2b \cdot 3b \cdot 1{,}5b + 2b \cdot b \cdot 0{,}5b}{6b \cdot 5b - 2b \cdot 3b + 2b \cdot b} = 2{,}58b,$$

где $y_1$, $y_2$, $y_3$, $y_4$ – расстояния от центров тяжести фигур 1, 2, 3, 4 до оси $x_{вр}$.

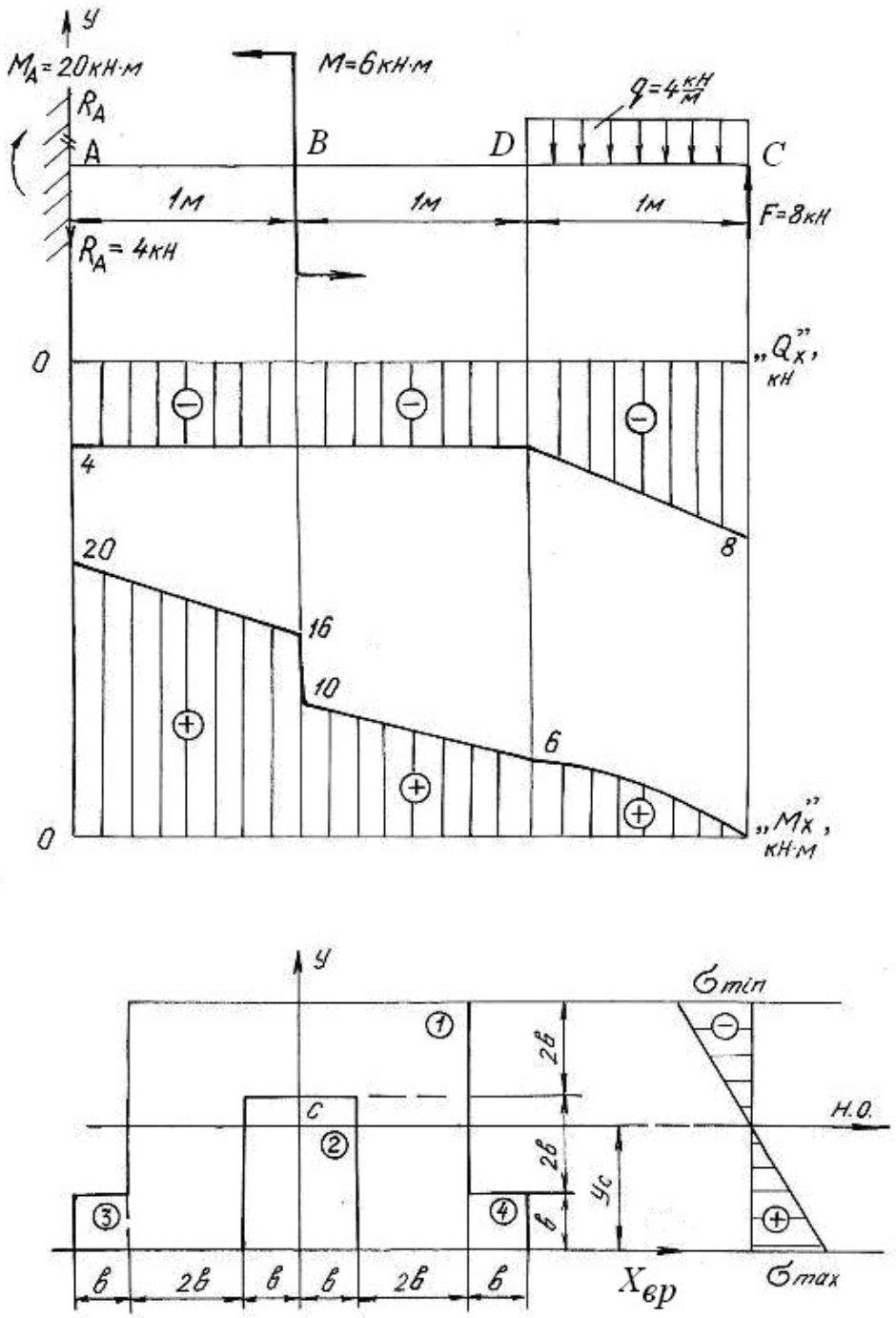



Рис. 4.3.

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

$$J_{\text{н.о.}} = \left(J_{\text{н.о.}}\right)^1 - \left(J_{\text{н.о.}}\right)^2 + 2\left(J_{\text{н.о.}}\right)^3 = \left[\frac{6b\cdot(5b)^3}{12} + 6b\cdot 5b\cdot(y_1 - y_c)^2\right] -$$

$$-\left[\frac{2b\cdot(3b)^3}{12} + 2b\cdot 3b\cdot(y_2 - y_c)^2\right] + 2\cdot\left[\frac{b\cdot b^3}{12} + b\cdot b\cdot(y_3 - y_c)^2\right] = 60\cdot b^4,$$

где $(y_n - y_C)$ – расстояние между собственной осью простой фигуры и нейтральной осью.

Строим эпюры поперечных сил $Q_x$ и изгибающих моментов $M_x$, пользуясь контрольными правилами и начиная построения со свободного конца балки.

$Q_C = -F = -8$ кН; $Q_D = -F + q\cdot 1 = -8 + 4 = -4$ кН $= Q_B = Q_A$;

$M_C = 0$; $M_D = F\cdot 1 - q\cdot 1\cdot 0{,}5 = 8 - 2 = 6$ кН·м;

$M_B = F\cdot 2 - q\cdot 1\cdot 1{,}5 = 16 - 6 = 10$ кН·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 $M_A$.

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

$$\sigma_{\min} = \frac{M_{\max} y^{\text{в}}_{\max}}{J_{\text{н.о.}}} = \frac{20\cdot 2{,}42\cdot b}{60\cdot b^4} = \frac{0{,}81\ \text{кН}\cdot\text{м}}{b^3}.$$

Приравнивая наибольшее напряжение к допускаемому напряжению $\sigma_{\text{adm}}$, получим размер сечения $b$

$$\sigma_{\max} = \frac{0{,}83\ \text{кН}\cdot\text{м}}{b^3} \le \sigma_{\text{adm}} = 160\ \text{МПа};\ b^3 \ge \frac{0{,}83\cdot 10^3}{160\cdot 10^6},$$

$$b \ge \sqrt[3]{5{,}2\cdot 10^{-6}} = 1{,}73\cdot 10^{-2}\ \text{м};\ \ b = 18\ \text{мм}.$$

## 4.2. Задания для расчета балок на прочность

Для расчетной схемы балки необходимо:

1. Построить по длине балки эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

2. Подобрать поперечное сечение балки в двух вариантах:

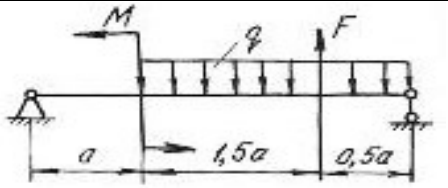
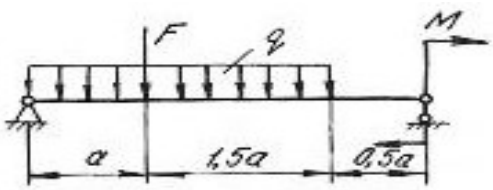
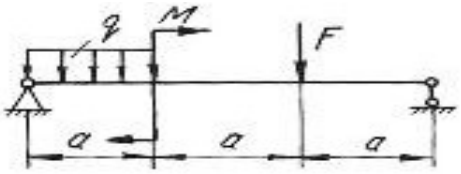
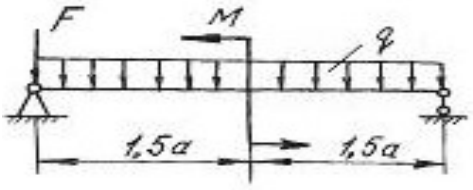
а) прямоугольного профиля, полагая, что балка деревянная при $\sigma_{adm} = 10$ МПа; соотношение между размерами сечения принять равными $b:h = 1:2$;

б) двутаврового профиля (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа, $\tau_{adm} = 96$ МПа.

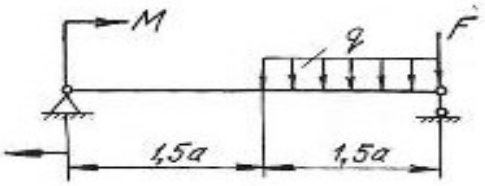
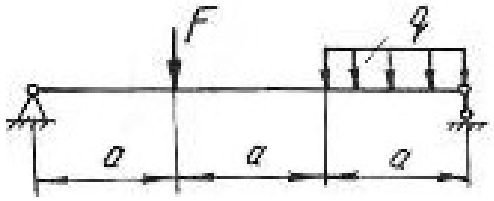
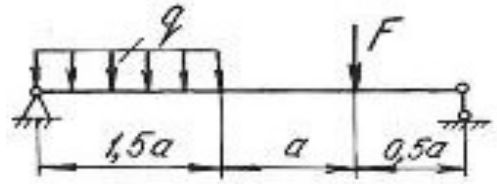
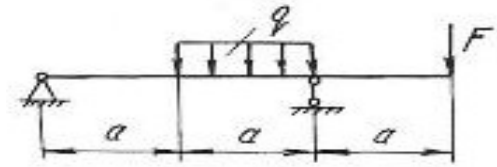
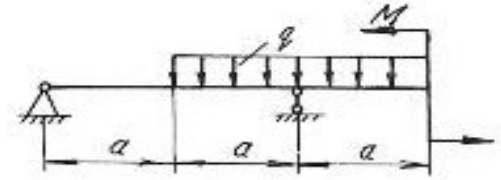
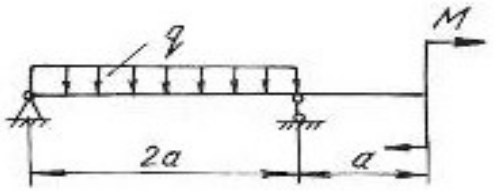
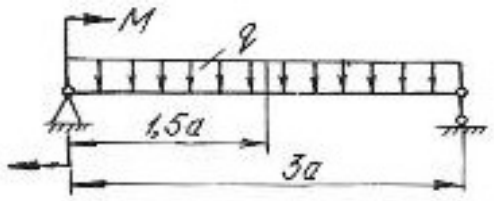
3. Провести полную проверку стальной двутавровой балки на прочность.

Данные для расчета приведены в табл. 4.1.

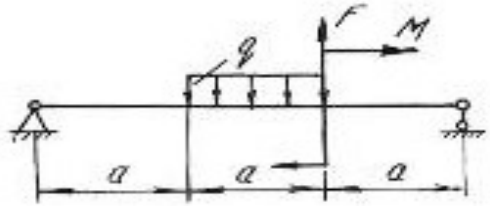
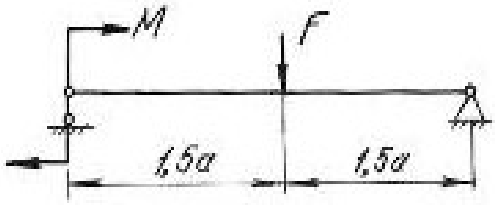
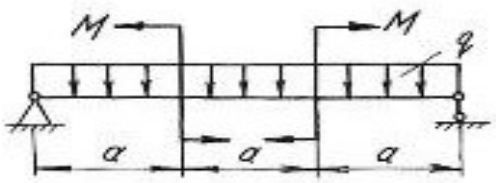
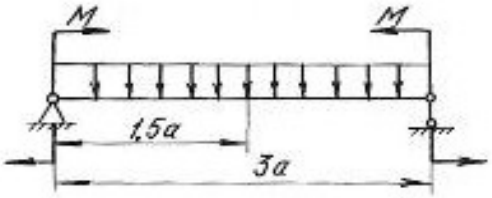
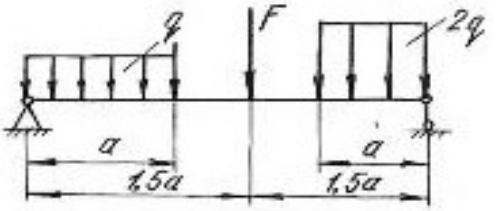
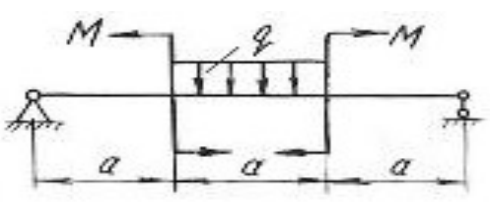
Таблица 4.1

| Схема балки и нагрузки | Номер варианта | Числовые значения нагрузок и размеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a*, м | *q*, кН/м | *M*, кН·м | *F*, кН |
|  | 1 | 2,0 | 19 | 20 | 20 |
| | 2 | 1,0 | 16 | 35 | 40 |
| | 3 | 1,2 | 10 | 30 | 40 |
|  | 4 | 2,0 | 10 | 25 | 50 |
| | 5 | 2,2 | 30 | 50 | 40 |
| | 6 | 2,4 | 10 | 10 | 20 |
|  | 7 | 1,0 | 10 | 65 | 20 |
| | 8 | 1,2 | 10 | 55 | 40 |
| | 9 | 2,0 | 20 | 45 | 15 |
|  | 10 | 1,0 | 18 | 32 | 60 |
| | 11 | 2,2 | 10 | 35 | 50 |
| | 12 | 1,8 | 30 | 42 | 30 |
|  | 13 | 2,0 | 12 | 26 | 20 |
| | 14 | 1,0 | 14 | 14 | 20 |
| | 15 | 2,0 | 15 | 25 | 30 |

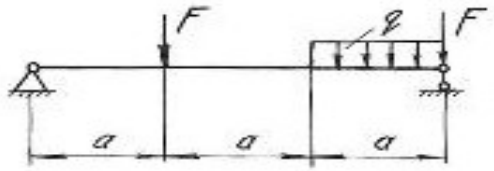
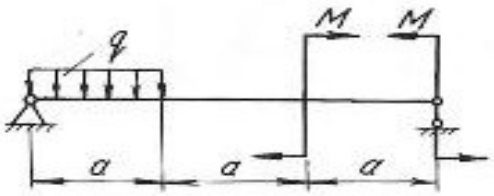
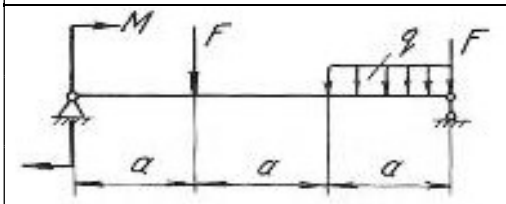
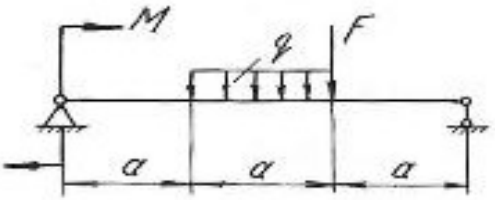
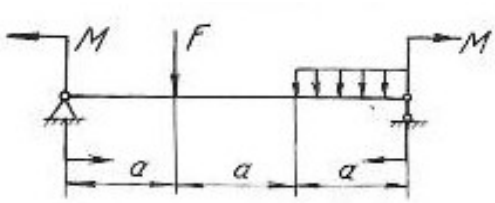
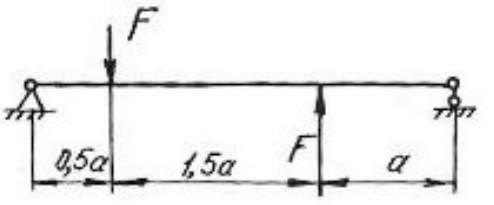
Продолжение табл. 4.1

| Схема балки и нагрузки | Номер варианта | Числовые значения нагрузок и размеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a*, м | *q*, кН/м | *M*, кН·м | *F*, кН |
|  | 16 | 1,0 | 10 | 32 | 40 |
| | 17 | 2,0 | 25 | 42 | 20 |
| | 18 | 1,6 | 30 | 50 | 30 |
|  | 19 | 1,0 | 10 | – | 10 |
| | 20 | 2,0 | 11 | – | 30 |
| | 21 | 1,0 | 12 | – | 30 |
|  | 22 | 1,2 | 13 | – | 60 |
| | 23 | 2,2 | 14 | – | 70 |
| | 24 | 3,0 | 15 | – | 40 |
|  | 25 | 3,0 | 16 | – | 20 |
| | 26 | 1,2 | 17 | – | 70 |
| | 27 | 2,0 | 18 | – | 70 |
|  | 28 | 3,0 | 20 | 10 | – |
| | 29 | 2,0 | 21 | 60 | – |
| | 30 | 2,0 | 22 | 10 | – |
|  | 31 | 2,1 | 23 | 30 | – |
| | 32 | 2,0 | 24 | 30 | – |
| | 33 | 2,2 | 25 | 30 | – |
|  | 34 | 2,0 | 26 | 40 | – |
| | 35 | 2,0 | 27 | 40 | – |
| | 36 | 2,0 | 28 | 40 | – |

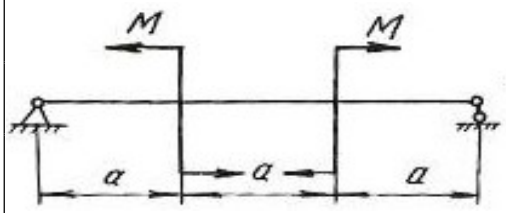
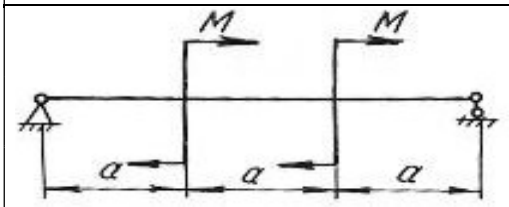
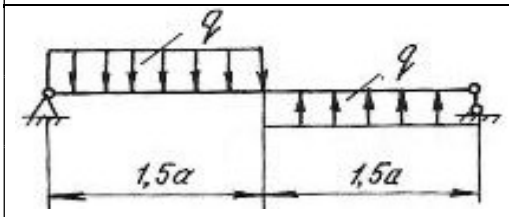
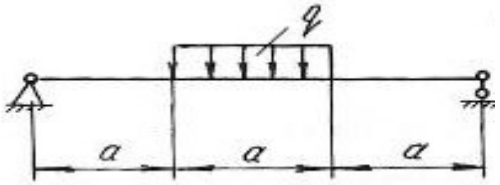
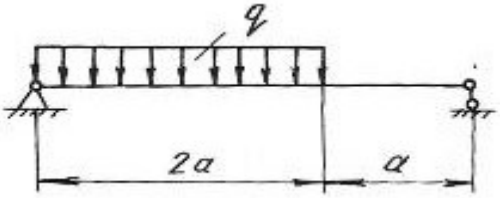
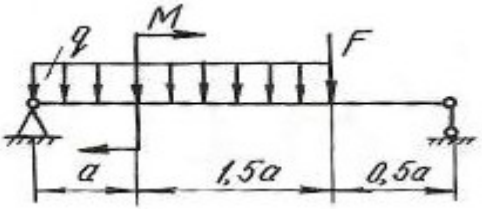
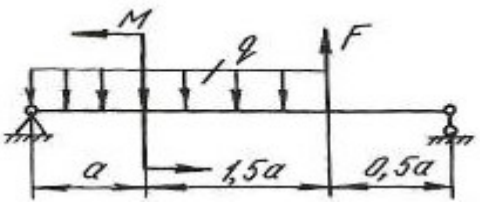
Продолжение табл. 4.1

| Схема балки и нагрузки | Номер варианта | Числовые значения нагрузок и размеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a*, м | *q*, кН/м | *M*, кН·м | *F*, кН |
|  | 37 | 1,2 | 10 | 30 | 15 |
| | 38 | 1,3 | 12 | 40 | 10 |
| | 39 | 1,4 | 15 | 45 | 12 |
|  | 40 | 1,0 | 14 | 50 | 10 |
| | 41 | 2,0 | 13 | 60 | 20 |
| | 42 | 2,0 | 12 | 55 | 12 |
|  | 43 | 1,1 | 16 | – | 20 |
| | 44 | 1,4 | 17 | – | 16 |
| | 45 | 1,5 | 20 | – | 15 |
|  | 46 | 1,6 | 18 | 30 | – |
| | 47 | 1,2 | 11 | 20 | – |
| | 48 | 1,3 | 14 | 10 | – |
|  | 49 | 0,8 | 15 | 40 | – |
| | 50 | 0,7 | 13 | 13 | – |
| | 51 | 1,1 | 17 | 22 | – |
|  | 52 | 0,5 | 24 | – | 20 |
| | 53 | 0,6 | 28 | – | 30 |
| | 54 | 0,9 | 30 | – | 40 |
|  | 55 | 1,1 | 10 | 30 | – |
| | 56 | 1,2 | 20 | 31 | – |
| | 57 | 1,3 | 30 | 32 | – |

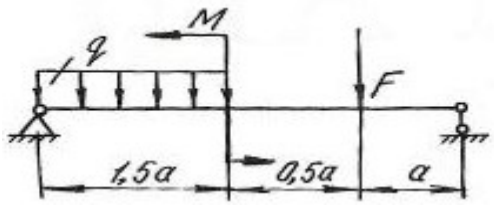
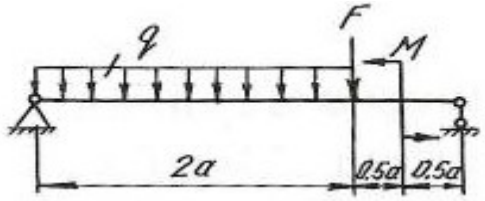
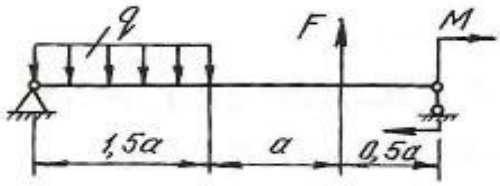
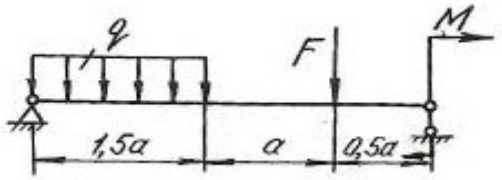
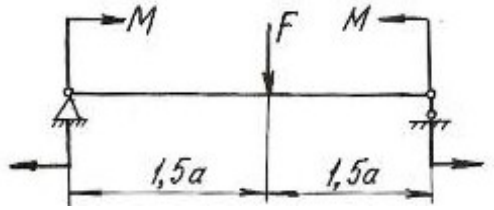
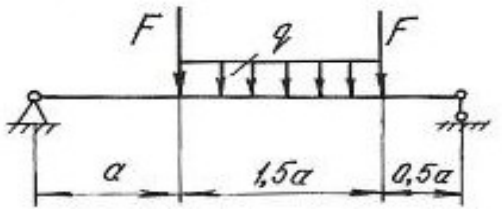
Продолжение табл. 4.1

| Схема балки и нагрузки | Номер варианта | Числовые значения нагрузок и размеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a,* м | *q*, кН/м | *M*, кН·м | *F*, кН |
|  | 58 | 1,4 | 40 | – | 40 |
| | 59 | 1,2 | 35 | – | 50 |
| | 60 | 2,0 | 28 | – | 80 |
|  | 61 | 1,5 | 12 | 20 | – |
| | 62 | 1,7 | 14 | 30 | – |
| | 63 | 1,9 | 16 | 40 | – |
|  | 64 | 2,1 | 18 | 20 | 20 |
| | 65 | 2,3 | 19 | 30 | 30 |
| | 66 | 2,5 | 20 | 25 | 40 |
|  | 67 | 2,0 | 12 | 30 | 25 |
| | 68 | 2,4 | 10 | 35 | 30 |
| | 69 | 2,7 | 10 | 30 | 35 |
|  | 70 | 1,0 | 12 | 10 | 40 |
| | 71 | 2,0 | 14 | 20 | 30 |
| | 72 | 2,0 | 16 | 30 | 40 |
|  | 73 | 1,0 | – | – | 20 |
| | 74 | 2,0 | – | – | 30 |
| | 75 | 2,5 | – | – | 40 |

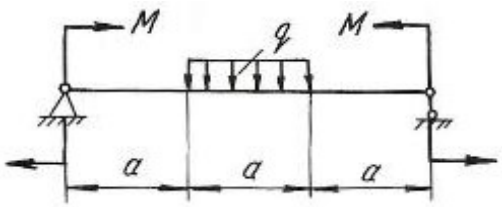
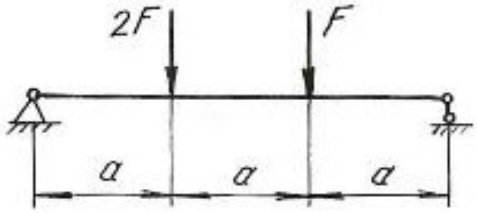
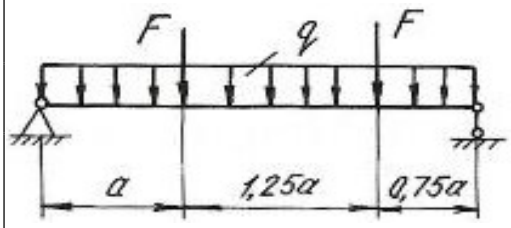
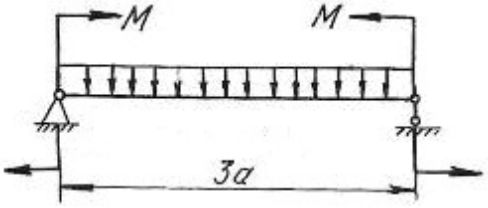
Продолжение табл. 4.1

| Схема балки и нагрузки | Номер варианта | Числовые значения нагрузок и размеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a,* м | *q*, кН/м | *M*, кН·м | *F*, кН |
|  | 76 | 1,5 | – | 30 | – |
| | 77 | 2,5 | – | 40 | – |
| | 78 | 1,2 | – | 50 | – |
|  | 79 | 1,3 | – | 40 | – |
| | 80 | 1,4 | – | 25 | – |
| | 81 | 1,6 | – | 30 | – |
|  | 82 | 1,7 | 10 | – | – |
| | 83 | 1,8 | 10 | – | – |
| | 84 | 1,9 | 10 | – | – |
|  | 85 | 2,1 | 30 | – | – |
| | 86 | 2,2 | 20 | – | – |
| | 87 | 2,3 | 10 | – | – |
|  | 88 | 2,0 | 25 | – | – |
| | 89 | 1,0 | 15 | – | – |
| | 90 | 2,3 | 10 | – | – |
|  | 91 | 1,0 | 15 | 30 | 80 |
| | 92 | 2,0 | 20 | 40 | 90 |
| | 93 | 2,0 | 25 | 50 | 100 |
|  | 94 | 1,2 | 10 | 45 | 25 |
| | 95 | 1,4 | 12 | 50 | 30 |
| | 96 | 1,6 | 15 | 60 | 35 |

Продолжение табл. 4. 1

| Схема балки и нагрузки | Номер варианта | Числовые значения нагрузок и размеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a,* м | *q*, кН/м | *M*, кН·м | *F*, кН |
|  | 97 | 1,8 | 15 | 30 | 40 |
| | 98 | 1,0 | 18 | 20 | 45 |
| | 99 | 1,4 | 21 | 55 | 50 |
|  | 100 | 1,0 | 10 | 30 | 55 |
| | 101 | 2,0 | 20 | 35 | 80 |
| | 102 | 1,0 | 30 | 60 | 40 |
|  | 103 | 1,9 | 15 | 25 | 60 |
| | 104 | 1,7 | 13 | 50 | 40 |
| | 105 | 1,3 | 17 | 75 | 20 |
|  | 106 | 1,0 | 18 | 20 | 35 |
| | 107 | 2,2 | 16 | 60 | 45 |
| | 108 | 2,3 | 14 | 40 | 55 |
|  | 109 | 1,0 | – | 30 | 50 |
| | 110 | 0,6 | – | 40 | 50 |
| | 111 | 0,8 | – | 30 | 60 |
|  | 112 | 1,0 | 2 | – | 70 |
| | 113 | 0,6 | 30 | – | 60 |
| | 114 | 1,2 | 40 | – | 50 |

Окончание табл. 4.1

| Схема балки и нагрузки | Номер варианта | Числовые значения нагрузок и размеров | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *a,* м | *q*, кН/м | *M*, кН·м | *F*, кН |
|   | 115 | 1,2 | 20 | 40 | – |
| | 116 | 1,3 | 10 | 20 | – |
| | 117 | 1,4 | 20 | 30 | – |
|   | 118 | 1,5 | – | – | 40 |
| | 119 | 1,0 | – | – | 30 |
| | 120 | 1,3 | – | – | 20 |
|   | 121 | 1,0 | 10 | – | 20 |
| | 122 | 1,0 | 20 | – | 40 |
| | 123 | 1,0 | 30 | – | 10 |
|   | 124 | 1,2 | 10 | 20 | – |
| | 125 | 1,3 | 11 | 40 | – |
| | 126 | 1,5 | 12 | 50 | – |

## 4.3. Расчет балки на жесткость

После проверки балок на прочность они обычно проверяются на жесткость.

Проверка состоит в определении максимальных перемещений балки при изгибе и сравнении их с допускаемыми значениями для данного материала и типа балки. При этом должны выполняться следующие условия:

$$y_{\max} \le y_{\text{adm}}; \quad y_{\text{adm}} = (\frac{1}{20} \div \frac{1}{250})l; \qquad \theta_{\max} \le \theta_{\text{adm}},$$

где $y_{\text{adm}}$ – допускаемый прогиб; $\theta_{\text{adm}}$ – допускаемый угол поворота; $l$ – пролёт балки.

Для определения прогибов и углов поворота в статически определимых балках обычно применяют метод начальных параметров, который записывается в виде следующих универсальных уравнений:

$$EJ_Z\theta = EJ_Z\theta_0 + \sum_{i=1}^{n}\frac{M_i(x-a_i)^1}{1!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{F_i(x-b_i)^2}{2!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{q_i(x-c_i)^3}{3!}, \quad (4.8)$$

где $n$ – количество нагрузок на рассматриваемых участках.

$$EJ_z y = EJ_Z y_0 + EJ_Z\theta_0 x + \sum_{i=1}^{n}\frac{M_i(x-a_i)^2}{2!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{F_i(x-b_i)^3}{3!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{q_i(x-c_i)^4}{4!}, \quad (4.9)$$

где $\theta$ – угол поворота в исследуемом сечении; $y$ – прогиб в исследуемом сечении; $y_0$ – прогиб в начале координат; $\theta_0$ – угол поворота в начале координат; $x$ – расстояние от начала координат до сечения, в котором определяются перемещения; $M$, $F$, $q$ – внешние нагрузки, включая и реакции; $a$ – расстояния от начала координат до сечений, где приложены моменты; $b$ – расстояния от начала координат до сечений, где приложены сосредоточенные силы; $c$ – расстояния от начала координат до начала каждого участка, нагруженного равномерно распределенной нагрузкой; $EJ_Z$ – жесткость балки при поперечном изгибе.

Метод начальных параметров применяется при условии, что жесткость $EJ_Z$ постоянна по всей длине балки.

Слагаемые, которые включают $M$, $F$, $q$, по знаку определяются в соответствии с правилами знаков, принятыми для определения $M_x$ при расчете слева. При использовании метода начальных параметров необходимо выполнить следующие требования:

1. Начало координат принимается единым для всей балки (обычно в левом крайнем сечении балки);

2. Если равномерно распределенная нагрузка не доходит до рассматриваемого сечения, то ее необходимо продлить до этого сечения, а для сохранения равновесия приложить такую же по величине, но противоположного направления нагрузку. Эту контрнагрузку необходимо включить в уравнения.

Начальные параметры $y_0$ и $\theta_0$ определяются следующим образом. Если начало координат находится не на опоре (рис. 4.4, *б*), то составляем два дополнительных уравнения прогибов для двух опор, где заранее известно, что прогибы на опорах равны нулю. Если начало координат находится на концевой шарнирной опоре (рис. 4.4, *в*), то составляем одно дополнительное уравнение прогибов для другой опоры. Если начало координат находится в жесткой заделке (рис. 4.4, *г*), то дополнительные уравнения составлять не нужно.

При решении задач необходимо иметь в виду, что положительное направление оси $y$ принято вверх. При этом условии положительное значение угла поворота соответствует вращению сечения против хода часовой стрелки, положительный прогиб направлен вверх.

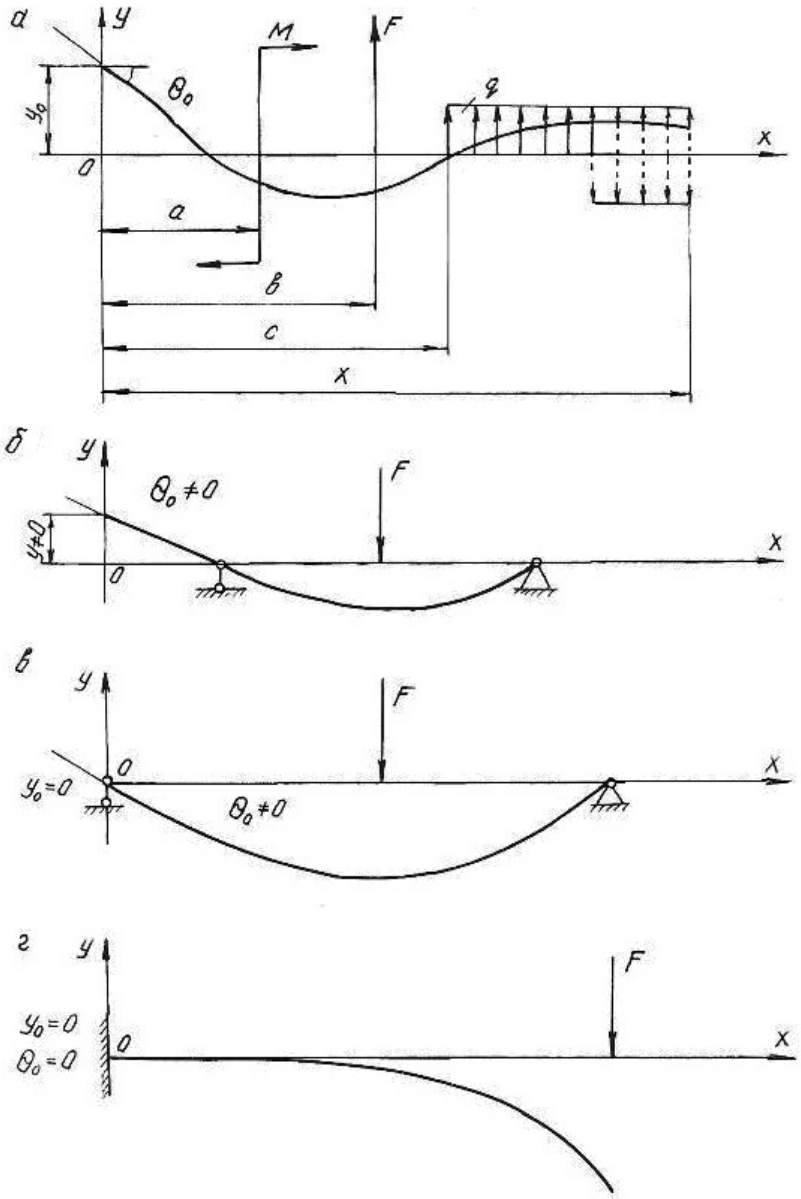



Рис. 4.4.

**Пример 4.3.**

Для балки, изображенной на рис. 4.5, построить эпюры $Q_x$ и $M_x$, подобрать поперечное двутавровое сечение (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. По методу начальных параметров определить прогибы в сечениях $C$ и $D$ и угол поворота сечения $B$. Построить эпюру прогибов и провести проверку на жесткость при $y_{adm} = (1/200)l = (1/200)4 = 0,02$ м $= 2$ см, где $l$ – пролет балки.

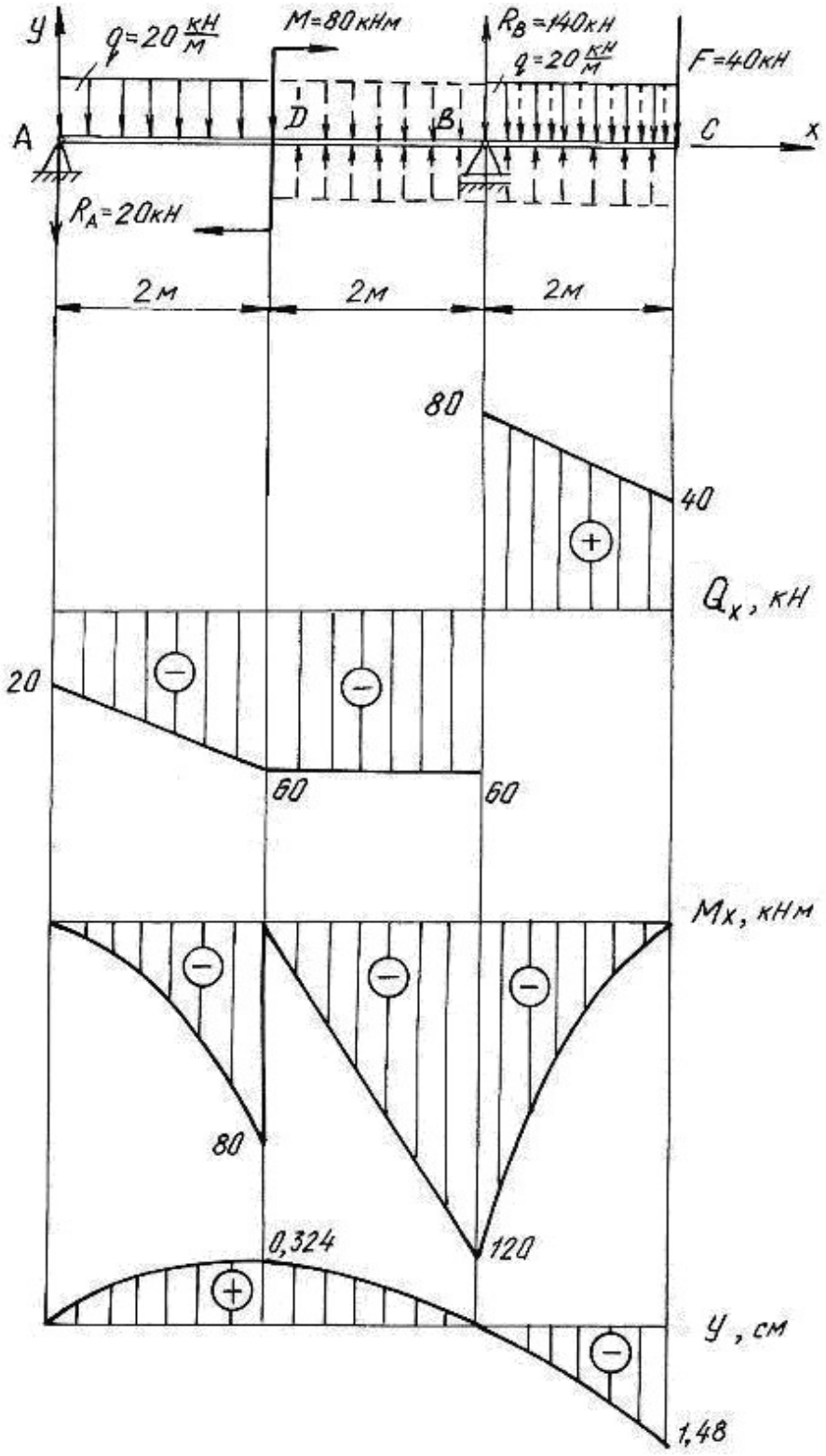

y
q=20 кН/м
M=80кНм
R_B=140кН
q=20 кН/м
F=40кН
A
D
B
C
x
R_A=20кН
2м
2м
2м
80
40
Q_x, кН
20
60
60
M_x, кНм
80
0,324
120
y, см
1,48

Рис. 4.5.

*Решение.*

Определим опорные реакции:

$$\sum M_B = 0, \qquad R_A \cdot 4 + q \cdot 2 \cdot 3 - M - q \cdot 2 \cdot 1 - F \cdot 2 = 0;$$
$$R_A \cdot 4 + 20 \cdot 2 \cdot 3 - 80 - 20 \cdot 2 \cdot 1 - 40 \cdot 2 = 0; \quad R_A = 20 \text{ кН}.$$
$$\sum M_A = 0, \quad R_B \cdot 4 - q \cdot 2 \cdot 1 - M - q \cdot 2 \cdot 5 - F \cdot 6 = 0;$$
$$R_B \cdot 4 - 20 \cdot 2 \cdot 1 - 80 - 20 \cdot 2 \cdot 5 - 40 \cdot 6 = 0; \qquad R_B = 140 \text{ кН}.$$

Проводим проверку

$$\sum Y = 0; \qquad -R_A + R_B - q \cdot 2 - F - q \cdot 2 = 0;$$
$$-20 + 140 - 20 \cdot 2 - 40 - 20 \cdot 2 = 0; \quad 0 = 0$$

По контрольным правилам строим эпюры $Q_x$ и $M_x$, и подбираем поперечное сечение при $M_{\max} = 120$ кН.

$$W_z = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{120 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 750 \text{ см}^3.$$

По таблице сортамента (см. табл. П.1) принимаем двутавр № 36:

$J_z = J_x^{\text{табл.}} = 13380 \text{ см}^4 = 13380 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$.

Для определения перемещений помещаем начало координат на левой опоре (прогиб $y_0 = 0$, угол поворота $\theta_0 \neq 0$). Составляем дополнительное уравнение прогибов для сечения $B$ (при $x_B = 4$ м), где заранее известно, что прогиб на опоре $y_B$ равен нулю.

Распределенная нагрузка обрывается в сечении $D$. Продолжим её до сечения $B$, в котором определяем перемещение, но, чтобы не нарушить прежнее равновесие, вводим уравновешивающую нагрузку обратного направления на участке $BD$.

$$EJ_Z y_B = EJ_Z \theta_0 x_B + \frac{M(x-2)^2}{2} - \frac{R_A(x_B - 0)^3}{6} - \frac{q(x_B - 0)^4}{24} + \frac{q(x_B - 2)^4}{24};$$
$$0 = EJ_Z \theta_0 \cdot 4 + \frac{80(4-2)^2}{2} - \frac{20(4-0)^3}{6} - \frac{20(4-0)^4}{24} + \frac{20(4-2)^4}{24}.$$

Последний член уравнения учитывает компенсирующую нагрузку. Подставляя числовые значения, получим $EJ_Z \theta_0 = EJ_Z \theta_A = 63,3 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$.

Определим прогибы на границах заданных участков. При определении прогиба в сечении $C$ равномерно распределенную нагрузку необходимо продлить до этого сечения и уравновесить её.

В сечении $C$ ($x_C = 6$ м):

$$EJ_Z y_C = EJ_Z \theta_0 x_C + \frac{M(x_C-2)^2}{2} - \frac{R_A(x_C-0)^3}{6} + \frac{R_B(x_C-4)^3}{6} -$$
$$- \frac{q(x_C-0)^4}{24} + \frac{q(x_C-2)^4}{24} - \frac{q(x_C-4)^4}{24};$$

$$EJ_Z y_C = 63{,}3 \cdot 6 + \frac{80 \cdot (6-2)^2}{2} - \frac{20 \cdot (6-0)^3}{6} + \frac{140 \cdot (6-4)^3}{6} - \frac{20 \cdot (6-0)^4}{24} +$$
$$+ \frac{20(6-2)^4}{24} - \frac{20(6-4)^4}{24} = -393 \text{ кНм}^3;$$

$$y_C = \frac{-393 \cdot 10^3}{EJ_Z} = \frac{-393 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 13380 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0148 \text{ м}; \; y_C = -1{,}480 \text{ см};$$

в сечении $D$ ($x_D = 2$ м):

$$EJ_Z y_D = EJ_Z \theta_0 \cdot x_D - \frac{R_A(x_D-0)^3}{6} - \frac{q(x_D-0)^4}{24} = 63{,}3 \cdot 2 - \frac{20(2-0)^3}{6} - \frac{20(2-0)^4}{24} =$$

$$= 86{,}7 \text{ кНм}^3; \qquad y_D = \frac{86{,}7 \cdot 10^3}{EJ_Z} = \frac{86{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 13380 \cdot 10^{-8}} = 0{,}00324 \text{ м} = 0{,}324 \text{ см}.$$

По полученным значениям прогибов строим изогнутую ось балки (см. рис. 4.5).

Определим угол поворота сечения $B$ ($x_B = 4$ м), продлив и уравновесив распределенную нагрузку

$$EJ_Z \theta_B = EJ_Z \theta_0 + \frac{M(x-2)^1}{1} - \frac{R_A(x-0)^2}{2} - \frac{q(x-0)^3}{6} + \frac{q(x-2)^3}{6} =$$

$$= 63{,}3 + \frac{80(4-2)^1}{1} - \frac{20(4-0)^2}{2} - \frac{20(4-0)^3}{6} + \frac{20(4-2)^3}{6} = -123 \text{ кНм}^2;$$

$$\theta_B = -\frac{123 \cdot 10^3}{EJ_Z} = -\frac{123 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 13380 \cdot 10^{-8}} = -46 \cdot 10^{-4} \text{ рад} =$$
$$= -46 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{180}{\pi} = -0{,}26^\circ = -0^\circ 15' 36''.$$

Максимальный прогиб балки $y_{\max} = y_C = 1{,}480$ см.

Таким образом, $y_{\max} = 1{,}480$ см $< y_{\text{adm}} = 2$ см, следовательно, условие жесткости выполняется.

## 4.4. Задания для расчета балок на жесткость

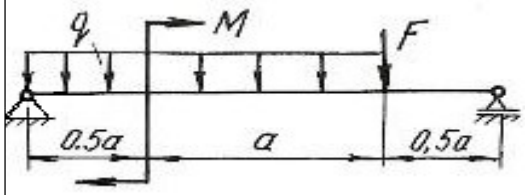
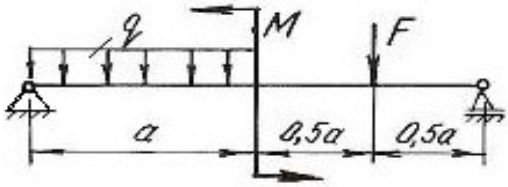
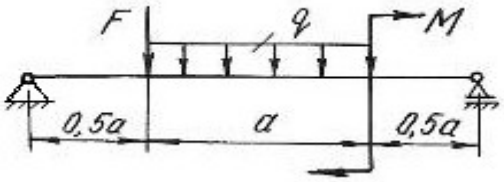
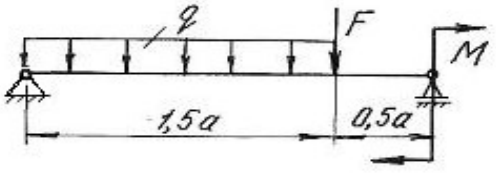
Для расчетной схемы (табл. 4.2) необходимо:

1. Построить по длине балки эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

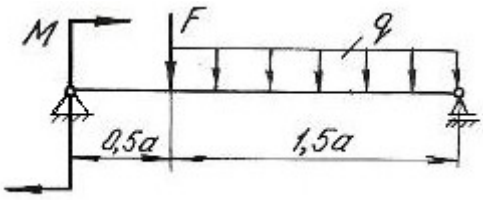
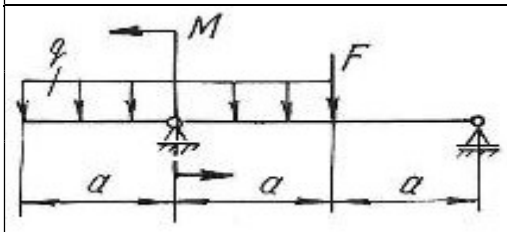
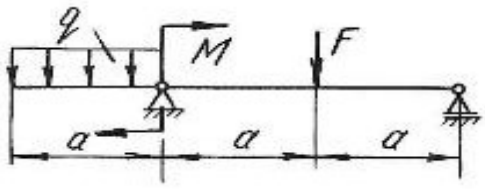
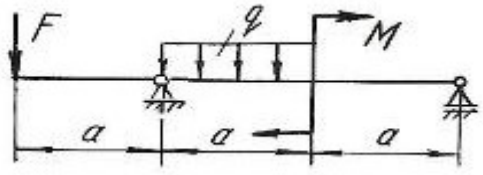
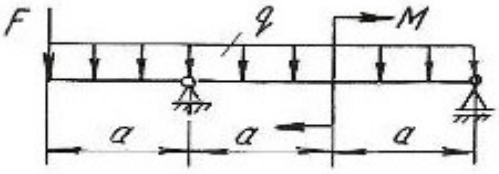
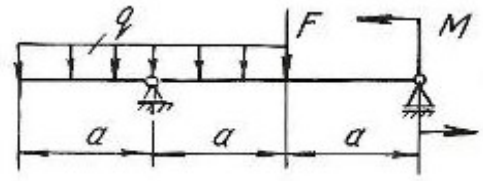
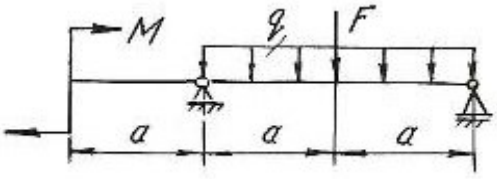
2. Подобрать поперечное сечение балки двутаврового профиля (см. табл. П. 1), материал – сталь при $\sigma_{adm} = 160$ МПа.

3. Определить по методу начальных параметров величину прогибов балки в характерных сечениях и провести проверку балки на жесткость, приняв $y_{adm} = (1/100)l$.

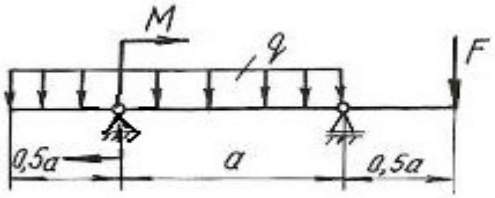
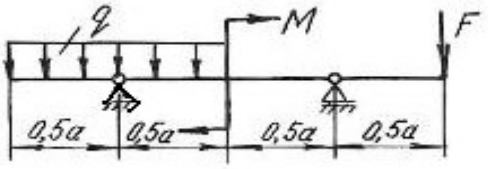
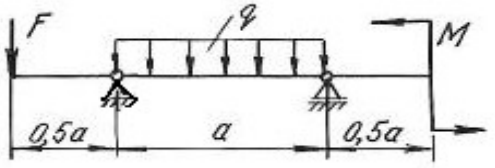
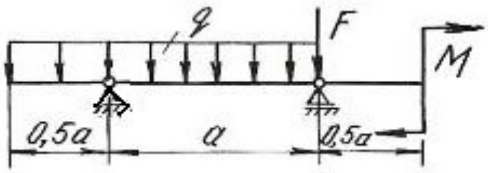
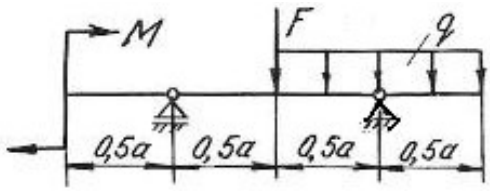
Таблица 4.2

| Схема балки и нагрузки | Вариант | $a$, м | $q$, кН/м | $M$, кН·м | $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 1 | 1 | 10 | 30 | 20 |
| | 2 | 0,5 | 20 | 25 | 30 |
|  | 3 | 1 | 10 | 10 | 16 |
| | 4 | 2 | 20 | 30 | 10 |
| | 5 | 0,5 | 30 | 15 | 12 |
|  | 6 | 1 | 12 | 36 | 24 |
| | 7 | 2 | 6 | 12 | 10 |
| | 8 | 1 | 4 | 12 | 8 |
|  | 9 | 0,5 | 10 | 20 | 16 |
| | 10 | 2 | 4 | 12 | 10 |
| | 11 | 1 | 20 | 24 | 12 |
|  | 12 | 1 | 12 | 12 | 10 |
| | 13 | 2 | 10 | 4 | 10 |
| | 14 | 1 | 8 | 20 | 30 |

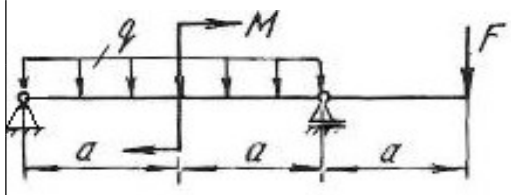
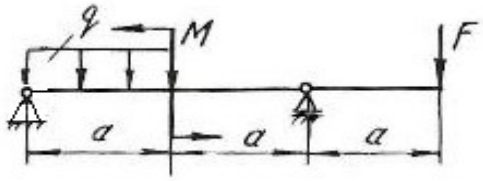
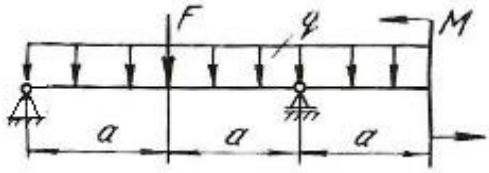
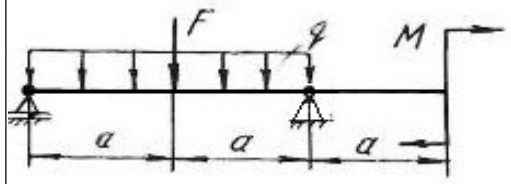
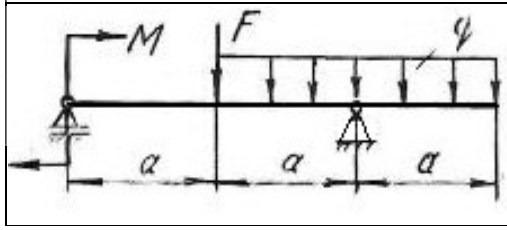
Продолжение табл. 4.2

| Схема балки и нагрузки | Вариант | $a$, м | $q$, кН/м | $M$, кН·м | $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 15 | 1 | 8 | 12 | 16 |
| | 16 | 1 | 12 | 14 | 10 |
| | 17 | 2 | 4 | 16 | 6 |
|  | 18 | 1 | 10 | 18 | 24 |
| | 19 | 2 | 4 | 16 | 16 |
| | 20 | 0,5 | 20 | 32 | 24 |
|  | 21 | 1 | 20 | 15 | 8 |
| | 22 | 2 | 8 | 14 | 4 |
| | 23 | 0,5 | 10 | 28 | 12 |
|  | 24 | 1 | 24 | 10 | 10 |
| | 25 | 2 | 12 | 16 | 12 |
| | 26 | 0,5 | 4 | 18 | 24 |
|  | 27 | 1 | 20 | 10 | 6 |
| | 28 | 2 | 10 | 8 | 16 |
| | 29 | 0,5 | 4 | 15 | 8 |
|  | 30 | 1 | 2 | 6 | 4 |
| | 31 | 2 | 4 | 12 | 10 |
| | 32 | 0,5 | 8 | 12 | 18 |
|  | 33 | 1 | 10 | 12 | 4 |
| | 34 | 2 | 12 | 18 | 12 |
| | 35 | 0,5 | 20 | 30 | 10 |

Продолжение табл. 4.2

| Схема балки и нагрузки | Вариант | $a$, м | $q$, кН/м | $M$, кН·м | $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 36 | 1 | 20 | 12 | 8 |
| | 37 | 2 | 12 | 16 | 16 |
| | 38 | 1 | 40 | 24 | 20 |
|  | 39 | 1 | 10 | 20 | 12 |
| | 40 | 2 | 4 | 12 | 8 |
| | 41 | 1 | 8 | 4 | 12 |
|  | 42 | 1 | 24 | 12 | 8 |
| | 43 | 2 | 8 | 10 | 4 |
| | 44 | 1 | 12 | 24 | 20 |
|  | 45 | 1 | 36 | 12 | 24 |
| | 46 | 2 | 32 | 16 | 20 |
| | 47 | 1 | 16 | 8 | 8 |
|  | 48 | 1 | 16 | 18 | 10 |
| | 49 | 2 | 12 | 20 | 12 |
| | 50 | 1 | 32 | 10 | 6 |
|  | 51 | 1 | 24 | 20 | 4 |
| | 52 | 2 | 4 | 24 | 16 |
| | 53 | 1 | 8 | 30 | 10 |

Окончание табл. 4.2

| Схема балки и нагрузки | Вариант | $a$, м | $q$, кН/м | $M$, кН·м | $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
|  | 54 | 1 | 10 | 12 | 6 |
| | 55 | 2 | 4 | 10 | 8 |
| | 56 | 0,5 | 8 | 8 | 4 |
|  | 57 | 1 | 20 | 12 | 6 |
| | 58 | 2 | 12 | 36 | 8 |
| | 59 | 1 | 24 | 16 | 12 |
|  | 60 | 1 | 10 | 40 | 16 |
| | 61 | 0,5 | 12 | 18 | 10 |
| | 62 | 2 | 4 | 36 | 12 |
|  | 63 | 1 | 10 | 20 | 10 |
| | 64 | 1 | 12 | 16 | 8 |
| | 65 | 2 | 4 | 16 | 12 |
|  | 66 | 1 | 12 | 10 | 20 |
| | 67 | 2 | 8 | 32 | 16 |
| | 68 | 0,5 | 24 | 12 | 12 |
|  | 69 | 1 | 10 | 18 | 12 |
| | 70 | 2 | 8 | 36 | 16 |
| | 71 | 0,5 | 20 | 42 | 8 |

# Глава 5

# СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ НЕРАЗРЕЗНЫЕ МНОГОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ И ПЛОСКИЕ РАМЫ

## 5.1. Статически неопределимые балки

Цельная балка, лежащая на нескольких опорах, называется неразрезной. С промежуточными опорами такая балка обычно соединена шарнирно. Концевые опоры могут быть или шарнирными или защемленными.

Неразрезные балки представляют собой статически неопределимые системы, так как для их расчета уравнений статики недостаточно. Эти балки могут быть рассчитаны с помощью теоремы о трех моментах или методом сил.

В данном разделе рассматривается решение неразрезной балки по методу сил.

Способ расчета статически неопределимых систем, при котором за «лишние» неизвестные принимаются силы или моменты, называется **методом сил**. Для расчета статически неопределимой балки необходимо раскрыть ее статическую неопределимость, для чего эту балку освобождают сначала от «лишних» связей, превращая ее тем самым в статически определимую (геометрически неизменяемую) систему, называемую основной системой. Она может быть получена путем введения необходимого количества шарниров, балочных опор, путем разреза контура (чаще для рам) и др.

Дополнительные уравнения для нахождения «лишних» неизвестных составляются из условий, что взаимные перемещения основной системы в местах приложения «лишних» неизвестных равны нулю (условия совместности деформаций – условия неразрезности).

Степень статической неопределимости балки соответствует количеству «лишних» неизвестных. В качестве «лишних» неизвестных можно принимать реакции на опорах балки или опорные моменты. Для многопролетных неразрезных балок за «лишние» неизвестные удобнее принять опорные моменты. Опорными моментами называют суммарные моменты внутренних сил упругости, возникающих в поперечных сечениях над опорами.

На рис. 5.1, *а* показана дважды статически неопределимая балка. За «лишние» неизвестные приняты опорные моменты на первой и второй опорах. Моменты на нулевой и третьей опорах равны нулю (рис. 5.1, *б*).

Для определения «лишних» неизвестных воспользуемся условием:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= 0, \\ \Delta_2 &= 0, \end{aligned} \qquad (5.1)$$

где $\Delta_1$ – суммарное возможное перемещение центра тяжести поперечного сечения от всех внешних нагрузок и от всех «лишних» неизвестных по направле-

нию действия первой «лишней» неизвестной $X_1$; $\Delta_2$ – суммарное возможное перемещение центра тяжести поперечного сечения от всех внешних нагрузок и от всех «лишних» неизвестных по направлению действия второй «лишней» неизвестной $X_2$.

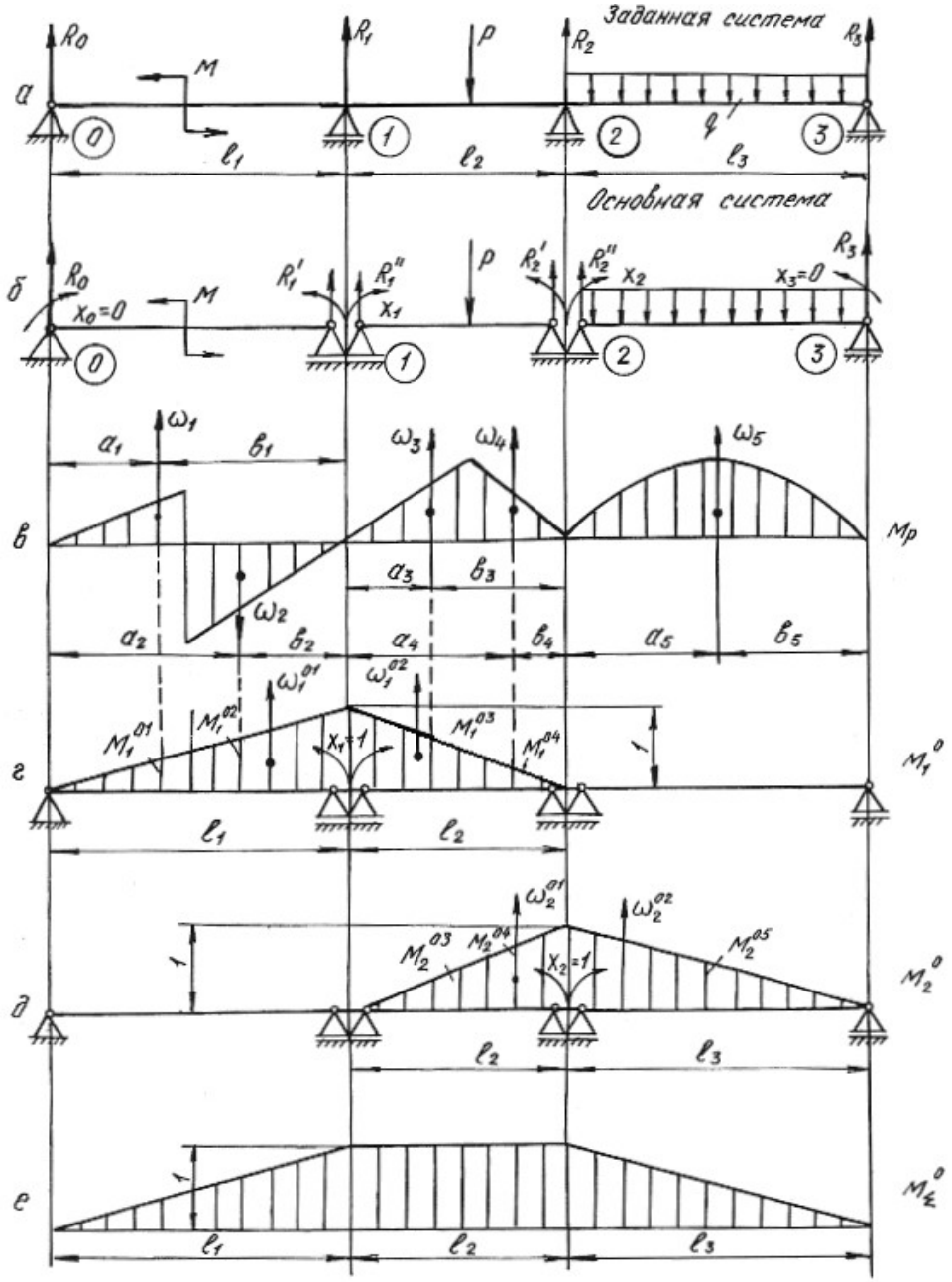



Рис. 5.1.

Эти перемещения в силу принципа независимости действия сил можно представить как сумму перемещений от каждой отдельной силы, приложенной к системе, т. е. от внешней нагрузки, обобщенно обозначаемой буквой *P,* и от неизвестных $X_1$, $X_2$, приложенных на опорах основной системы. Указанные пе-

ремещения выражаются через неизвестные $X_1$, $X_2$, нагрузку $P$ и перемещения от единичных сил $X_1$=1, $X_2$=1.

$$\begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} = 0, \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} = 0. \end{aligned} \tag{5.2}$$

Эти уравнения носят название канонических уравнений метода сил. Число их равно степени статической неопределимости системы. На примере первого уравнения рассмотрим обозначения:

$\delta_{11}$ – возможное перемещение центра тяжести поперечного сечения от действия единичной силы $X_1 = 1$ по направлению действия первой «лишней» неизвестной $X_1$;

$\delta_{11}X_1$ – возможное перемещение, вызванное действием $X_1$ по ее направлению;

$\delta_{12}$ – возможное перемещение от единичной нагрузки $X_2 = 1$ по направлению $X_1$;

$\delta_{12}X_2$– возможное перемещение от второй «лишней» неизвестной $X_2$ по направлению $X_1$;

$\Delta_{1p}$ – возможное перемещение от всех внешних нагрузок по направлению «лишней» неизвестной $X_1$.

Коэффициенты канонических уравнений с одинаковыми числовыми индексами $\delta_{11}$, $\delta_{22}$ называются *главными коэффициентами***.** Они всегда положительны. Коэффициенты с разными числовыми индексами $\delta_{21}$, $\delta_{12}$ называются *побочными*. Они могут быть положительными или отрицательными. На основании теоремы о взаимности перемещений побочные коэффициенты $\delta_{21} = \delta_{12}$.

Свободные члены канонических уравнений $\Delta_{1p}$, и $\Delta_{2p}$ еще называют *грузовыми членами*, так как они представляют собой перемещения от внешних нагрузок.

Для вычисления коэффициентов и грузовых членов канонических уравнений строим эпюры изгибающих моментов от единичных нагрузок (единичные эпюры) – рис. 5.1, *г*, *д* и эпюры изгибающих моментов от внешних нагрузок (грузовые эпюры) – рис. 5.1, *в*.

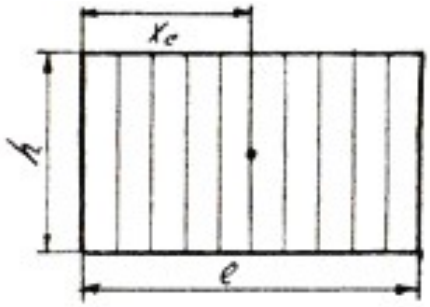
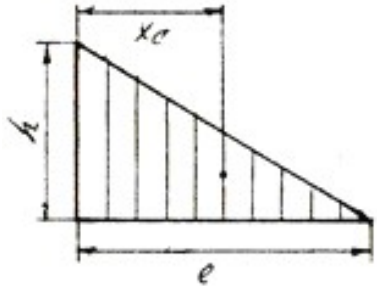
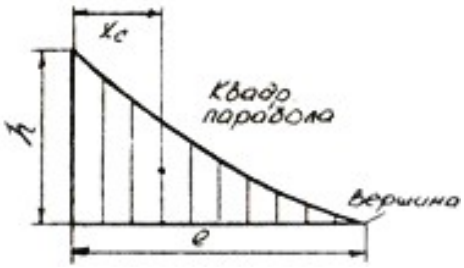
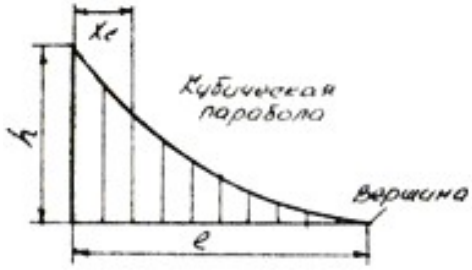
Коэффициенты уравнений и свободные члены находим путем перемножения эпюр по формуле Верещагина (или по формуле Симпсона)

$$\delta = \frac{1}{EJ}\sum \omega M_c^0, \tag{5.3}$$

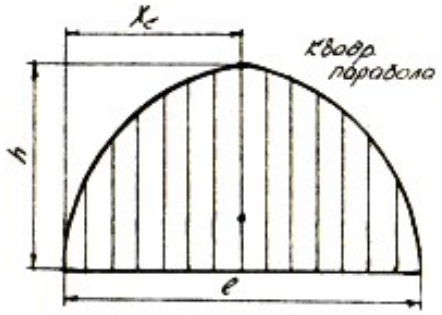
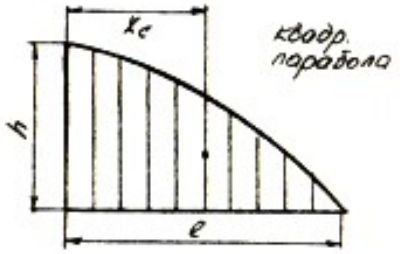
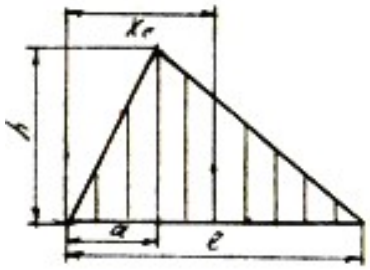
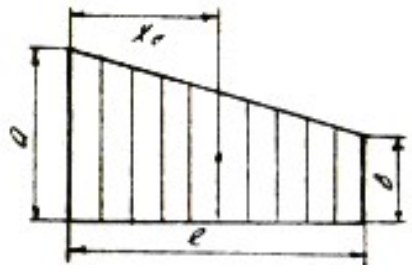
где $\omega$ – площадь эпюры изгибающих моментов; $M_c^0$ – ордината из единичной эпюры напротив центра тяжести грузовой эпюры; $EJ$ – жесткость балки при изгибе.

Формулы для определения площадей и координат их центров тяжести приведены в табл. 5.1**.**

Таблица 5.1

| Фигура | ω | $x_c$ |
|---|---|---|
|  | $lh$ | $\frac{1}{2}l$ |
|  | $\frac{1}{2}lh$ | $\frac{1}{3}l$ |
|  | $\frac{1}{3}lh$ | $\frac{1}{4}l$ |
|  | $\frac{1}{4}lh$ | $\frac{1}{5}l$ |

Окончание табл. 5.1

| Фигура | ω | $x_c$ |
|---|---|---|
|  | $\frac{2}{3}lh$ | $\frac{1}{2}l$ |
|  | $\frac{2}{3}lh$ | $\frac{3}{8}l$ |
|  | $\frac{1}{2}lh$ | $\frac{a+l}{3}$ |
|  | $l\frac{a+b}{2}$ | $\frac{(a+2b)}{3(a+b)}l$ |

Главные коэффициенты $\delta_{11}$ и $\delta_{22}$ находим в результате перемножения единичных эпюр $M_1^0$, $M_2^0$ самих на себя

$$\delta_{11}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_1^0 M_{c1}^0=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_1\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_2\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+\frac{l_2}{3}\right);$$

$$\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_2^0 M_{c2}^0=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_2\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_3\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_2}{3}+\frac{l_3}{3}\right);$$

Побочные коэффициенты находим путем взаимного перемножения указанных единичных эпюр.

Для определения коэффициента $\delta_{12}$ берется площадь эпюры $M_2^0$ на участке длиной $l_2$, которая умножается на ординату с эпюры $M_1^0$

$$\delta_{12}=\delta_{21}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_2^0 M_{c1}^0=\frac{1}{EJ}\sum\omega_1^0 M_{c2}^0=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_2\cdot 1\right)\cdot\frac{1}{3}\cdot 1=\frac{l_2}{6\cdot EJ}.$$

Свободные члены уравнений находим путем умножения грузовых эпюр $M_p$ на единичные $M_1^0$ и $M_2^0$

$$\Delta_{1p}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_p M_{c1}^0=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1 M_1^{01}-\omega_2 M_1^{02}+\omega_3 M_1^{03}+\omega_4 M_1^{04}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1\frac{a_1}{l_1}-\omega_2\frac{a_2}{l_1}+\omega_3\frac{b_3}{l_2}+\omega_4\frac{b_4}{l_2}\right),$$

где $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ – площади грузовых эпюр; $M_1^{01}, M_1^{02}, M_1^{03}, M_1^{04}$ – ординаты, взятые из единичной эпюры $M_1^0$ напротив центров тяжести указанных площадей.

$$\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_p M_{c2}^0=\frac{1}{EJ}\left(\omega_3 M_2^{03}+\omega_4 M_2^{04}+\omega_5 M_2^{05}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(\omega_3\frac{a_3}{l_2}+\omega_4\frac{a_4}{l_2}+\omega_5\frac{b_5}{l_3}\right).$$

После подстановки найденных перемещений в канонические уравнения получим

$$\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+\frac{l_2}{3}\right)X_1+\frac{l_2}{6EJ}X_2+\frac{1}{EJ}\left(\omega_1\frac{a_1}{l_1}-\omega_2\frac{a_2}{l_1}+\omega_3\frac{b_3}{l_2}+\omega_4\frac{b_4}{l_2}\right)=0;$$

$$\frac{l_2}{6EJ}X_1+\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_2}{3}+\frac{l_3}{3}\right)X_2+\frac{1}{EJ}\left(\omega_3\frac{a_3}{l_2}+\omega_4\frac{a_4}{l_2}+\omega_5\frac{b_5}{l_3}\right)=0.$$

Во избежание ошибок при определении «лишних» неизвестных необходимо проверить правильность определения коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Для этого необходимо построить суммарную эпюру единичных моментов $M_\Sigma^0$.

При умножении по правилу Верещагина суммарной единичной эпюры $M_{\Sigma}^{0}$ на единичную эпюру $M_{1}^{0}$ должна получиться сумма коэффициентов первого канонического уравнения

$$\delta_{11}+\delta_{12}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_1\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(l_2\cdot 1\frac{1}{2}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+\frac{l_2}{2}\right).$$

При умножении суммарной эпюры $M_{\Sigma}^{0}$ на эпюру $M_{2}^{0}$ должна получиться сумма коэффициентов второго канонического уравнения

$$\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_3\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(l_2\cdot 1\frac{1}{2}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_3}{3}+\frac{l_2}{2}\right).$$

Эта проверка называется построчной.

Произведение суммарной единичной эпюры саму на себя должно быть равным сумме всех коэффициентов канонических уравнений

$$\delta_{11}+\delta_{12}+\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_1\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(l_2\cdot 1\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_3\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+l_2+\frac{l_3}{3}\right).$$

Эта проверка называется универсальной.

Правильность определения грузовых членов уравнений состоит в следующем: их сумма должна равняться произведению грузовой эпюры $M_p$ на суммарную единичную эпюру $M_{\Sigma}^{0}$

$$\Delta_{1p}+\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1\frac{a_1}{l_1}-\omega_2\frac{a_2}{l_1}+\omega_3\cdot 1+\omega_4\cdot 1+\omega_5\frac{b_5}{l_3}\right).$$

Убедившись в правильности определения коэффициентов и свободных членов уравнений методом последовательного исключения, находим «лишние» неизвестные $X_1$ и $X_2$ из канонических уравнений. При правильном определении «лишних» неизвестных после их подстановки в канонические уравнения, последние должны обращаться в тождества.

Учитывая опорные моменты и внешние нагрузки, определяют по уравнениям статики опорные реакции, строят эпюру поперечных сил $Q_x$ и эпюру изгибающих моментов $M_x$.

Порядок решения неразрезной балки методом сил сводится к следующему:

1. Определяют степень статической неопределимости балки;

2. Выбирают основную систему (тем самым выбираются «лишние» неизвестные);

3. По числу «лишних» неизвестных составляются канонические уравнения;

4. Строят эпюры изгибающих моментов от действующих на основную систему внешних нагрузок – грузовые эпюры;

5. В местах действия «лишних» неизвестных и по направлению их действия прикладывают единичные моменты и строят эпюры изгибающих моментов от этих единичных моментов – единичные эпюры;

6. Вычисляют главные, побочные коэффициенты и свободные члены канонических уравнений и проверяют правильность их вычисления;

7. Методом последовательного исключения неизвестных решают канонические уравнения и определяют «лишние» неизвестные с последующей проверкой;

8. С помощью уравнений равновесия определяют опорные реакции заданной балки с последующей проверкой;

9. Строят эпюры поперечных сил $Q_x$ и изгибающих моментов $M_x$;

10. Подбирают поперечное сечение балки заданного профиля;

11. Производят проверку на прочность и жесткость балки, если это требуется по условию задачи.

**Пример 5.1.**

Для заданной схемы стальной неразрезной балки (рис. 5.2, *а*) требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
2. Подобрать поперечное сечение двутаврового профиля (см. табл. П. 1), если $\sigma_{adm} = 160\,\text{МПа}$, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па.

*Решение.*

Определяем степень статической неопределимости балки. Она равна двум (числу опор без двух плюс единица из-за наличия жесткой заделки) и выбираем основную систему.

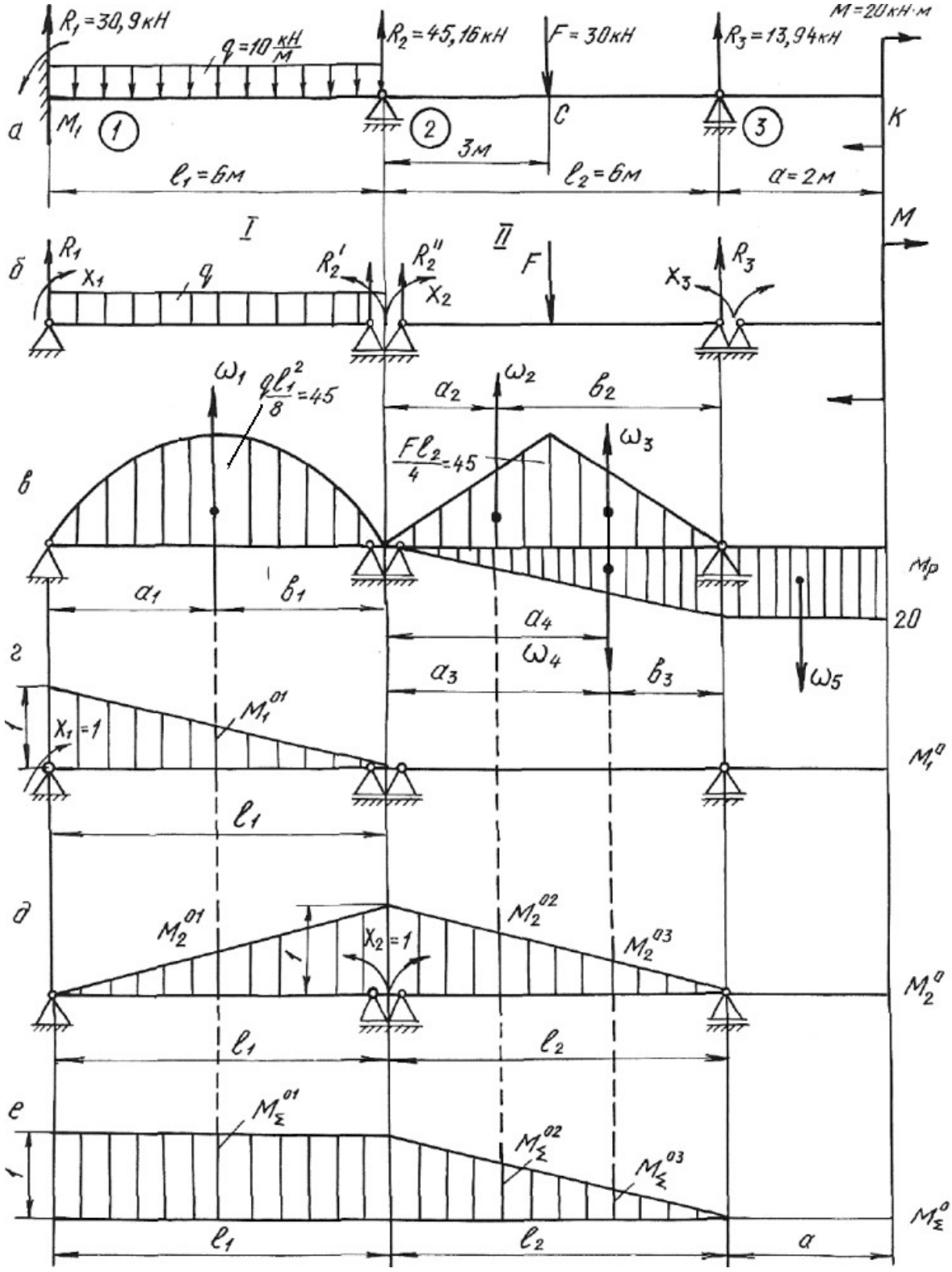
В качестве «лишних» неизвестных принимаются опорные моменты. Основная система показана на рис. 5.2, *б*.

Составляем канонические уравнения:

$$\delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \Delta_{1p} = 0,$$

$$\delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \Delta_{1p} = 0.$$

Для определения главных, побочных коэффициентов и свободных членов уравнений строим единичные эпюры $M_1^0$ (рис. 5.2, *г*), $M_2^0$ (рис. 5.2, *д*) и суммарную единичную эпюру $M_\Sigma^0$ (рис. 5.2, *е*). Грузовые эпюры $M_p$ представлены на рис. 5.2, *в*.



$R_1 = 30,9$ кН
$q = 10\ \frac{кН}{м}$
$R_2 = 45,16$ кН
$F = 30$ кН
$R_3 = 13,94$ кН
$M = 20$ кН·м
а
$M_1$
1
2
3
C
K
3м
$l_1 = 6$м
$l_2 = 6$м
$a = 2$м
I
II
M
б
$R_1$
$X_1$
q
$R_2'$
$R_2''$
$X_2$
F
$X_3$
$R_3$
$\omega_1$
$\frac{ql_1^2}{8} = 45$
$a_2$
$\omega_2$
$b_2$
$\frac{Fl_2}{4} = 45$
$\omega_3$
в
$M_p$
$a_1$
$b_1$
$a_4$
20
$\omega_4$
$a_3$
$b_3$
$\omega_5$
г
$X_1 = 1$
$M_1^{01}$
$M_1^0$
$l_1$
д
$M_2^{01}$
$X_2 = 1$
$M_2^{02}$
$M_2^{03}$
$M_2^0$
$l_1$
$l_2$
е
$M_\Sigma^{01}$
$M_\Sigma^{02}$
$M_\Sigma^{03}$
$M_\Sigma^0$
$l_1$
$l_2$
a


Рис. 5.2.

Путем умножения эпюр $M_1^0$ и $M_2^0$ самих на себя, находим значения главных коэффициентов:

$$\delta_{11}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot 6\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{2{,}0}{EJ};$$

$$\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_2\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(2{,}0+2{,}0\right)=\frac{4{,}0}{EJ}.$$

Побочные коэффициенты определяем путем взаимного перемножения единичных эпюр $M_1^0$ и $M_2^0$

$$\delta_{12}=\delta_{21}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_1\frac{1}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot 6\cdot\frac{1}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}.$$

Находим свободные (грузовые) члены уравнений, перемножая эпюры изгибающих моментов от внешних нагрузок на единичные эпюры.

Площади грузовых эпюр:

$$\omega_1=\frac{2}{3}h_1l_1=\frac{2}{3}\cdot 4{,}5\cdot 10^4\cdot 6=18\cdot 10^4\ \text{Н}\cdot\text{м}^2;$$

$$\omega_2=\omega_3=\frac{1}{2}h_2\frac{l_2}{2}=\frac{1}{2}\cdot 4{,}5\cdot 10^4\cdot 3=6{,}75\cdot 10^4\ \text{Н}\cdot\text{м}^2;$$

$$\omega_4=\frac{1}{2}\cdot 20\cdot 10^3\cdot 6=6\cdot 10^4\ \text{Н}\cdot\text{м}^2.$$

Расстояния $a_1=b_1=3$ м; $a_2=b_3=2$ м; $b_2=a_3=4$ м; $a_4=4$ м.

$$\Delta_{1p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1M_1^{01}\right)=\frac{1}{EJ}\left(18\cdot 10^4\cdot\frac{1}{2}\cdot 1\right)=\frac{9\cdot 10^4}{EJ},$$

где $M_1^{01}$– ордината единичной эпюры $M_1^0$ напротив центра тяжести площади грузовой эпюры $\omega$:

$$\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1M_2^{01}+\omega_2M_2^{02}+\omega_3M_2^{03}-\omega_4M_2^{04}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(18\cdot 10^4\cdot\frac{1}{2}\cdot 1-6\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{4}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}\right)=$$

$$=\frac{15{,}75\cdot 10^4}{EJ}-\frac{2\cdot 10^4}{EJ}=\frac{13{,}75\cdot 10^4}{EJ},$$

где $M_2^{01}$, $M_2^{02}$, $M_2^{03}$, $M_2^{04}$– ординаты единичной эпюры $M_2^0$ напротив центров тяжести площадей грузовых эпюр $\omega_1$, $\omega_2$, $\omega_3$, $\omega_4$.

Производим проверку правильности определения коэффициентов и свободных членов уравнений, для чего строим суммарную единичную эпюру $M_\Sigma^0$.

*Построчная проверка.* Перемножая суммарную единичную эпюру $M_{\Sigma}^{0}$ на единичную эпюру $M_{1}^{0}$, должны получить сумму коэффициентов первого канонического уравнения

$$\delta_{11}+\delta_{12}=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot l_1\cdot\frac{1}{2}\cdot 1+0\right)=\frac{3}{EJ}.$$

При перемножении эпюры $M_{\Sigma}^{0}$ на единичную эпюру $M_{2}^{0}$ должны получить сумму коэффициентов второго канонического уравнения:

$$\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot l_1\cdot\frac{1}{2}\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot l_2\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot 6\cdot\frac{1}{2}\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot 6\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{5{,}00}{EJ}.$$

*Универсальная проверка*. Умножаем суммарную единичную эпюру $M_{\Sigma}^{0}$ саму на себя. Должны получить сумму всех коэффициентов канонических уравнений:

$$\delta_{11}+\delta_{12}+\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot l_1\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot l_2\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot 6\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot 6\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\right)=\frac{8{,}00}{EJ}.$$

Проводим проверку правильности определения грузовых членов уравнений.

Перемножением грузовой эпюры $M_p$ на суммарную единичную эпюру $M_{\Sigma}^{0}$ должны получить сумму свободных членов уравнений:

$$\Delta_{1p}+\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1 M_{\Sigma}^{01}+\omega_2 M_{\Sigma}^{02}+\omega_3 M_{\Sigma}^{03}-\omega_4 M_{\Sigma}^{04}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(18\cdot 10^4\cdot 1+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{4}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}-6\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}\right)=\frac{22{,}75\cdot 10^4}{EJ}.$$

Подставляем коэффициенты и свободные члены в канонические уравнения:

$$\frac{2{,}00}{EJ}X_1+\frac{1{,}00}{EJ}X_2+\frac{9\cdot 10^4}{EJ}=0.$$

$$\frac{1{,}00}{EJ}X_1+\frac{4{,}0}{EJ}X_2+\frac{13{,}75\cdot 10^4}{EJ}=0.$$

После сокращения на жесткость получаем:

$$2{,}00X_1+1{,}00X_2+9\cdot 10^4=0.$$

$$1{,}00X_1+4{,}00X_2+13{,}75\cdot 10^4=0.$$

Решая совместно эти уравнения, находим:

$$X_1=M_1=-3{,}18\cdot 10^4\ \text{Н·м}=-31{,}8\ \text{кН·м},$$

$$X_2 = M_2 = -2{,}64 \cdot 10^4 \text{ Нм} = -26{,}4 \text{ кН·м}.$$

На опоре № 3 (см. рис. 5.2, *а*) опорный момент будет равен моменту $M$ со знаком минус:

$$X_3 = M_3 = -20 \text{ кН·м}.$$

Подставив найденные значения «лишних» неизвестных в канонические уравнения, убеждаемся в том, что эти уравнения превращаются в тождества.

Определяем опорные реакции заданной балки из уравнений статики:

$$\sum M_1^{\text{I}} = 0; \quad R_2^1 l_1 + M_2 - \frac{q l_1^2}{2} - M_1 = 0;$$

$$R_2^{'} = -\frac{M_2}{l_1} + \frac{q l_1}{2} + \frac{M_1}{l_1} = \frac{26{,}4}{6} + \frac{10 \cdot 6}{2} - \frac{31{,}8}{6} = 29{,}1 \text{ кН}.$$

$$\sum M_2^{\text{I}} = 0; \quad -R_1 l_1 - M_1 + \frac{q l_1^2}{2} + M_2 = 0;$$

$$R_1 = -\frac{M_1}{l_1} + \frac{q l_1}{2} + \frac{M_2}{l_1} = \frac{31{,}8}{6} + \frac{10 \cdot 6}{2} - \frac{26{,}4}{6} = 30{,}9 \text{ кН}.$$

$$\sum M_2^{\text{II}} = 0; \quad M_3 + R_3 l_3 - F\frac{l_2}{2} - M_2 = 0;$$

$$R_3 = -\frac{M_3}{l_2} + \frac{F}{2} + \frac{M_2}{l_2} = \frac{20}{6} + \frac{30}{2} - \frac{26{,}4}{6} = 13{,}94 \text{ кН}.$$

$$\sum M_3^{\text{II}} = 0; \quad -M_2 - R_2^2 l_2 + P\frac{l_2}{2} + M_3 = 0;$$

$$R_2^{''} = -\frac{M_2}{l_2} + \frac{F}{2} + \frac{M_3}{l_2} = \frac{26{,}4}{6} + \frac{30}{2} - \frac{20}{6} = 16{,}06 \text{ кН}.$$

Окончательно:

$$R_1 = 30{,}9 \text{ кН}; R_2 = R_2^{'} + R_2^{''} = 29{,}1 + 16{,}06 = 45{,}16 \text{ кН}; \; R_3 = 13{,}94 \text{ кН}.$$

Проверка:

$$\sum Y = 0; \quad R_1 + R_2 + R_3 - F - q \cdot l_1 = 0; \quad 30{,}9 + 45{,}16 + 13{,}94 - 30 - 10 \cdot 6 = 0.$$

Строим эпюру поперечных сил $Q_x$ и эпюру изгибающих моментов $M_x$ по правилам, принятым при построении эпюр для статически определимых балок (рис. 5.3**).**

$Q_1 = R_1 = 30{,}9$ кН;

$Q_2 = R_1 - q \cdot l_1 = 30{,}9 - 10 \cdot 6 = -29{,}1$ кН;

Затем скачок вверх на $R_2 = 45{,}16$ кН.

На участке от опоры 2 до сечения $C$: $Q_x = 16{,}06$ кН.

Затем скачок вниз в сечении $C$ на силу $F$, $Q_C = 16{,}06 - 30 = -13{,}94$ кН.

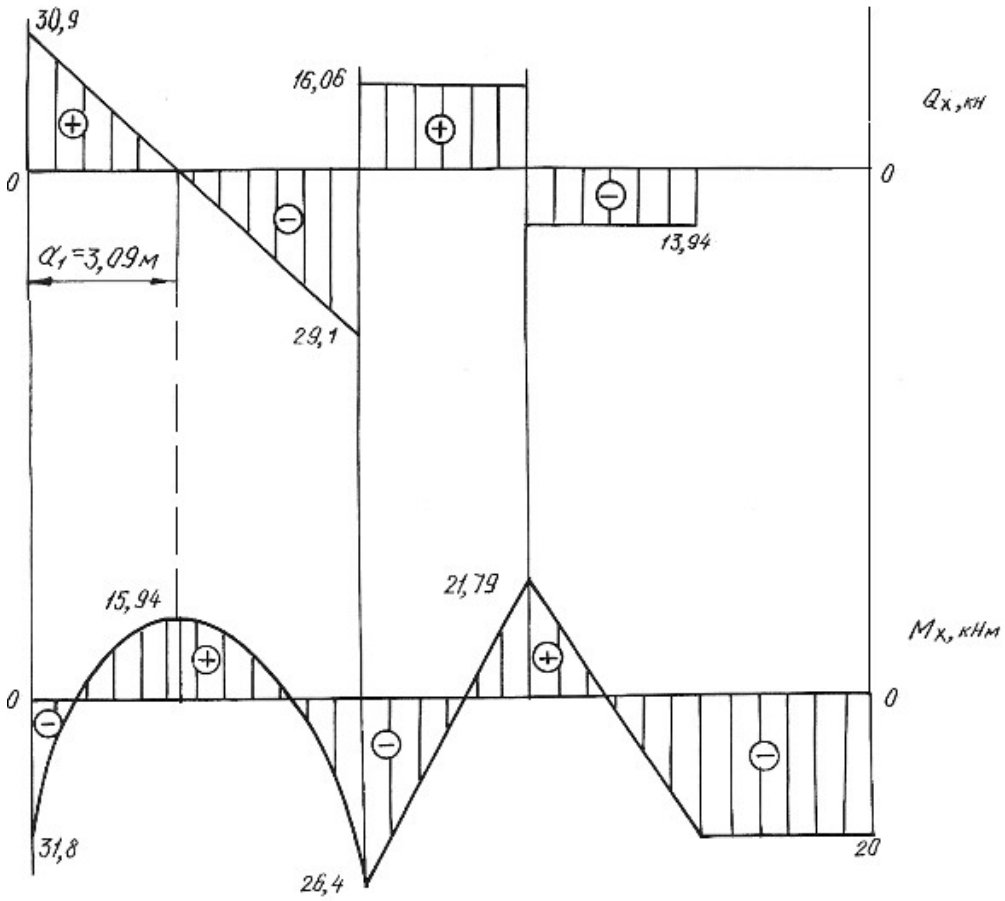



Рис. 5.3.

Находим расстояние *a*

$$\frac{30,9}{a_1}=\frac{29,1}{6-a_1},\ a_1=3,09\ \text{м}.$$

На участке от сечении *C* до опоры 3

$$Q_{C-3}=-13,94\ \text{кН}.$$

В левом крайнем сечении $M_x=-M_1=-31,8\ \text{кН}\cdot\text{м}$.

При $x=a_1=3,09\,\text{м}$

$$M_x=R_1a_1-\frac{qa_1^2}{2}-M_1=30,9\cdot3,09-\frac{10\cdot3,09^2}{2}-31,8=15,94\ \text{кН}\cdot\text{м}$$

В сечении над опорой 2

$$M_x=-M_1+R_1l_1-\frac{ql_1^2}{2}=-31,8+30,9\cdot6-\frac{10\cdot6^2}{2}=-26,4\ \text{кН}\cdot\text{м}.$$

До сечения *C* расчет производим справа:

$$M_k=-M=-20\ \text{кН}\cdot\text{м},$$

$$M_C=-M+R_3\cdot3=-20+13,93\cdot3=21,79\ \ \text{кН}\cdot\text{м}.$$

На участке балки от сечения *K* до опоры 3: $M_x = -20$ кН·м.

По сортаменту проката в соответствии с ГОСТ 8239-89 подбираем поперечное сечение двутаврового профиля, используя условие прочности

$$M_{\max} \le \sigma_{adm} \cdot W_{н.о.},$$

откуда $W_{н.о.} \ge \dfrac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \dfrac{31{,}8 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 1{,}98 \cdot 10^{-4}$ м$^3$ $= 198$ см$^3$.

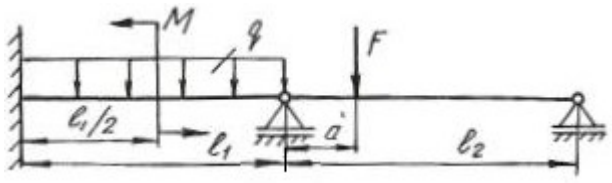
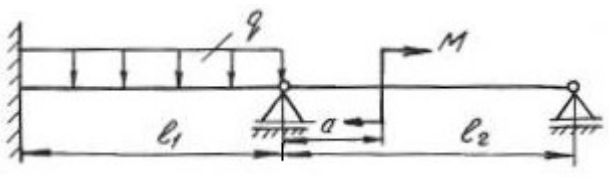
Принимаем двутавр № 20а, для которого $W_{н.о.} = W_x^{табл.} = 203$ см$^3$, $J_{н.о.} = J_x^{табл.} = 2030$ см$^4$, $A = 28{,}9$ см$^2$.

## 5.2. Задания для расчета статически неопределимых балок

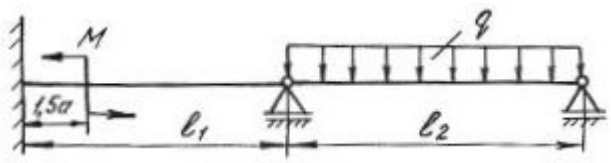
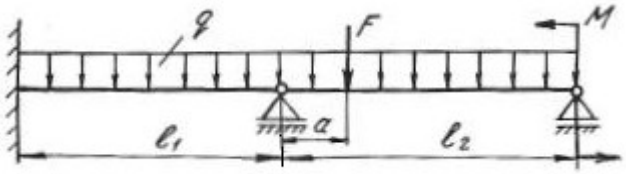
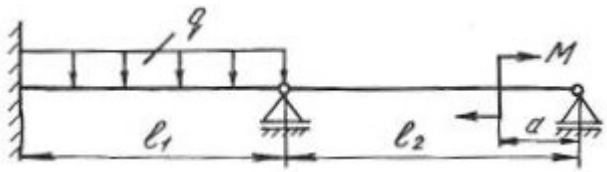
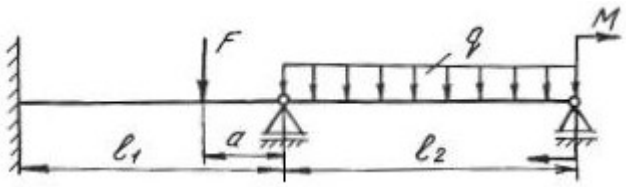
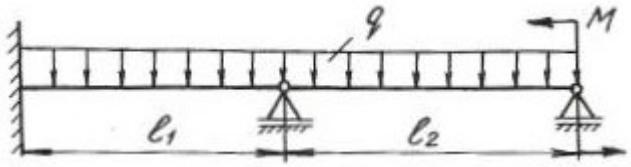
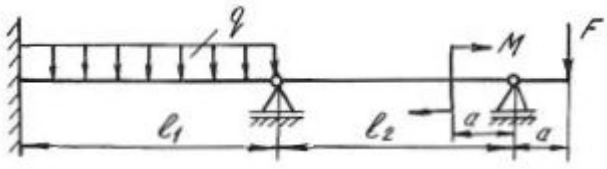
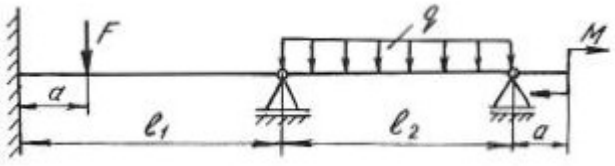
Для заданной схемы неразрезной балки при заданных значениях длин и нагрузок в соответствии с указанным номером варианта требуется:

1. Определить степень статической неопределимости балки, выбрать основную систему.
2. Составить канонические уравнения по методу сил.
3. Вычислить коэффициенты при неизвестных и свободные члены канонических уравнений. Проверить правильность их определения.
4. После определения неизвестных построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
5. Подобрать поперечное сечение балки двутаврового профиля (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа. Данные для расчета взять из табл. 5.2.

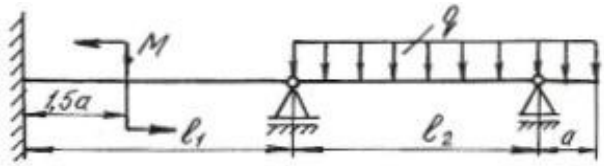
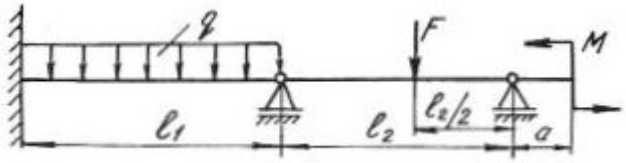
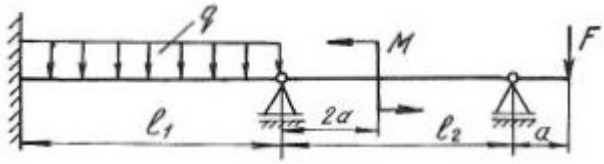
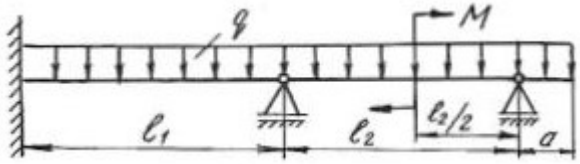
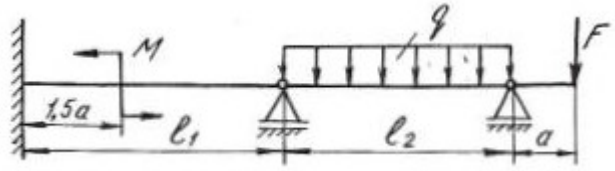
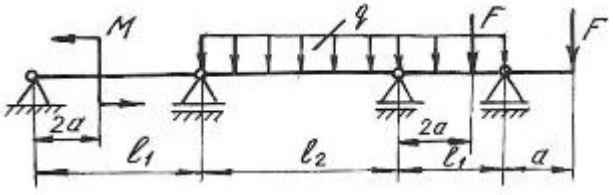
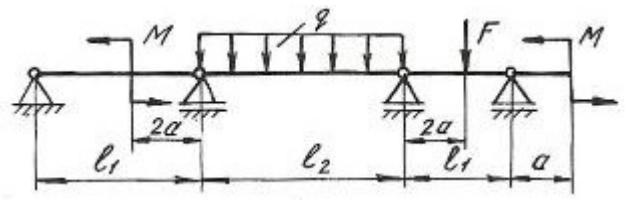
Таблица 5.2

| Схема закрепления и нагружения балки | Номер варианта | *M*, кН·м | *F*, кН | *q*, кН/м | $l_1$, м | $l_2$, м | *a*, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 1 | 10 | 10 | 15 | 3,5 | 5,0 | 0,5 |
| | 2 | 20 | 11 | 15 | 2,5 | 4,0 | 0,5 |
| | 3 | 30 | 12 | 15 | 4,0 | 4,0 | 0,5 |
|  | 4 | 15 | 13 | 10 | 3,0 | 5,5 | 0,5 |
| | 5 | 20 | 14 | 10 | 3,5 | 5,0 | 0,5 |
| | 6 | 25 | 15 | 10 | 2,5 | 5,0 | 0,4 |

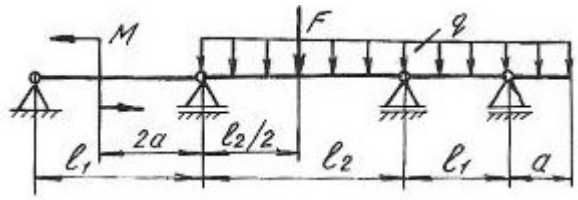
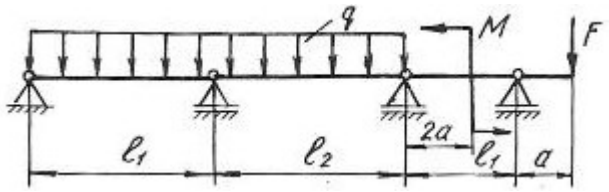
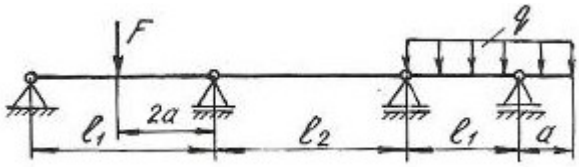
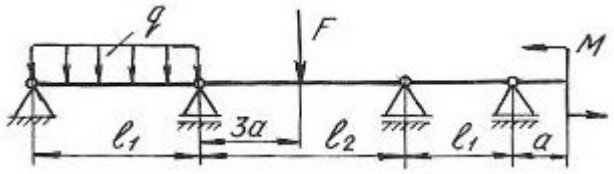
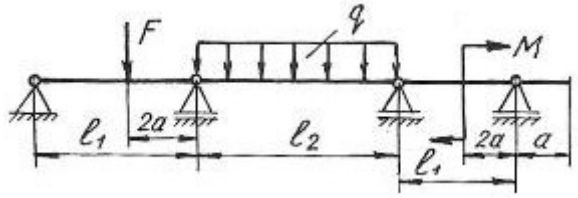
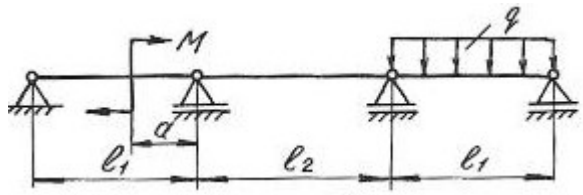
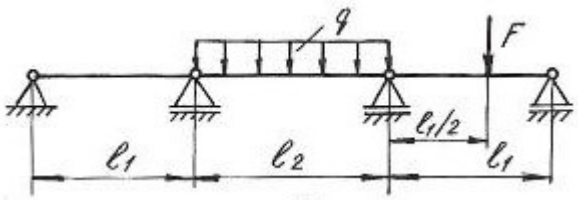
Продолжение табл. 5.2

| Схема закрепления и нагружения балки | Номер вари-анта | $M$, кН·м | $F$, кН | $q$, кН/м | $l_1$, м | $l_2$, м | $a$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 7 | 10 | 10 | 10 | 5,0 | 5,0 | 0,4 |
| | 8 | 15 | 11 | 15 | 3,5 | 6,0 | 0,6 |
| | 9 | 20 | 12 | 20 | 3,5 | 5,0 | 0,4 |
|  | 10 | 10 | 15 | 20 | 4,0 | 5,0 | 0,4 |
| | 11 | 20 | 20 | 10 | 2,0 | 5,0 | 0,5 |
| | 12 | 30 | 25 | 10 | 3,0 | 4,0 | 0,6 |
|  | 13 | 30 | 11 | 15 | 2,0 | 5,0 | 0,4 |
| | 14 | 40 | 10 | 15 | 4,5 | 5,0 | 0,5 |
| | 15 | 20 | 12 | 15 | 3,5 | 5,5 | 0,6 |
|  | 16 | 15 | 12 | 10 | 3,5 | 4,5 | 0,5 |
| | 17 | 20 | 10 | 10 | 2,6 | 5,2 | 0,4 |
| | 18 | 25 | 11 | 10 | 2,0 | 5,0 | 0,8 |
|  | 19 | 25 | 20 | 20 | 3,5 | 6,0 | 0,5 |
| | 20 | 20 | 25 | 15 | 3,0 | 5,5 | 0,8 |
| | 21 | 15 | 10 | 10 | 3,5 | 3,5 | 0,8 |
|  | 22 | 20 | 10 | 10 | 3 | 5 | 0,5 |
| | 23 | 30 | 11 | 10 | 4 | 6 | 0,4 |
| | 24 | 25 | 12 | 10 | 5 | 6 | 0,6 |
|  | 25 | 20 | 15 | 10 | 2 | 3 | 0,4 |
| | 26 | 30 | 16 | 10 | 3 | 4 | 0,5 |
| | 27 | 40 | 20 | 10 | 4 | 5 | 0,6 |

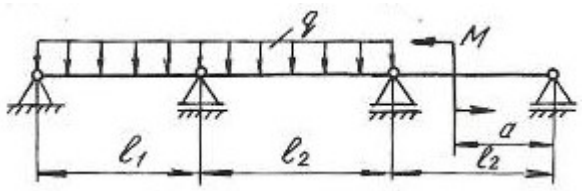
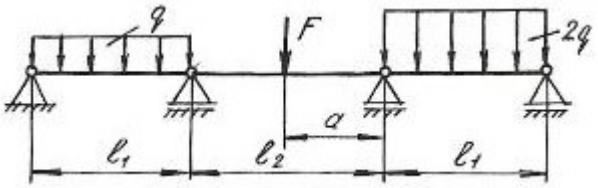
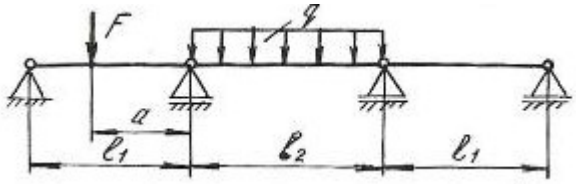
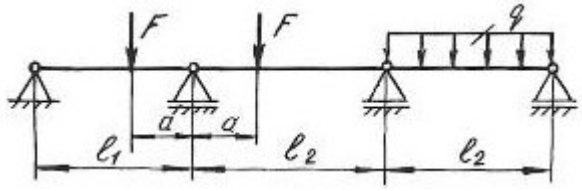
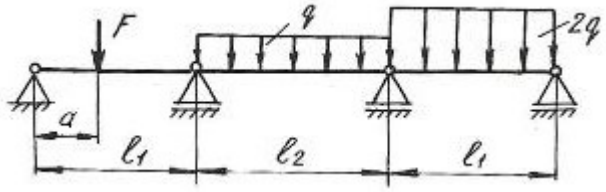
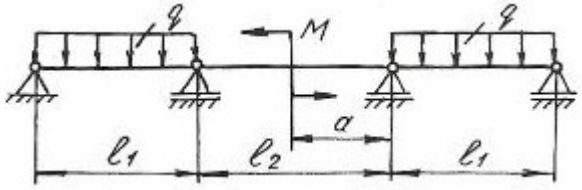
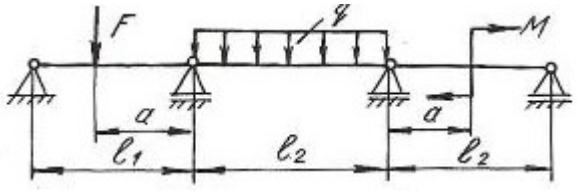
Продолжение табл. 5.2

| Схема закрепления и нагружения балки | Номер вари-анта | $M$, кН·м | $F$, кН | $q$, кН/м | $l_1$, м | $l_2$, м | $a$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 28 | 15 | 10 | 15 | 3 | 5 | 0 |
| | 29 | 20 | 15 | 15 | 4 | 6 | 0,5 |
| | 30 | 25 | 20 | 15 | 5 | 6 | 0,4 |
|  | 31 | 30 | 12 | 20 | 2 | 3 | 0,4 |
| | 32 | 35 | 14 | 15 | 3 | 4 | 0,5 |
| | 33 | 40 | 16 | 20 | 2,5 | 5 | 0,6 |
|  | 34 | 10 | 20 | 10 | 3 | 5,5 | 0,4 |
| | 35 | 15 | 15 | 15 | 2,5 | 4 | 0,5 |
| | 36 | 20 | 10 | 20 | 5 | 6 | 0,6 |
|  | 37 | 20 | 12 | 15 | 4 | 6 | 0,4 |
| | 38 | 15 | 14 | 20 | 3,5 | 4 | 0,6 |
| | 39 | 10 | 16 | 25 | 4 | 5 | 0,5 |
|  | 40 | 10 | 10 | 30 | 2,5 | 4 | 0,4 |
| | 41 | 15 | 20 | 20 | 3 | 5 | 0,5 |
| | 42 | 20 | 30 | 10 | 4 | 6 | 0,6 |
|  | 43 | 10 | 15 | 10 | 3 | 5 | 0,4 |
| | 44 | 20 | 25 | 12 | 4 | 5 | 0,5 |
| | 45 | 30 | 35 | 14 | 5 | 6 | 0,6 |
|  | 46 | 40 | 10 | 10 | 2 | 5 | 0,5 |
| | 47 | 20 | 25 | 16 | 3 | 4 | 0,6 |
| | 48 | 10 | 30 | 10 | 4 | 6 | 0,4 |

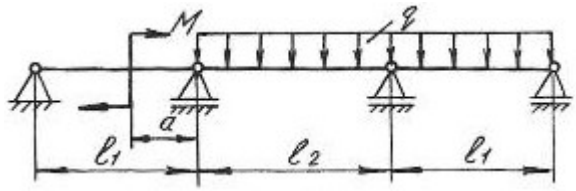
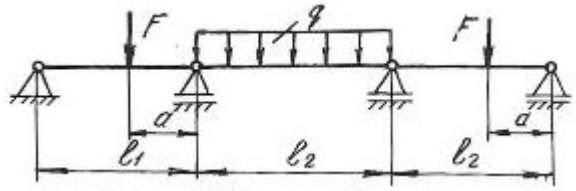
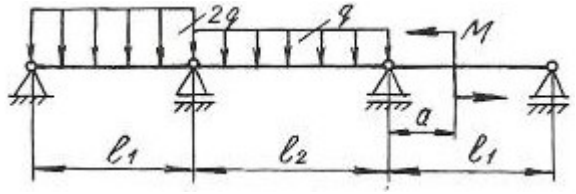
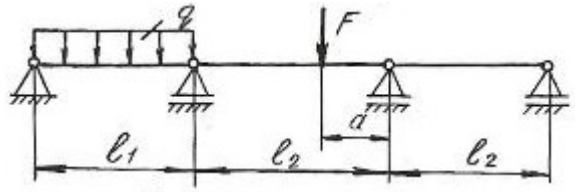
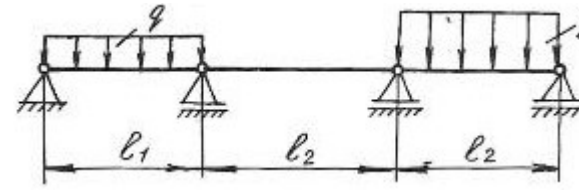
Продолжение табл. 5.2

| Схема закрепления и нагружения балки | Номер вари-анта | $M$, кН·м | $F$, кН | $q$, кН/м | $l_1$, м | $l_2$, м | $a$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 49 | 30 | 25 | 12 | 5 | 6 | 0,5 |
| | 50 | 15 | 15 | 15 | 6 | 5 | 0,4 |
| | 51 | 10 | 20 | 20 | 2 | 4 | 0,6 |
|  | 52 | 10 | 20 | 10 | 4 | 5 | 0,5 |
| | 53 | 20 | 15 | 12 | 5 | 6 | 0,5 |
| | 54 | 30 | 40 | 14 | 4 | 6 | 0,5 |
|  | 55 | 25 | 20 | 16 | 3 | 4 | 0,4 |
| | 56 | 35 | 30 | 10 | 5 | 6 | 0,5 |
| | 57 | 40 | 15 | 12 | 4 | 5 | 0,6 |
|  | 58 | 10 | 20 | 14 | 5 | 6 | 0,6 |
| | 59 | 15 | 30 | 16 | 2 | 4 | 0,5 |
| | 60 | 20 | 40 | 10 | 4 | 5 | 0,4 |
|  | 61 | 25 | 10 | 12 | 3 | 5 | 0,3 |
| | 62 | 35 | 15 | 14 | 5 | 6 | 0,6 |
| | 63 | 40 | 20 | 16 | 6 | 4 | 0,5 |
|  | 64 | 10 | – | 10 | 3 | 4 | 0,5 |
| | 65 | 20 | – | 15 | 4 | 5 | 0,6 |
| | 66 | 30 | – | 12 | 5 | 6 | 0,4 |
|  | 67 | – | 12 | 40 | 2 | 3 | 0,6 |
| | 68 | – | 14 | 30 | 3 | 4 | 0,5 |
| | 69 | – | 16 | 25 | 4 | 5 | 0,4 |

Продолжение табл. 5.2

| Схема закрепления и нагружения балки | Номер вари-анта | $M$, кН·м | $F$, кН | $q$, кН/м | $l_1$, м | $l_2$, м | $a$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 70 | 30 | – | 20 | 4 | 5 | 0,4 |
| | 71 | 20 | – | 15 | 3 | 4 | 0,6 |
| | 72 | 40 | – | 30 | 2 | 3 | 0,8 |
|  | 73 | – | 20 | 20 | 3 | 3 | 0,5 |
| | 74 | – | 15 | 15 | 4 | 5 | 0,5 |
| | 75 | – | 16 | 30 | 5 | 6 | 0,5 |
|  | 76 | – | 40 | 20 | 4 | 5 | 0,4 |
| | 77 | – | 30 | 10 | 3 | 5 | 0,5 |
| | 78 | – | 20 | 12 | 2 | 3 | 0,6 |
|  | 79 | – | 10 | 20 | 2 | 3 | 0,6 |
| | 80 | – | 12 | 15 | 4 | 5 | 0,8 |
| | 81 | – | 15 | 10 | 6 | 6 | 0,5 |
|  | 82 | – | 20 | 12 | 3 | 4 | 0,5 |
| | 83 | – | 10 | 15 | 4 | 5 | 0,6 |
| | 84 | – | 15 | 20 | 5 | 6 | 0,8 |
|  | 85 | 20 | – | 12 | 3 | 5 | 0,5 |
| | 86 | 30 | – | 15 | 4 | 6 | 0,6 |
| | 87 | 40 | – | 20 | 5 | 6 | 0,8 |
|  | 88 | 10 | 20 | 12 | 3 | 4 | 0,4 |
| | 89 | 15 | 30 | 14 | 4 | 6 | 0,6 |
| | 90 | 20 | 40 | 16 | 5 | 5 | 0,5 |

Окончание табл. 5.2

| Схема закрепления и нагружения балки | Номер вари-анта | $M$, кН·м | $F$, кН | $q$, кН/м | $l_1$, м | $l_2$, м | $a$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 91 | 12 | – | 20 | 5 | 6 | 0,5 |
| | 92 | 15 | – | 30 | 4 | 5 | 0,5 |
| | 93 | 20 | – | 40 | 6 | 4 | 0,4 |
|  | 94 | – | 20 | 12 | 5 | 6 | 0,5 |
| | 95 | – | 30 | 15 | 4 | 5 | 0,6 |
| | 96 | – | 40 | 16 | 6 | 4 | 0,4 |
|  | 97 | 20 | – | 20 | 3 | 4 | 0,5 |
| | 98 | 30 | – | 30 | 4 | 5 | 0,5 |
| | 99 | 40 | – | 40 | 5 | 6 | 0,6 |
|  | 100 | – | 12 | 10 | 6 | 4 | 0,4 |
| | 101 | – | 15 | 15 | 3 | 3 | 0,5 |
| | 102 | – | 20 | 20 | 4 | 5 | 0,6 |
|  | 103 | – | – | 20 | 5 | 5 | 0,8 |
| | 104 | – | – | 30 | 6 | 6 | 0,6 |
| | 105 | – | – | 40 | 4 | 8 | 0,5 |

## 5.3. Статически неопределимые рамы

*Плоской рамой* называется геометрически неизменяемая система, состоящая из стержней, лежащих в одной плоскости и жестко соединенных между собой. Горизонтальные стержни рам называются *ригелями*, вертикальные – *стойками.*

*Статически неопределимой* рамой называется такая геометрически неизменяемая система, у которой реакции или все внутренние суммарные силовые факторы, возникающие в сечениях ее элементов при действии произвольной нагрузки, не могут быть определены из уравнений статики.

Расчет статически неопределимой рамы сводится к построению эпюр изгибающих моментов $M_x$, поперечных сил $Q_x$ и нормальных сил $N_x$, на основании которых подбираются сечения, или проверяются напряжения в опасных сечениях различных элементов, или определяется несущая способность системы.

В пособии рассмотрено только построение эпюр $M_x$, $Q_x$, $N_x$, а также подбор поперечного сечения, так как это наиболее трудоемкая часть расчета.

Степень статической неопределимости плоской рамы определяется следующим образом:

1. Замкнутый контур (рама, оба конца которой жестко защемлены) имеет степень статической неопределимости, равную трем.

2. Наличие шарнира в раме понижает степень статической неопределимости на единицу.

3. Наличие подвижной опоры также понижает степень статической неопределимости на единицу.

Определение усилий в статически неопределимой раме связано с необходимостью составления дополнительных уравнений – уравнений совместности деформаций. Число этих уравнений должно быть равно степени статической неопределимости рамы.

Прежде, чем составлять уравнение деформаций, следует превратить заданную статически неопределимую раму в статически определимую, геометрически неизменяемую, устранив из нее «лишние» связи. Такая система называется *основной* системой.

Если к основной системе, кроме заданной нагрузки, приложить реакции устраненных связей, то деформации этой системы и возникающие в ней внутренние усилия, будут такими же, как и в заданной системе. То есть, обе системы будут эквивалентными.

В заданной системе в направлениях имеющихся связей перемещений быть не может. Поэтому, в основной системе перемещения в направлении отброшенных связей должны быть равны нулю.

Способ расчета статически неопределимых систем, при котором за «лишние» неизвестные принимаются силы и моменты, называется *методом сил.*

Данный метод рассмотрен при расчете статически неопределимых неразрезных балок в начале этой главы. Определение коэффициентов уравнений и грузовых членов и их проверки рассмотрены также при расчете балок.

**Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.**

При расчете рам на прочность в каждом поперечном сечении необходимо определять три силовых фактора: продольную силу $N_x$, поперечную силу $Q_x$, изгибающий момент $M_x$.

Продольная сила $N_x$ равна алгебраической сумме проекций всех сил, действующих по одну сторону от сечения на продольную ось бруса. Если сила вызывает растяжение, она положительна, сжатие – отрицательна.

При построении эпюр продольных сил их значения откладываются симметрично от оси бруса в обе стороны с указанием знака.

Поперечная сила $Q_x$ равна алгебраической сумме проекций на нормаль к оси бруса всех сил, действующих по одну сторону от сечения.

Если поперечная сила относительно сечения вращает часть бруса по часовой стрелке, то она положительна. Противоположное направление следует считать отрицательным. Условимся положительные ординаты откладывать снаружи контура, отрицательные – внутри.

При построении эпюр поперечных сил их значения откладываются по одну сторону от оси бруса с указанием знака.

Изгибающий момент $M_x$ равен сумме моментов всех сил, взятых по одну сторону от сечения, относительно оси, проходящей через центр сечения перпендикулярно плоскости рамы. Условно принято построение эпюр изгибающих моментов со стороны растянутых волокон.

Общий порядок расчета статически неопределимых рам по методу сил сводится к следующему.

1. Определяют степень статической неопределимости рамы.
2. Удаляют «лишние» связи. Полученную таким образом основную систему загружают заданными силами и реакциями отброшенных связей.
3. В местах действия «лишних» неизвестных и по направлению их действия прикладывают единичные силы и строят эпюры изгибающих моментов от единичных сил, а также суммарную единичную эпюру.
4. Строят эпюры изгибающих моментов от действующих на основную систему внешних нагрузок.
5. Вычисляют главные, побочные коэффициенты и свободные члены канонических уравнений и проверяют правильность их определения.
6. Составляют и решают канонические уравнения, определяя «лишние» неизвестные.
7. Определяют остальные реакции с помощью уравнений статики.

8. Вычисляют значения изгибающих моментов, поперечных и нормальных сил и строят эпюры.

9. Подбирают поперечное сечение заданного профиля.

**Пример 5.2.**

Для заданной схемы статически неопределимой рамы (рис. 5.4, *а*), при заданных значениях длин и нагрузок, построить эпюры изгибающих моментов, нормальных и поперечных сил. Жесткости стоек и ригеля одинаковы.

*Решение.*

Заданная система освобождается от наложенных на нее связей. Действия связей заменяются реакциями. Установим степень статической неопределимости рамы: 3(замкнутый контур) − 2(наличие двух шарниров) = 1, т. е. рама однажды статически неопределима.

За «лишнюю» неизвестную $X_1$ принимаем реакцию $H_b$. Нагружаем основную систему (рис. 5.4, *б*) заданными внешними силами и реакцией отброшенной связи. Выбирая основную систему, необходимо помнить, что она должна быть статически определимой и геометрически неизменяемой.

В месте действия «лишней» неизвестной и по направлению ее действия прикладываем единичную силу $X_1 = 1$ и строим единичную эпюру.

Рассмотрим подробно построение этой эпюры. Покажем реакции опор (рис. 5.5), их три. Определим эти реакции по уравнениям статики:

$$\sum X = 0; \qquad H'_a - X_1 = 0; \qquad H'_a = 1;$$

$$\sum M_A = 0; \quad -X_1 \cdot 3 + R'_b \cdot 4 = 0; \qquad R'_b = \frac{3}{4} = 0{,}75;$$

$$\sum M_B = 0; \quad -H'_a \cdot 3 + R'_a \cdot 4 = 0; \quad R'_a = \frac{3}{4} = 0{,}75.$$

Проверка правильности вычисления реакций:

$$\sum Y = 0; \qquad -R'_a + R'_b = 0; \qquad 0 = 0.$$

Получили тождество, следовательно, реакции определены правильно.

Разбиваем раму на участки, граница участка там, где приложены сосредоточенные силы и для рамы граница участка, где жестко соединяется стойка с ригелем. Участков три, находим значения изгибающих моментов на границах участков. На всех участках эпюра изгибающих моментов очерчена наклонной прямой, эпюра изгибающих моментов показана на рис. 5.4, *в*.

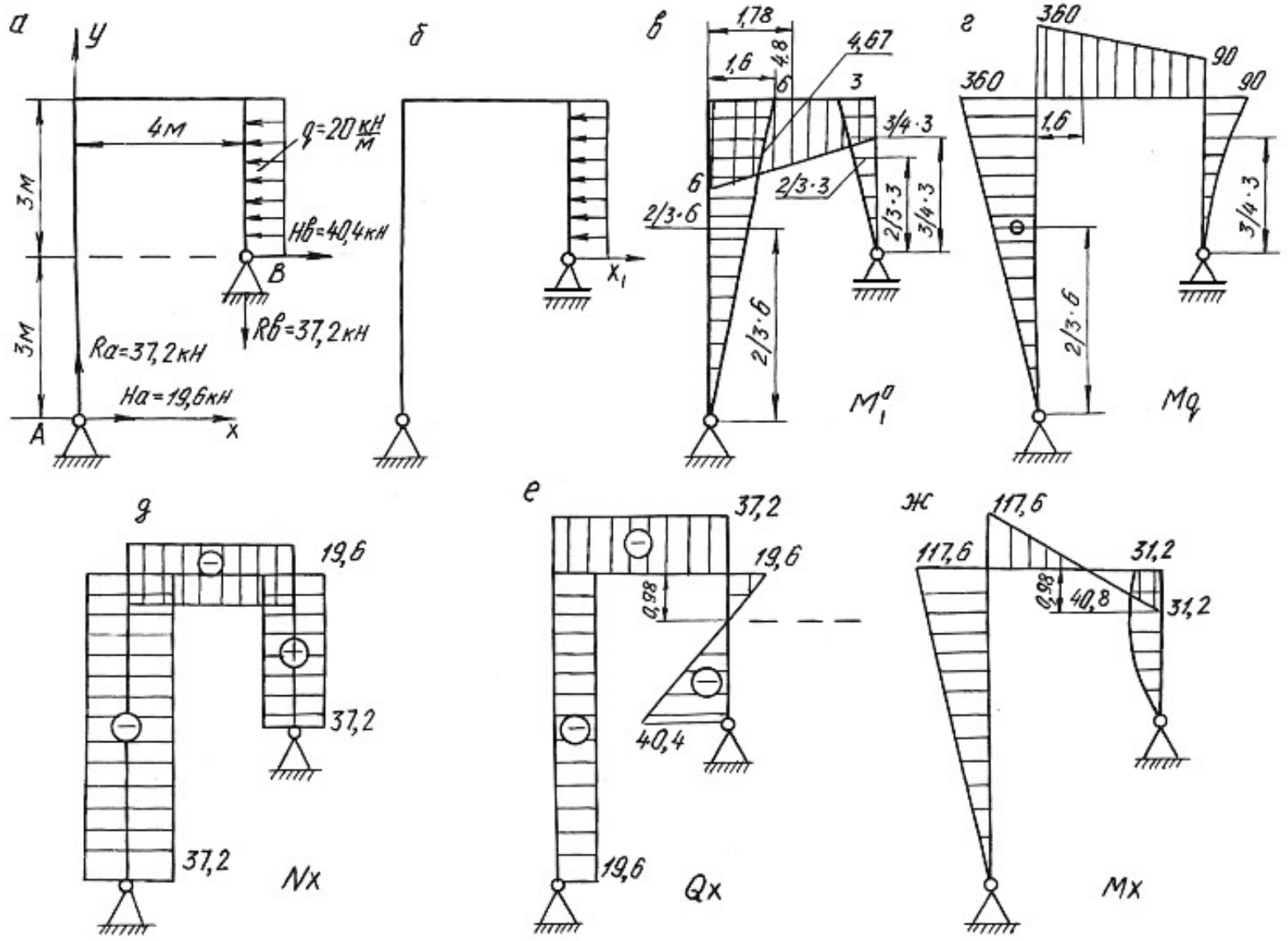

а
y
4м
q=20 кН/м
3м
HB=40,4кН
B
3м
RB=37,2кН
Ra=37,2кН
Ha=19,6кН
A
x
б
x1
в
1,78
1,6
4,8
4,67
6
3
3/4·3
6
2/3·3
2/3·6
2/3·3
3/4·3
2/3·6
M1q
г
360
90
360
90
1,6
3/4·3
2/3·6
Mq
д
19,6
37,2
37,2
Nx
е
37,2
19,6
0,98
40,4
19,6
Qx
ж
117,6
117,6
31,2
0,98
40,8
31,2
Mx

Рис. 5.4.

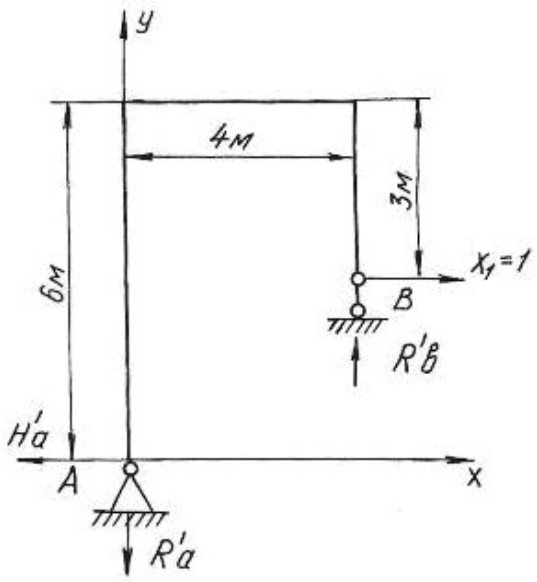



Рис. 5.5.

Строим эпюру изгибающих моментов от действия на основную систему внешней равномерно распределенной нагрузки интенсивностью $q$ (рис. 5.4, *г*). По приведенной выше методике определяем реакции опор, разбиваем раму на участки, определяем значения изгибающих моментов на границах участков и по контрольным правилам строим эпюру изгибающих моментов.

По числу «лишних» неизвестных записываем канонические уравнения метода сил

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} = 0\,.$$

Перемещение $\delta_{11}$ определяется перемножением единичной эпюры самой на себя

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_1^0 M_{c1}^0}{EJ},$$

где $\omega_1^0$ – площадь единичной эпюры; $M_{c1}^0$ – ордината единичной эпюры под ее центром тяжести.

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_1^0 M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}6\cdot 6\right)\left[\frac{2}{3}\cdot 6\right] + \left(\frac{1}{2}3\cdot 3\right)\left[\frac{2}{3}\cdot 3\right] + \left(\frac{(3+6)}{2}4\right)[4{,}67]\right\} = \frac{165{,}06}{EJ}.$$

На участке по ригелю площадь эпюры изгибающих моментов представлена трапецией. Посмотрим подробнее как определить центр тяжести площади, площадь и ординату под ее центром тяжести (рис. 5.6).

$$C=\frac{4\left(2\cdot 3+6\right)}{3\left(3+6\right)}=1,78\text{ м};\quad \omega_0=\frac{1}{2}\left(3+6\right)\cdot 4=18\text{ кН}\cdot\text{м}^2,$$

где $\omega_0$ –площадь трапеции.

$$M_c^0=\left(3+1,67\right)=4,67\text{ кН}\cdot\text{м},$$

где $M_c^0$ – ордината под центром тяжести трапеции.

Отрезок $1,67$ определяем из подобия треугольников $3:4=x:2,22$.

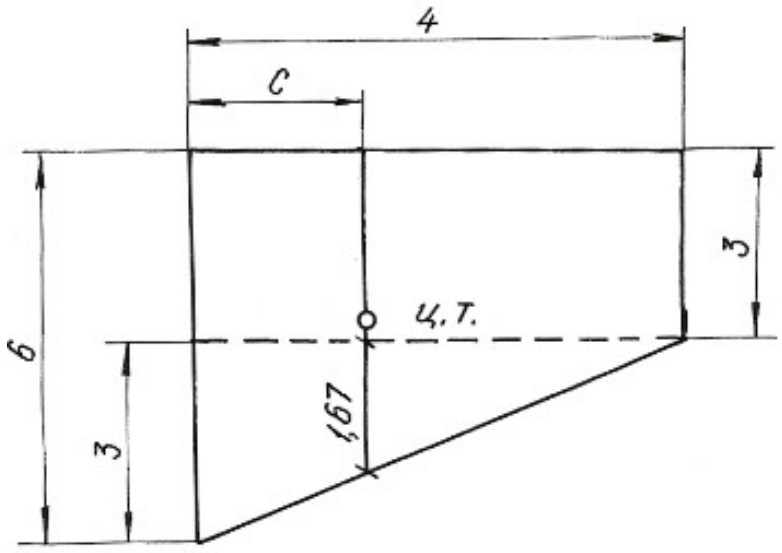



Рис. 5.6.

Перемещение $\Delta_{1p}$ получаем перемножением грузовой эпюры $M_q$ на единичную $M_1^0$

$$\Delta_{1p}=\sum\frac{\omega_p M_{c1}^0}{EJ},$$

где $\omega_p$ – площадь грузовой эпюры; $M_{c1}^0$ – ордината с первой единичной эпюры под центром тяжести грузовой.

$$\Delta_{1p}=\frac{1}{EJ}\left\{-\left(\frac{1}{2}360\cdot 6\right)\left[\frac{2}{3}6\right]-\left(\left(\frac{90+360}{2}\right)\cdot 4\right)[4,8]-\left(\frac{1}{3}90\cdot 3\right)\left[\frac{3}{4}3\right]\right\}=-\frac{6682,5}{EJ}.$$

Полученные значения $\delta_{11}$ и $\Delta_{1p}$ подставляем в уравнения, определяем $X_1$:

$$\frac{165{,}06 \cdot X_1}{EJ} - \frac{6682{,}5}{EJ} = 0, \quad X_1 = 40{,}4\,\text{кН}.$$

Зная реакцию $H_b = X_1$, по уравнениям статики определяем $R_a$, $H_a$, $R_b$:

$$\sum X = 0, \qquad H_b + H_a - q \cdot 3 = 0, \qquad H_a = 19{,}6 \text{ кН};$$

$$\sum M_a = 0, \quad H_b \cdot 3 + R_b \cdot 4 - q \cdot 3 \cdot 4{,}5 = 0, \qquad R_b = 37{,}2 \text{ кН};$$

$$\sum M_b = 0, \quad H_a \cdot 6 - R_a \cdot 4 + q \cdot 3 \cdot 1{,}5 = 0, \qquad R_a = 37{,}2 \text{ кН}.$$

Проверка правильности вычисления реакций:

$$\sum Y = 0, \qquad R_a + R_b = 0.$$

Строим эпюры $M_x$, $Q_x$, $N_x$ известным способом. Эпюры приведены на рисунке 5.4, *д*, *е*, *ж*.

**Пример 5.3.**

Для заданной схемы статически неопределимой рамы (рис. 5.7, *а*)**,** при заданных значениях длин и нагрузок, построить эпюры изгибающих моментов, нормальных и поперечных сил. Подобрать поперечное сечение двутаврового профиля (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа. Жесткости стойки и ригеля одинаковы.

*Решение.*

Заданная система освобождается от наложенных на нее связей. Действия связей заменяются реакциями. Установим степень статической неопределимости рамы: 3(замкнутый контур) – 1(наличие одного шарнира) = 2, т. е. рама дважды статически неопределима.

За «лишние» неизвестные принимаем $H_b = X_1$, $R_b = X_2$, тем самым выбираем основную систему. Нагружаем основную систему внешними силами (*q*, *M*) и реакциями отброшенных связей ($X_1$, $X_2$). Отбрасывая «лишние» связи, следует помнить, что основная система должна быть статически определимой и геометрически неизменяемой.

В местах действия «лишних» неизвестных и по направлению их действия прикладываем единичные силы $X_1 = 1$ и $X_2 = 1$ и строим эпюры изгибающих моментов от этих сил.

Строим эпюры изгибающих моментов от действия на основную систему внешних сил *q* и *M*.

Методика построения эпюр изгибающих моментов от единичных сил и внешних нагрузок, приложенных к основной системе, подробно рассмотрена при решении примера 5.1 и здесь не приводится.

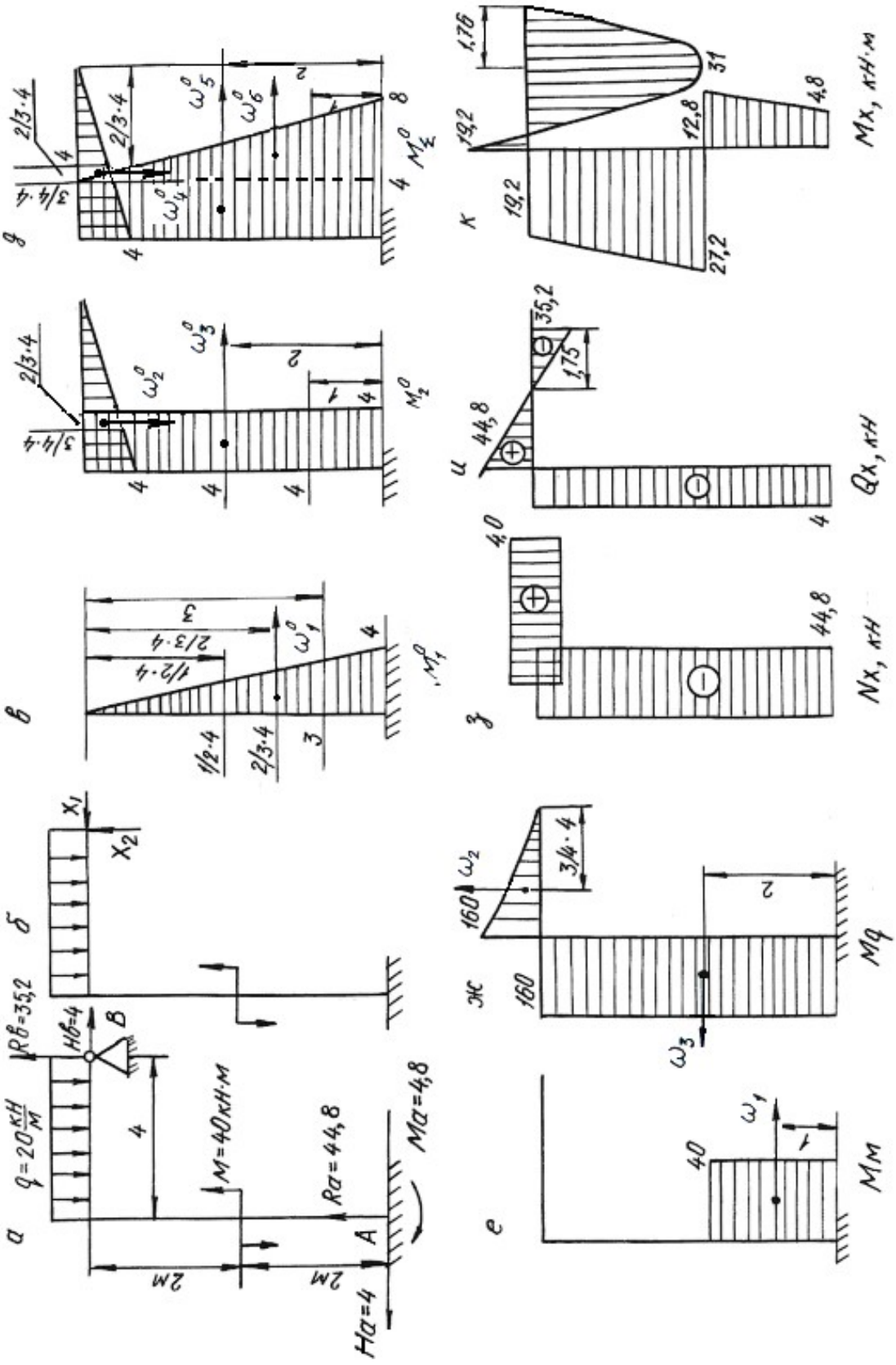


Рис. 5.7.

Составляем канонические уравнения метода сил:

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} = 0;$$
$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} = 0.$$

Вычисляем коэффициенты и свободные члены канонических уравнений:

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_1^0 M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}4\cdot 4\right)\left[\frac{2}{3}4\right]\right\} = \frac{21{,}3}{EJ},$$

$$\delta_{22} = \sum \frac{\omega_2^0 M_{c2}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}4\cdot 4\right)\cdot\left[\frac{2}{3}4\right] + (4\cdot 4)[4]\right\} = \frac{85{,}3}{EJ},$$

$$\delta_{21} = \delta_{12} = \sum \frac{\omega_2^0 M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\{(4\cdot 4)[2]\} = \frac{32}{EJ},$$

$$\Delta_{1p} = \sum \frac{\omega_p M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\{(40\cdot 2)[3] - (160\cdot 4)[2]\} = -\frac{1040}{EJ},$$

$$\Delta_{2p} = \sum \frac{\omega_p \cdot M_{c2}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{(40\cdot 2)[4] - (160\cdot 4)[4] - \left(\frac{1}{3}160\cdot 4\right)\left[\frac{3}{4}4\right]\right\} = -\frac{2880}{EJ}.$$

Проверяем правильность вычисления коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Для этого строим суммарную единичную эпюру $M_\Sigma^0$.

Для проверки правильности вычисления коэффициентов канонических уравнений применяем универсальную проверку:

$$\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{22} + \delta_{21} = \sum \frac{\omega_\Sigma^0 M_{C\Sigma}^0}{EJ};$$

$$\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{22} + \delta_{21} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}(4+8)\cdot 4\right)[6{,}22] + \left(\frac{1}{2}4\cdot 4\right)\left[\frac{2}{3}4\right]\right\} = \frac{170{,}6}{EJ}.$$

Поверяем правильность вычисления грузовых членов

$$\Delta_{1p} + \Delta_{2p} = \sum \frac{\omega_p M_{c\Sigma}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{(40\cdot 2)[7] - (160\cdot 4)[6] - \left(\frac{1}{3}160\cdot 4\right)\left[\frac{3}{4}4\right]\right\} =$$
$$= -\frac{3920}{EJ}.$$

В обоих случаях получили тождества, значит коэффициенты и свободные члены канонических уравнений определены правильно.

Подставляем вычисленные значения коэффициентов в канонические уравнения, определяем неизвестные $X_1$ и $X_2$:

$$\left.\begin{aligned} 21{,}3 \cdot X_1 + 32 \cdot X_2 - 1040 = 0 \\ 32 \cdot X_1 + 85{,}3 \cdot X_2 - 2880 = 0 \end{aligned}\right\}$$

$X_1 = -4$ кН; $X_2 = 35{,}2$ кН.

Сила $X_1$ получилась со знаком «минус», это говорит о том, что направление реакции будет противоположно единичной силе.

Зная реакции $H_b$ и $R_b$, по уравнениям статики определяем остальные реакции

$$\begin{aligned} &\sum X = 0, \quad H_b - H_a = 0, && H_a = 4 \text{ кН;} \\ &\sum M_a = 0, \quad M - M_a - q \cdot 4 \cdot 2 + R_b \cdot 4 - H_b \cdot 4 = 0, && M_a = 4{,}8 \text{ кН·м;} \\ &\sum M_в = 0, \quad M - M_a - H_a \cdot 4 - R_a \cdot 4 + q \cdot 4 \cdot 2 = 0, && R_a = 44{,}8 \text{ кН·м.} \end{aligned}$$

Проверка:

$$\sum Y = 0, \quad R_a + R_b - q \cdot 4 = 0, \quad 35{,}2 + 44{,}8 - 80 = 0.$$

Строим эпюры изгибающих моментов, поперечных и нормальных сил по контрольным правилам. Эпюры приведены на рис. 5.7.

Выявляем опасное сечение рамы, где одновременно $M_x$ и $N_x$ имеют большие значения. Это сечение левой стойки, где $N_X = -44{,}8$ кН, $M_X = 27{,}2$ кН·м.

Условие прочности

$$\sigma_{\max} = \pm\frac{N_x}{A} \pm \frac{M_x}{W_z} \le \sigma_{\text{adm}}.$$

Выбираем сечение по моменту $M_x$

$$\frac{M_x}{W_z} \le \sigma_{\text{adm}} = 160 \text{ МПа}. \quad W_z \ge \frac{27{,}2 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 1{,}7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 170 \text{ см}^3.$$

По сортаменту проката выбираем двутавр № 20, $W_z = W_x^{\text{табл.}} = 184$ см$^3$, $A_{\text{табл.}} = 26{,}8$ см$^2$.

Производим проверку с учетом силы $N_x$:

$$\sigma_{\max} = -\frac{44{,}8 \cdot 10^3}{26{,}8 \cdot 10^{-4}} - \frac{27{,}2 \cdot 10^3}{184 \cdot 10^{-6}} = -1{,}67 \cdot 10^7 - 0{,}148 \cdot 10^9 \text{ Па} = 164{,}7 \text{ МПа},$$

$\sigma_{\max} = 164{,}7$ МПа> $\sigma_{\text{adm}} = 160$ МПа.

Отклонение (перегруз) $\delta = \dfrac{164{,}7 - 160}{160} \cdot 100 = 2{,}93\,\% < 5\,\%$, что допустимо.

## 5.4. Задания для расчета плоских рам

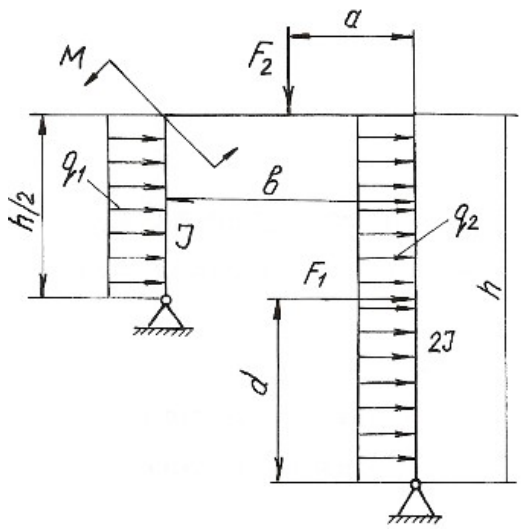
Для расчетной схемы статически неопределимой рамы при заданных значениях длин и нагрузок, определяемых в соответствии с указанным номером варианта, требуется:

1. Определить степень статической неопределимости рамы. Выбрать основную систему.
2. Составить канонические уравнения метода сил.
3. Вычислить коэффициенты при неизвестных и свободные члены канонических уравнений. Проверить правильность их вычисления.
4. Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.
5. Подобрать поперечное сечение элементов рамы в виде двутавра (см. табл. П. 1) при $\sigma_{\text{adm}} = 160$ МПа.

Данные для расчета взять из табл. 5.3.

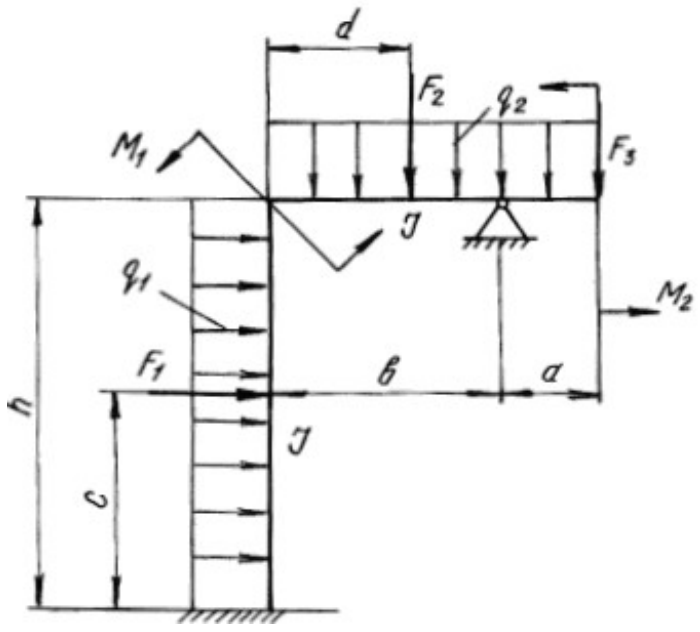
Таблица 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $M$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 5 | – | – | 20 | – | – | – | 80 |
| 2 | 9 | 5 | – | – | – | 15 | – | – | 10 |
| 3 | 9 | 6 | – | – | – | – | – | – | 60 |
| 4 | 9 | 4 | – | 5 | 15 | – | 40 | – | – |
| 5 | 10 | 4 | 2 | – | – | 20 | – | 30 | – |
| 6 | 8 | 5 | 3 | – | – | – | – | 60 | – |
| 7 | 8 | 6 | – | – | – | – | – | – | 10 |
| 8 | 8 | 5 | – | 5 | – | – | 40 | – | – |
| 9 | 9 | 6 | 3 | – | – | – | – | 50 | 80 |
| 10 | 9 | 6 | 5 | – | – | – | 40 | – | – |



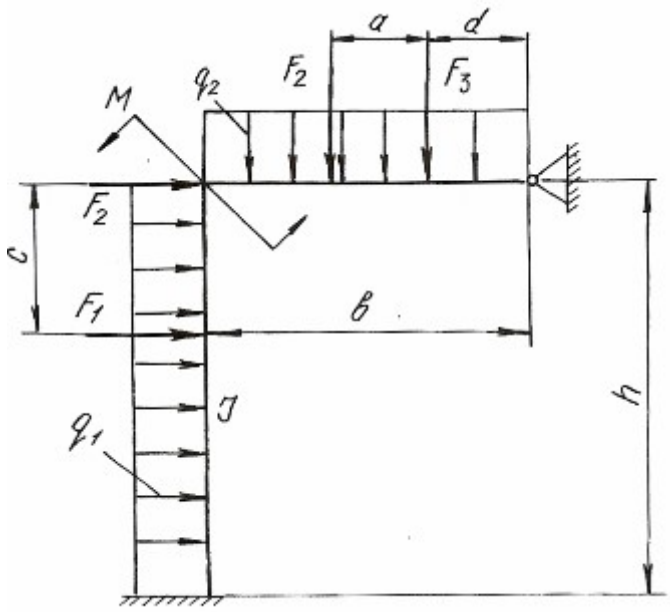
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $c$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | $M_1$, кН·м | $M_2$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 10 | 5 | 0,5 | 6 | – | 20 | – | 40 | – | – | – | – |
| 12 | 11 | 6 | 0,4 | 6 | – | – | 20 | 40 | – | – | – | – |
| 13 | 11 | 5 | 0,3 | 4 | – | – | – | 30 | – | – | – | 10 |
| 14 | 9 | 4 | 0,6 | – | – | – | 25 | – | – | – | – | 12 |
| 15 | 9 | 5 | 0,4 | – | 4 | 30 | – | – | 60 | – | – | – |
| 16 | 8 | 4 | 0,3 | – | 3 | – | – | – | 30 | 20 | – | – |
| 17 | 8 | 4 | 0,3 | – | – | – | – | – | – | 30 | 10 | – |
| 18 | 6 | 3 | 0,2 | – | – | 25 | – | – | – | – | 15 | 80 |
| 19 | 7 | 4 | 0,6 | – | 3 | – | – | – | 30 | 20 | 12 | – |
| 20 | 10 | 6 | 0,6 | – | – | – | 30 | – | – | – | 10 | – |



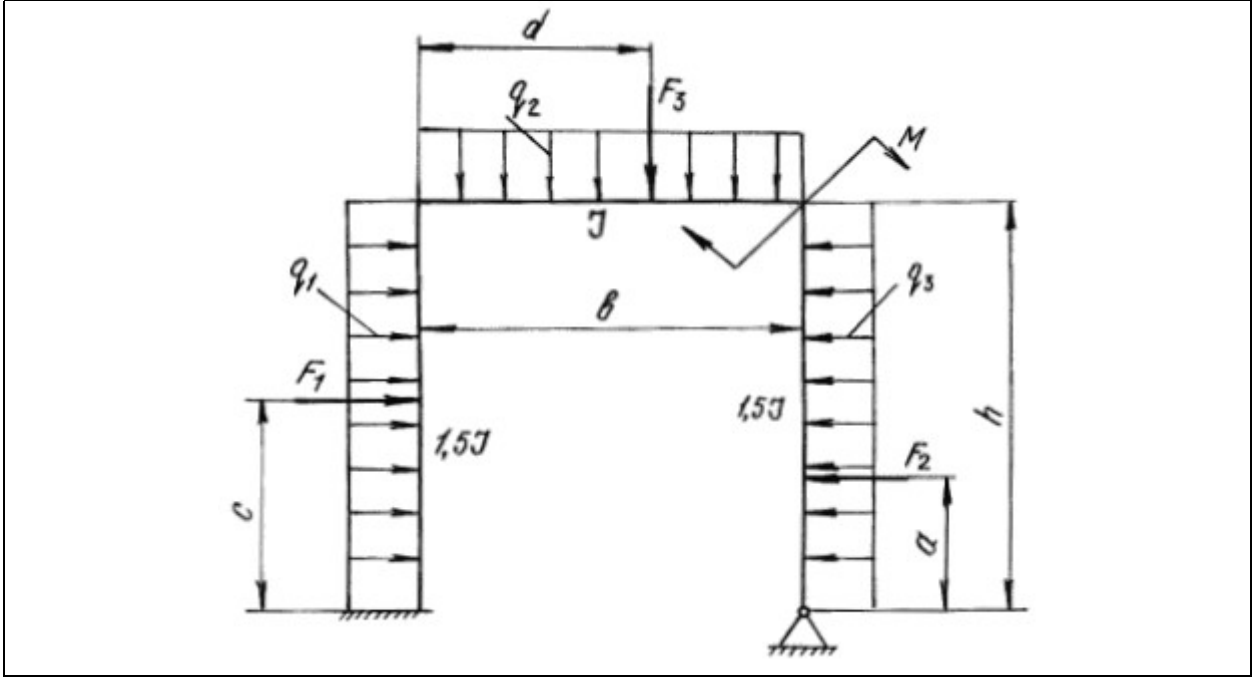
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $c$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | $M_1$, кНм | $M_2$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 10 | 8 | – | – | – | 20 | – | – | – | – | – | 20 |
| 22 | 10 | 7 | 2 | – | 2 | 30 | – | – | – | – | 20 | – |
| 23 | 10 | 6 | – | 2 | – | – | – | – | 30 | 20 | – | – |
| 24 | 8 | 6 | – | – | – | 20 | 30 | – | – | – | – | – |
| 25 | 8 | 6 | – | 3 | – | – | 20 | – | 20 | – | – | – |
| 26 | 9 | 5 | – | – | – | – | 20 | – | – | – | – | 15 |
| 27 | 9 | 6 | 2 | – | 1 | – | – | – | – | 40 | 20 | – |
| 28 | 7 | 5 | 2 | – | 1 | – | – | – | – | – | 30 | – |
| 29 | 8 | 4 | 2 | – | 1 | – | – | – | – | – | 20 | 20 |
| 30 | 8 | 6 | – | – | – | – | – | – | 50 | 20 | – | 10 |



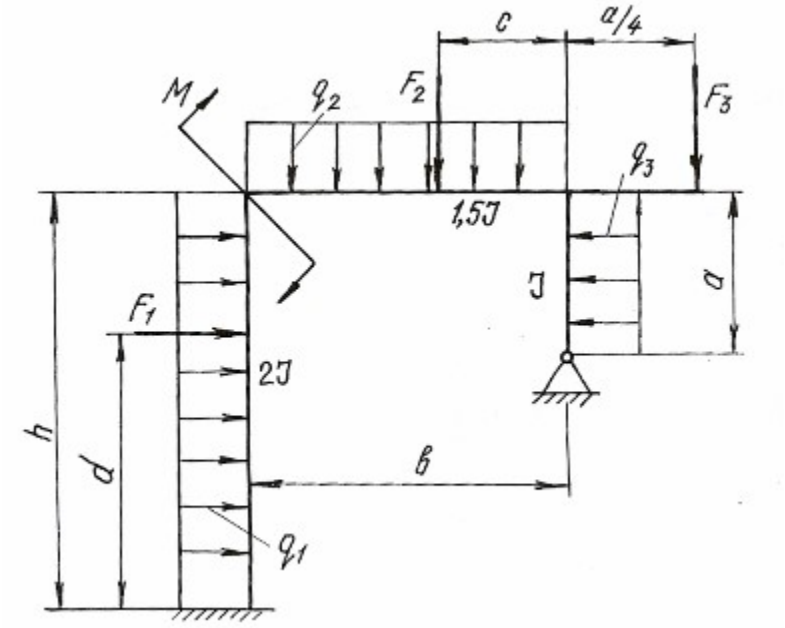
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $c$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $q_3$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | $M$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 10 | 4 | 0,5 | – | – | 12 | – | – | – | – | – | 10 |
| 32 | 9 | 5 | 0,4 | – | – | – | 20 | – | – | – | – | 15 |
| 33 | 8 | 4 | 0,3 | – | – | – | – | 20 | – | 30 | – | – |
| 34 | 8 | 6 | 0,3 | – | 4 | 20 | – | – | – | – | 40 | – |
| 35 | 8 | 4 | 0,4 | – | – | – | 20 | – | – | 30 | – | – |
| 36 | 6 | 5 | 0,3 | 5 | – | – | – | 20 | 60 | – | – | – |
| 37 | 10 | 5 | 0,4 | – | 4 | – | – | – | – | 40 | 50 | – |
| 38 | 8 | 4 | 0,3 | – | – | – | – | – | – | 30 | – | 12 |
| 39 | 12 | 6 | 0,5 | – | 4 | – | – | – | – | – | 40 | 15 |
| 40 | 12 | 6 | 0,6 | 3 | – | – | – | 25 | 10 | – | – | – |



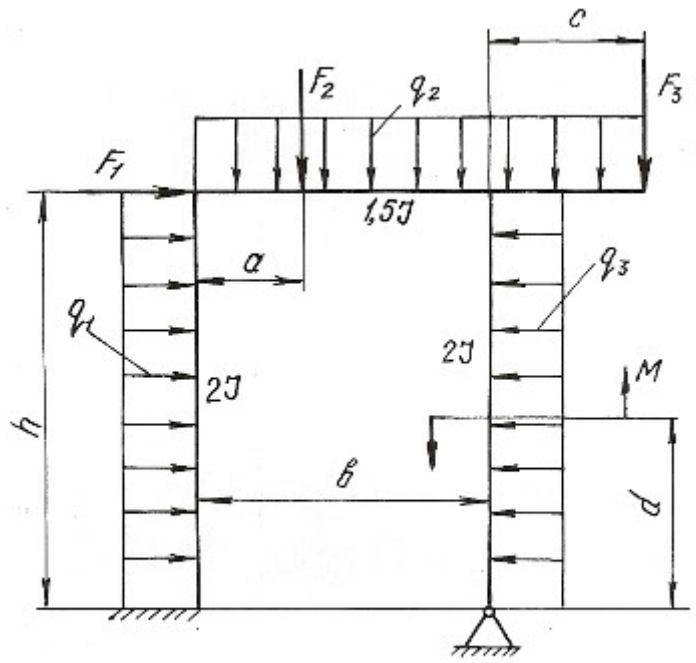
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | *h*, м | *b*, м | *a*, м | *c*, м | *d*, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $q_3$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | *M*, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 41 | 10 | 5 | 4 | – | – | 20 | – | – | – | – | – | 50 |
| 42 | 9 | 6 | 4 | – | – | – | 15 | – | – | – | – | 10 |
| 43 | 8 | 6 | 5 | – | – | – | – | 20 | – | – | 30 | – |
| 44 | 8 | 5 | 6 | – | 2 | 15 | – | – | 30 | – | – | – |
| 45 | 8 | 4 | 5 | 2 | – | – | 20 | – | – | 40 | – | – |
| 46 | 9 | 6 | 3 | – | 5 | – | – | 15 | 40 | – | – | – |
| 47 | 9 | 8 | 4 | 2 | – | – | – | – | – | 10 | – | 60 |
| 48 | 9 | 6 | 6 | – | – | – | – | – | – | – | 40 | 10 |
| 49 | 10 | 8 | 5 | 3 | – | – | – | – | – | 20 | 40 | – |
| 50 | 10 | 6 | 4 | 1 | 4 | – | – | – | 10 | 25 | – | – |



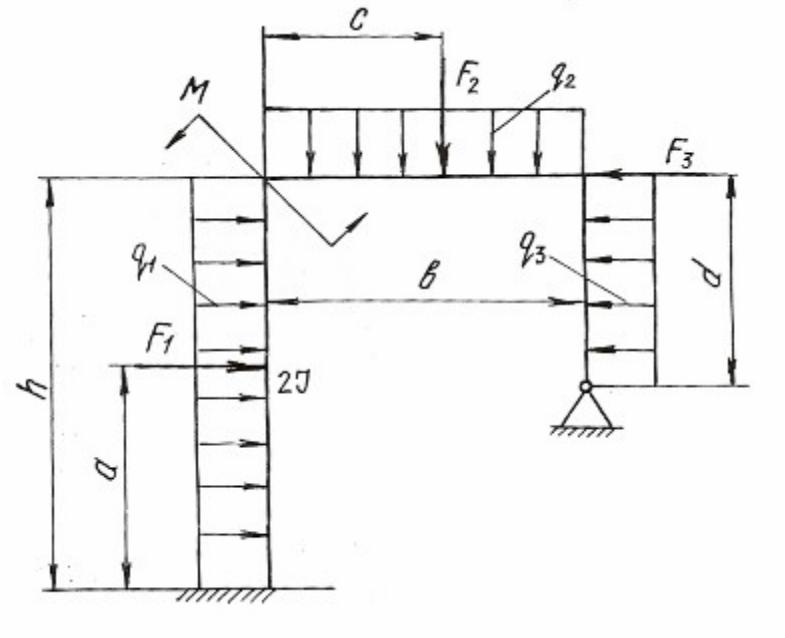
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $c$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $q_3$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | $M$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 51 | 8 | 4 | 0,6 | 0,5 | 5 | 20 | – | – | – | – | – | 50 |
| 52 | 10 | 5 | 0,5 | 0,6 | – | – | 20 | – | 20 | 30 | – | – |
| 53 | 8 | 4 | 0,4 | 0,4 | – | – | – | 25 | – | 20 | – | – |
| 54 | 6 | 4 | 0,3 | 0,4 | 4 | – | – | – | – | – | 30 | 14 |
| 55 | 12 | 6 | 0,6 | 0,5 | – | – | – | – | 40 | 20 | – | – |
| 56 | 10 | 4 | 0,4 | 0,3 | 2 | 15 | – | – | – | – | – | 10 |
| 57 | 8 | 5 | 0,3 | 0,3 | 2 | – | 15 | – | – | – | – | 12 |
| 58 | 8 | 5 | 0,4 | 0,4 | – | – | – | 20 | 30 | – | – | – |
| 59 | 9 | 5 | 0,5 | 0,6 | – | – | – | – | – | 30 | 40 | – |
| 60 | 9 | 4 | 0,6 | 0,5 | – | – | 30 | – | – | 20 | – | – |



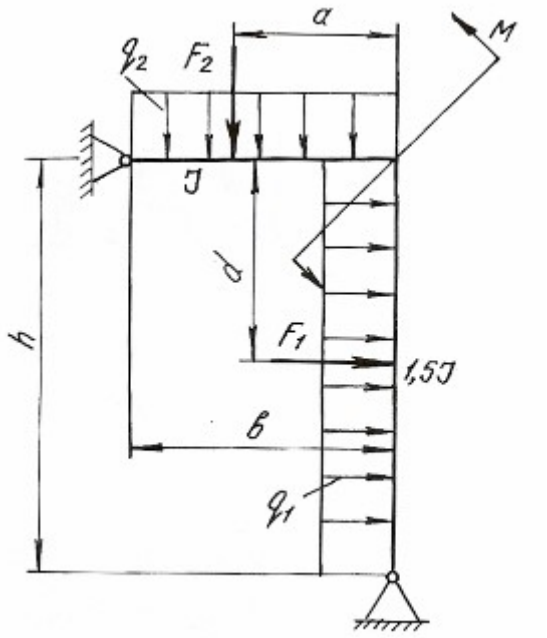
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $c$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $q_3$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | $M$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 61 | 8 | 4 | 4 | – | 4 | 20 | – | – | 50 | – | – | – |
| 62 | 10 | 5 | – | 2,5 | 5 | – | 20 | – | – | 30 | – | – |
| 63 | 6 | 3 | – | – | 3 | – | – | 20 | – | – | 30 | – |
| 64 | 12 | 6 | 5 | – | 6 | – | – | 20 | 50 | – | – | – |
| 65 | 10 | 4 | – | – | 5 | – | 20 | – | – | – | – | 80 |
| 66 | 8 | 4 | – | – | 5 | 15 | – | – | – | – | 20 | – |
| 67 | 8 | 5 | – | 2 | 5 | 20 | – | – | – | 40 | – | – |
| 68 | 8 | 4 | – | – | 4 | – | – | – | – | – | 80 | 40 |
| 69 | 9 | 4 | – | 3 | 5 | – | – | – | – | 60 | – | 40 |
| 70 | 10 | 5 | 8 | – | 5 | – | 15 | – | 60 | – | – | – |



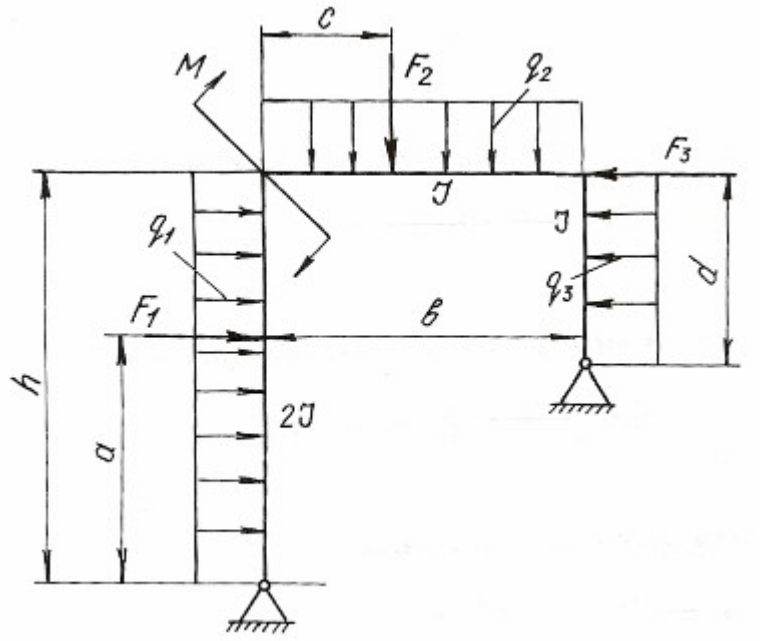
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $M$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 71 | 10 | 5 | 2,5 | – | 20 | – | – | 80 | – |
| 72 | 10 | 6 | – | – | – | 15 | – | – | – |
| 73 | 10 | 4 | 2 | – | – | – | – | – | – |
| 74 | 10 | 5 | – | – | 15 | – | – | 80 | – |
| 75 | 9 | 5 | – | – | – | 20 | – | – | – |
| 76 | 9 | 6 | – | – | – | – | – | – | 60 |
| 77 | 9 | 4 | 2 | – | – | – | – | 10 | – |
| 78 | 8 | 6 | 3 | – | – | – | – | 80 | 10 |
| 79 | 8 | 6 | 3 | 4 | – | – | 40 | 60 | – |
| 80 | 8 | 5 | – | 4 | – | – | 30 | – | – |



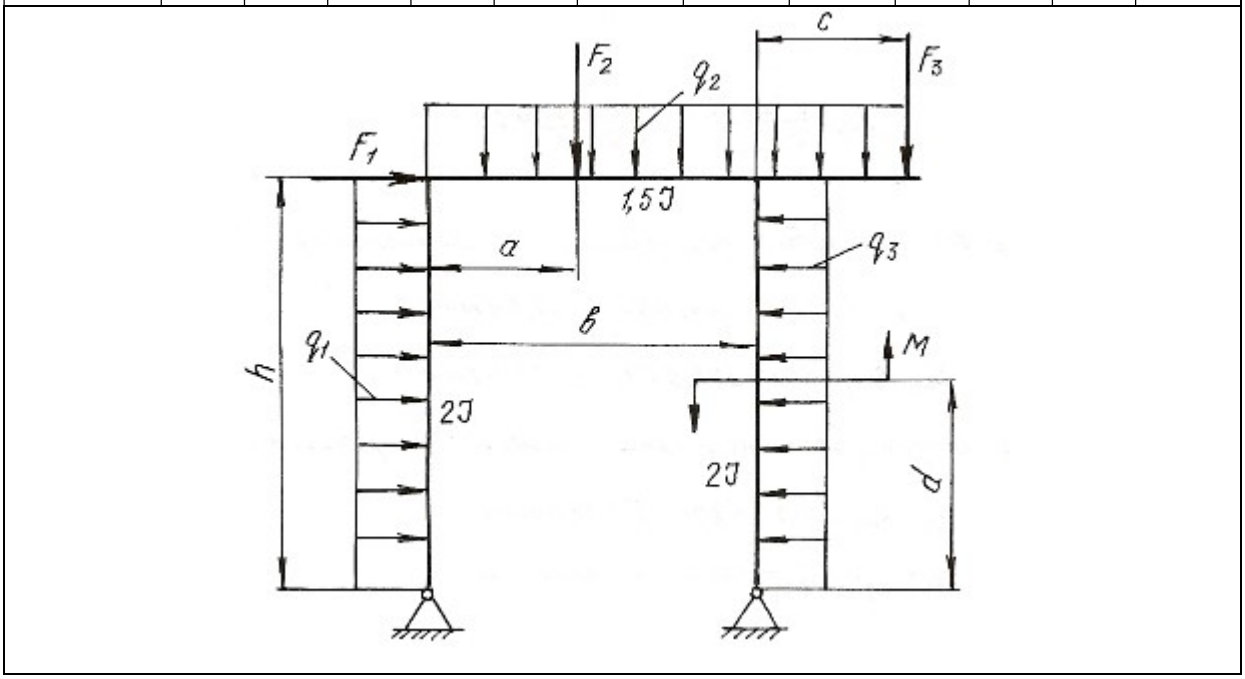
Продолжение табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $c$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $q_3$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | $M$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 81 | 8 | 4 | 4 | – | 4 | 20 | – | – | 50 | – | – | – |
| 82 | 10 | 5 | – | 2,5 | 5 | – | 20 | – | – | 30 | – | – |
| 83 | 8 | 4 | – | – | 3 | – | – | 20 | – | – | 30 | – |
| 84 | 6 | 4 | 5 | – | 6 | – | – | 20 | 50 | – | – | – |
| 85 | 12 | 6 | – | – | 5 | – | 20 | – | – | – | – | 80 |
| 86 | 10 | 4 | – | – | 5 | 15 | – | – | – | – | 20 | – |
| 87 | 8 | 5 | – | 2 | 5 | 20 | – | – | – | 40 | – | – |
| 88 | 8 | 5 | – | – | 4 | – | – | – | – | – | 80 | 40 |
| 89 | 9 | 5 | – | 3 | 5 | – | – | – | – | 60 | – | 40 |
| 90 | 9 | 4 | 8 | – | 5 | – | 15 | – | 60 | – | – | – |



Окончание табл. 5.3

| Номер варианта | $h$, м | $b$, м | $a$, м | $c$, м | $d$, м | $q_1$, кН/м | $q_2$, кН/м | $q_3$, кН/м | $F_1$, кН | $F_2$, кН | $F_3$, кН | $M$, кН·м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 91 | 8 | 4 | 0,6 | 0,5 | 5 | 20 | – | – | – | – | – | 50 |
| 92 | 10 | 5 | 0,5 | 0,6 | – | – | 20 | – | 20 | 30 | – | – |
| 93 | 8 | 4 | 0,4 | 0,4 | – | – | – | 25 | – | 20 | – | – |
| 94 | 6 | 4 | 0,3 | 0,4 | 4 | – | – | – | – | – | 30 | 14 |
| 95 | 12 | 6 | 0,6 | 0,5 | – | – | – | – | 40 | 20 | – | – |
| 96 | 10 | 4 | 0,4 | 0,3 | 2 | 15 | – | – | – | – | – | 10 |
| 97 | 8 | 5 | 0,3 | 0,3 | 2 | – | 15 | – | – | – | – | 12 |
| 98 | 8 | 5 | 0,4 | 0,4 | – | – | – | 20 | 30 | – | – | – |
| 99 | 9 | 5 | 0,5 | 0,6 | – | – | – | – | – | 30 | 40 | – |
| 100 | 9 | 4 | 0,6 | 0,5 | – | – | 30 | – | – | 20 | – | – |



# Глава 6
# ВИДЫ СЛОЖНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сочетание простейших видов деформаций называется сложным сопротивлением. При расчете элементов конструкций, испытывающих сложные сопротивления, используют принцип независимости действия сил, т. е. определяют деформации и напряжения для каждого простейшего вида сопротивления, а затем результаты суммируют алгебраически, геометрически или согласно одной из теорий прочности. При этом задача сводится к определению опасного сечения по длине бруса и опасной точки в этом сечении.

В данной главе приведены методики решения задач на косой изгиб, внецентренное растяжение или сжатие, совместное действие изгиба с кручением.

## 6.1. Косой изгиб

Косой изгиб – вид сложного сопротивления, который возникает при действии внешних нагрузок, перпендикулярных продольной оси бруса, но расположенных вне главных плоскостей инерции. Поэтому косой изгиб можно рассматривать как сочетание двух плоских изгибов во взаимно перпендикулярных плоскостях, разложив все силы по направлению главных центральных осей инерции поперечных сечений.

При косом изгибе балки нормальные напряжения в произвольной точке поперечного сечения с координатами $y$ и $z$ определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M^{в}}{J_z} y + \frac{M^{г}}{J_y} z, \qquad (6.1)$$

где $J_z$ и $J_y$ – главные центральные моменты инерции поперечного сечения балки относительно осей $z$ и $y$; $M^{в}$ и $M^{г}$ – изгибающие моменты в поперечном сечении в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Положение нейтральной оси поперечного сечения определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{M^{г}}{M^{в}} \cdot \frac{J_z}{J_y}, \qquad (6.2)$$

где $\alpha$ - угол наклона нейтральной оси к горизонтальной главной центральной оси инерции.

Максимальные и минимальные нормальные напряжения возникают в точках, наиболее удаленных от обеих главных центральных осей инерции и для симметричных сечений определяются по формуле:

$$\sigma_{max} = \pm\frac{M^{г}}{W_y} \pm \frac{M^{в}}{W_z}, \qquad (6.3)$$

где $W_z$ и $W_y$ – моменты сопротивления поперечного сечения изгибу относительно осей $z$ и $y$.

Если внешние нагрузки лежат в одной плоскости, то положение нейтральной оси определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\varphi \cdot \frac{J_z}{J_y}, \qquad (6.4)$$

где $\varphi$ – угол между силовой плоскостью, в которой действуют внешние нагрузки, и главной вертикальной осью инерции поперечного сечения балки.

Напряжения в этом случае определяются по формуле:

$$\sigma_{max/min} = \pm M\left(\frac{\cos\varphi}{W_z} \pm \frac{\sin\varphi}{W_y}\right), \qquad (6.5)$$

где $M$ – результирующий момент, действующий в силовой плоскости.

Прогиб $f$ и угол поворота $\theta$ сечения балки при косом изгибе определяются как геометрические суммы прогибов и углов поворота от составляющих изгибающего момента, действующих в главных плоскостях инерции балки

$$f = \sqrt{f_z^2 + f_y^2} \text{ и } \theta = \sqrt{\theta_z^2 + \theta_y^2}, \qquad (6.6)$$

где $f_z$ и $f_y$ – прогибы в направлении осей $z$ и $y$; $\theta_z$ и $\theta_y$ – углы поворота сечения вокруг осей $z$ и $y$.

**Пример 6.1.**

Для балки (рис. 6.1) построить эпюры нормальных напряжений по сторонам поперечного сечения (см. табл. П. 1) в защемлении, определить наибольшее нормальное напряжение и полный прогиб свободного конца балки при $F = 2$ кН, $\varphi = 15^{o}$.

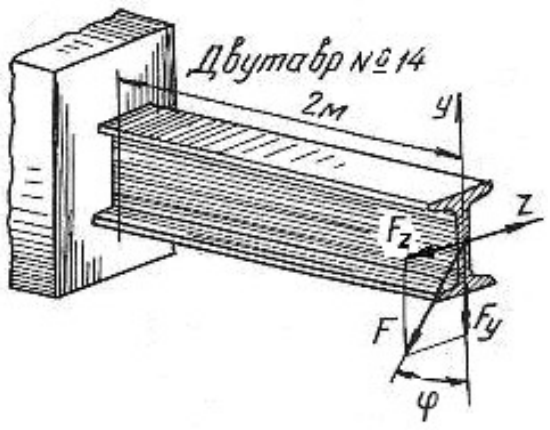



Рис. 6.1.

*Решение.*

Раскладываем силу $F$ на ее составляющие, действующие в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

$$F_y = F \cdot \cos 15^\circ = 2000 \cdot 0,96 = 1920 \text{ Н};$$

$$F_z = F \cdot \sin 15^\circ = 2000 \cdot 0,26 = 520 \text{ Н}.$$

Максимальные изгибающие моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях будут в защемленном сечении балки:

$$M^{\text{в}}_{\max} = F_y l = 1920 \cdot 2 = 3840 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M^{\text{г}}_{\max} = F_z l = 520 \cdot 2 = 1040 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По ГОСТ 8239-89 (см. табл. П. 1)для заданного профиля находим моменты инерции и моменты сопротивления сечения:

$$J_z = 572 \text{ см}^4; \quad J_y = 41,9 \text{ см}^4; \quad W_z = 81,7 \text{ см}^3; \quad W_y = 11,5 \text{ см}^3,$$

что при переводе в единицы СИ соответствует:

$$J_z = 572 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4; \; J_y = 41,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4; \; W_z = 81,7 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3; \; W_y = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Наибольшие нормальные напряжения от изгиба в вертикальной плоскости:

$$\sigma^{\text{в}}_{\max} = \frac{M^{\text{в}}_{\max}}{W_z} = \frac{3840}{81,7 \cdot 10^{-6}} = 47 \cdot 10^6 \text{ Па} = 47 \text{ МПа},$$

а наибольшие нормальные напряжения от изгиба в горизонтальной плоскости:

$$\sigma^{\text{г}}_{\max} = \frac{M^{\text{г}}_{\max}}{W_y} = \frac{1040}{11,5 \cdot 10^{-6}} = 90,4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 90,4 \text{ МПа}.$$

Эпюры нормальных напряжений даны на рис. 6.2. Таким образом, наибольшие нормальные напряжение будут в крайних угловых точка поперечного сечения. Как видно по эпюрам нормальных напряжений

$$\sigma_{\max} = 47 + 90,4 = 137,4 \text{ МПа}; \qquad \sigma_{\min} = -47 - 90,4 = -137,4 \text{ МПа}.$$

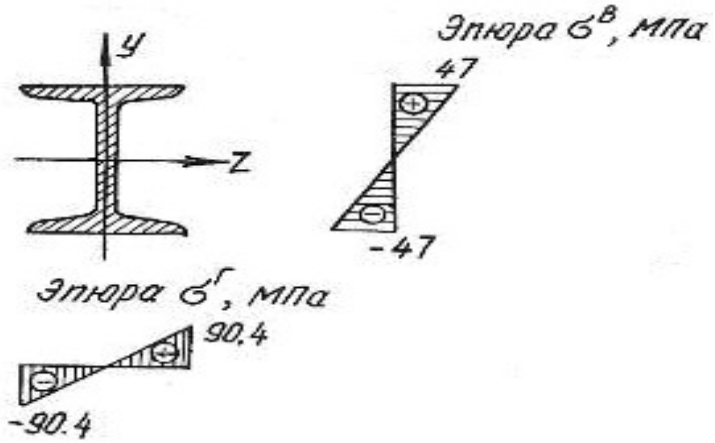



Рис. 6.2.

Прогиб свободного конца балки в вертикальной плоскости [10]

$$f_y = \frac{F_y l^3}{3EJ_z} = \frac{1920 \cdot 2^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 572 \cdot 10^{-8}} = 4{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad \text{или} \quad f_y = 4{,}5 \text{ мм},$$

а величина прогиба в горизонтальной плоскости

$$f_z = \frac{F_z l^3}{3EJ_y} = \frac{520 \cdot 2^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 41{,}9 \cdot 10^{-8}} = 16{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad \text{или} \quad f_z = 16{,}5 \text{ мм}.$$

Полный прогиб свободного конца балки

$$f = \sqrt{f_y^2 + f_z^2} = \sqrt{4{,}5^2 + 16{,}5^2} = 17{,}1 \text{ мм}.$$

**Пример 6.2.**

Для бруса прямоугольного поперечного сечения (рис. 6.3) требуется:

1. Построить эпюры изгибающих моментов в главных плоскостях; определить из расчета на прочность размеры поперечного сечения, принимая $\sigma_{adm}$=160 МПа и отношение сторон $\frac{h}{b} = 2$;

2. Для опасного поперечного сечения построить эпюры нормальных напряжений от каждого из изгибающих моментов и суммарную эпюру нормальных напряжений.

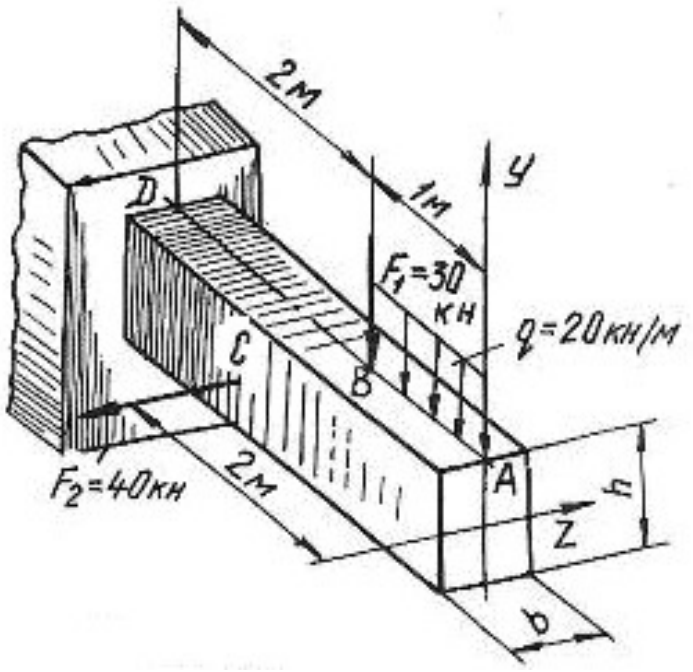



Рис. 6.3.

*Решение.*

Согласно принципу независимости действия сил рассмотрим отдельно действие сил, вызывающих изгиб в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Изгиб в вертикальной плоскости вызывается действием силы $F_1$ и равномерно распределенной нагрузкой. Определим величину изгибающих моментов в характерных точках:

$$M_A^{\text{в}} = 0;$$

$$M_B^{\text{в}} = -q \cdot 1 \cdot 0{,}5 = -20 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0{,}5 = -10 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = -10 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D^{\text{в}} = -q \cdot 1 \cdot 2{,}5 - F_1 \cdot 2 = -20 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 2{,}5 - 30 \cdot 10^3 \cdot 2 = -110 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = -110 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Изгиб в горизонтальной плоскости вызывается силой $F_2$. Определим величину изгибающих моментов в характерных точках:

$$M_A^{\text{г}} = 0; \quad M_B^{\text{г}} = 0; \quad M_C^{\text{г}} = 0;$$

$$M_D^{\text{г}} = F_2 \cdot 1 = 40 \cdot 10^3 \cdot 1 = 40 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = 40 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Эпюры изгибающих моментов показаны на рис. 6.4, *а.* Максимальные изгибающие моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях будут в сечении $D$:

$$M_{\max}^{\text{в}} = M_D^{\text{в}} = 110 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_{\max}^{\text{г}} = M_D^{\text{г}} = 40 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

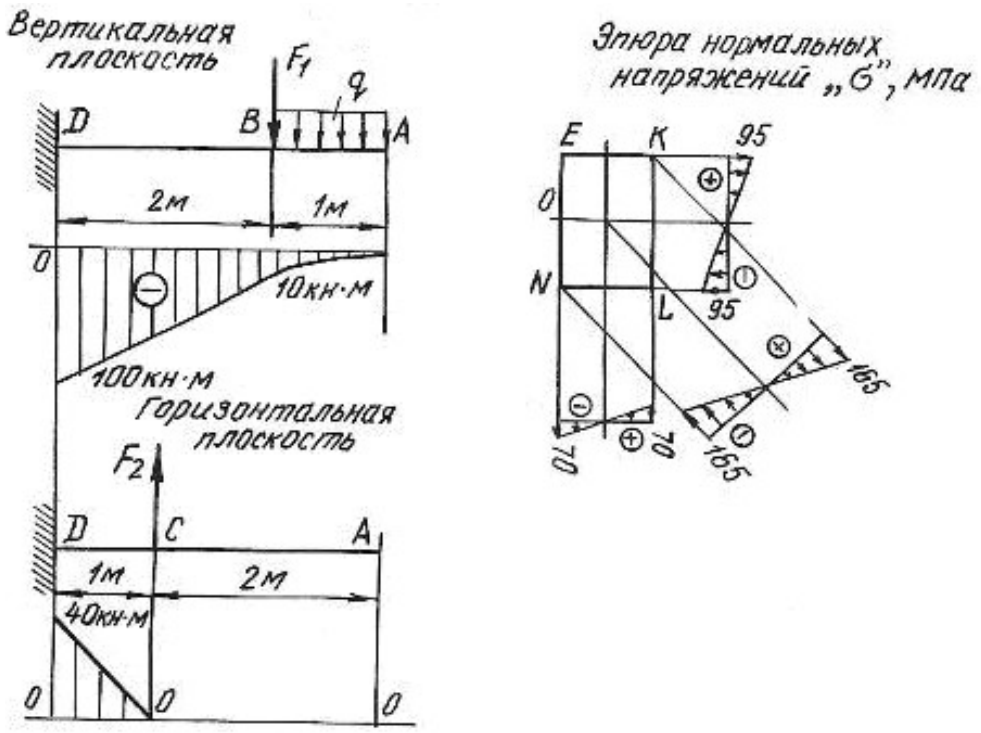



Рис. 6.4.

Опасное сечение балки будет в защемлении. Запишем условие прочности для опасного сечения

$$\sigma_{\max} = \frac{M^{\text{в}}_{\max}}{W_z} + \frac{M^{\text{г}}_{\max}}{W_y} \le \sigma_{\text{adm}}.$$

Для бруса прямоугольного сечения моменты сопротивления равны:

$$W_z = \frac{bh^2}{6} \quad \text{и} \quad W_y = \frac{b^2 h}{6};$$

при $h = 2 \cdot b$ получим

$$W_z = \frac{b(2 \cdot b)^2}{6} = \frac{2b^3}{3} \quad \text{и} \quad W_y = \frac{b^2 \cdot 2 \cdot b}{6} = \frac{b^3}{3}.$$

Подставляя значение величин в условие прочности, получим

$$\sigma_{\max} = \frac{110 \cdot 10^3}{\frac{2}{3} \cdot b^3} + \frac{40 \cdot 10^3}{\frac{1}{3} \cdot b^3} \le 160 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Решая уравнение относительно $b$, получим $b = 0{,}12$ м $= 120$ мм и $h = 2b = 240$ мм. Для построения эпюр нормальных напряжений определяем наибольшие напряжения, для чего вычислим моменты сопротивления сечения:

$$W_z = \frac{bh^2}{6} = \frac{12 \cdot 10^{-2} \cdot (24 \cdot 10^{-2})^2}{6} = 1152 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$W_y = \frac{b^2 h}{6} = \frac{(12 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 24 \cdot 10^{-2}}{6} = 576 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Наибольшие нормальные напряжения от изгиба в вертикальной плоскости:

$$\sigma^{\text{в}}_{\max} = \frac{M^{\text{в}}_{\max}}{W_z} = \frac{110 \cdot 10^3}{1152 \cdot 10^{-6}} = 95 \cdot 10^6 \text{ Па} = 95 \text{ МПа}.$$

Наибольшие нормальные напряжения от изгиба в горизонтальной плоскости:

$$\sigma^{\text{г}}_{\max} = \frac{M^{\text{г}}_{\max}}{W_y} = \frac{40 \cdot 10^3}{576 \cdot 10^{-6}} = 70 \cdot 10^6 \text{ Па} = 70 \text{ МПа}.$$

Наибольшие нормальные напряжения будут в точках $K$ и $N$:

$$\sigma_K = 95 + 70 = 165 \text{ МПа};$$
$$\sigma_N = -95 - 70 = -165 \text{ МПа}.$$

Эпюры нормальных напряжений показаны на рис. 6.4, *б*

## 6.2. Задания для расчета на косой изгиб

Для расчетной схемы балки при заданных значениях геометрических размеров и нагрузок необходимо:

1) определить положение нейтральной оси;

2) вычислить наибольшие и наименьшие напряжения в опасном сечении балки;

3) построить эпюры напряжений;

4) найти прогиб балки в середине пролета или на свободном конце консольной балки.

Данные для расчета взять из таблиц 6.1, 6.2, 6.3 и табл. П. 1.

Таблица 6.1

| Схема балки | Схема сечения | Материал | Пролет *l*, м | Размеры сечения, см | Угол φ,град | Нагрузка | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | *F*, кН | *M*, кН·м | *q*, кН/м |
| 1 | А | дерево | 1,5 | *b*×*h*=12×20 | 60 | – | 4 | – |
| | Б | Ст 3 | 1,4 | двутавр № 24 | 30 | – | 3 | – |
| | В | Ст 3 | 1,3 | швеллер № 24 | 45 | – | 5 | – |
| | Г | Ст 3 | 1,6 | 2 швеллера № 8 | 60 | – | 6 | – |
| | Д | Ст 3 | 1,7 | 2 швеллера № 10 | 30 | – | 7 | – |
| | Е | Ст 3 | 1,8 | 2 двутавра № 10 | 60 | – | 8 | – |
| 2 | А | дерево | 1,2 | *b*×*h*=15×25 | 45 | 3 | – | – |
| | Б | Ст 3 | 1,4 | двутавр № 22 | 30 | 2 | – | – |
| | В | Ст 3 | 1,5 | швеллер № 27 | 60 | 4 | – | – |
| | Г | Ст 3 | 1,6 | 2 швеллера № 18 | 30 | 8 | – | – |
| | Д | Ст 3 | 1,8 | 2 швеллера № 20 | 60 | 10 | – | – |
| | Е | Ст 3 | 1,7 | 2 двутавра № 12 | 45 | 9 | – | – |
| 3 | А | дерево | 1,2 | *b*×*h*=14×28 | 30 | – | – | 4 |
| | Б | Ст 3 | 1,3 | двутавр № 24 | 60 | – | – | 3 |
| | В | Ст 3 | 1,5 | швеллер № 27 | 45 | – | – | 2 |
| | Г | Ст 3 | 1,4 | 2 швеллера № 16 | 20 | – | – | 6 |
| | Д | Ст 3 | 1,7 | 2 швеллера № 14 | 30 | – | – | 5 |
| | Е | Ст 3 | 1,6 | 2 двутавра № 14 | 40 | – | – | 7 |

Продолжение табл. 6.1

| Схема балки | Схема сечения | Материал | Пролет $l$,м | Размеры сечения, см | Угол φ, град | Нагрузка | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $F$, кН | $M$, кН·м | $q$, кН/м |
| 4 | А | дерево | 2,5 | $b \times h$=12×30 | 30 | – | 6 | – |
| | Б | Ст 3 | 4 | двутавр № 55 | 40 | – | 5 | – |
| | В | Ст 3 | 5 | швеллер № 30 | 50 | – | 7 | – |
| | Г | Ст 3 | 6 | 2 швеллера № 10 | 60 | – | 8 | – |
| | Д | Ст 3 | 4 | 2 швеллера № 12 | 30 | – | 9 | – |
| | Е | Ст 3 | 6 | 2 двутавра № 14 | 40 | – | 10 | – |
| 5 | А | дерево | 3 | $b \times h$=18×30 | 40 | 6 | – | – |
| | Б | Ст 3 | 4 | двутавр № 36 | 60 | 2,5 | – | – |
| | В | Ст 3 | 5 | швеллер № 24 | 30 | 3 | – | – |
| | Г | Ст 3 | 6 | 2 швеллера № 10 | 20 | 4 | – | – |
| | Д | Ст 3 | 5,5 | 2 швеллера № 12 | 40 | 3 | – | – |
| | Е | Ст 3 | 4,5 | 2 двутавра № 14 | 50 | 5 | – | – |
| 6 | А | дерево | 4 | $b \times h$=16×28 | 60 | – | – | 2 |
| | Б | Ст 3 | 6 | двутавр № 20 | 50 | – | – | 4 |
| | В | Ст 3 | 3 | швеллер № 16 | 30 | – | – | 3 |
| | Г | Ст 3 | 4 | 2 швеллера № 14 | 40 | – | – | 5 |
| | Д | Ст 3 | 5 | 2 швеллера № 16 | 45 | – | – | 6 |
| | Е | Ст 3 | 5,5 | 2 двутавра № 18 | 20 | – | – | 7 |
| 7 | А | дерево | 2 | $b \times h$=16×24 | – | 1 | – | – |
| | Б | Ст 3 | 2,5 | двутавр № 28 | – | 3 | – | – |
| | В | Ст 3 | 2,4 | швеллер № 16 | – | 4 | – | – |
| | Г | Ст 3 | 2,6 | 2 швеллера № 14 | – | 6 | – | – |
| | Д | Ст 3 | 2,3 | 2 швеллера № 16 | – | 8 | – | – |
| | Е | Ст 3 | 2,7 | 2 двутавра № 20 | – | 10 | – | – |
| 8 | А | дерево | 1,5 | $b \times h$=15×25 | – | 2 | 3 | – |
| | Б | Ст 3 | 1,8 | двутавр № 18 | – | 3 | 4 | – |
| | В | Ст 3 | 1,6 | швеллер № 24 | – | 5 | 3 | – |
| | Г | Ст 3 | 1,7 | 2 швеллера № 12 | – | 6 | 6 | – |
| | Д | Ст 3 | 1,9 | 2 швеллера № 14 | – | 7 | 7 | – |
| | Е | Ст 3 | 2 | 2 двутавра № 16 | – | 8 | 5 | – |

Продолжение табл. 6.1

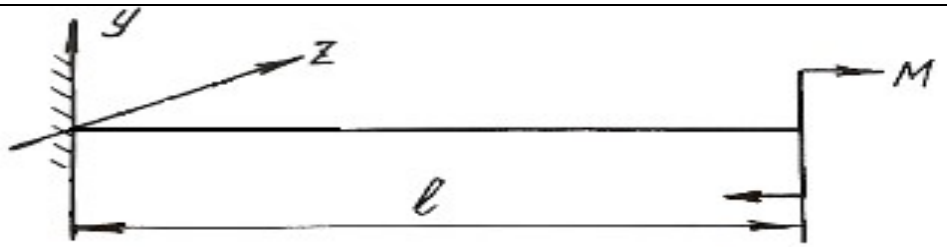
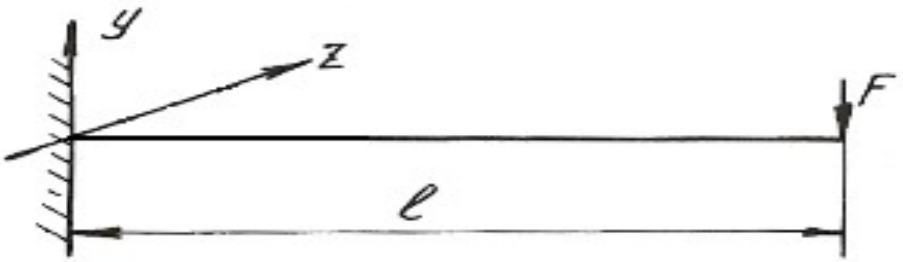
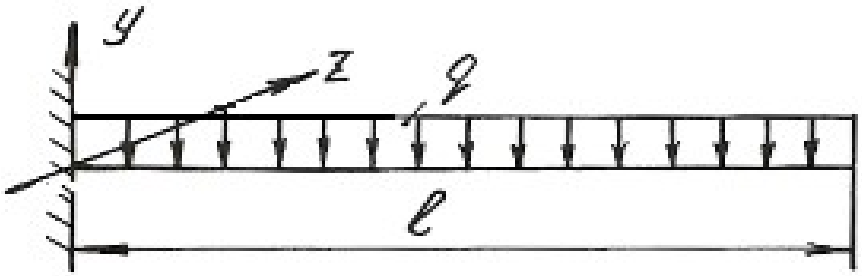
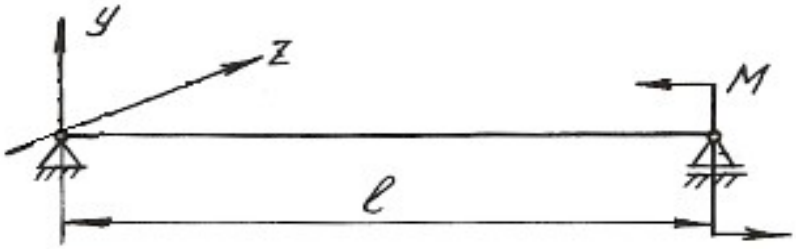
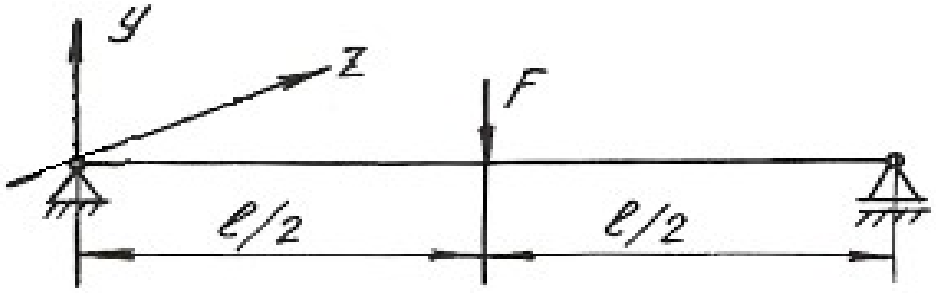
| Схема балки | Схема сечения | Материал | Пролет $l$, м | Размеры сечения,см | Угол φ, град | Нагрузка | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $F$, кН | $M$, кН·м | $q$, кН/м |
| 9 | А | дерево | 2,5 | $b \times h$=17×27 | – | 4 | – | 30 |
| | Б | Ст 3 | 4 | двутавр № 30 | – | 6 | – | 20 |
| | В | Ст 3 | 3 | швеллер № 27 | – | 5 | – | 40 |
| | Г | Ст 3 | 5 | 2 швеллера № 14 | – | 7 | – | 50 |
| | Д | Ст 3 | 6 | 2 швеллера № 16 | – | 8 | – | 60 |
| | Е | Ст 3 | 4,6 | 2 двутавра № 18 | – | 9 | – | 70 |
| 10 | А | дерево | 1,6 | $b \times h$=18×24 | – | – | 5 | 10 |
| | Б | Ст 3 | 1,8 | двутавр № 27 | – | – | 4 | 20 |
| | В | Ст 3 | 1,9 | швеллер № 20 | – | – | 3 | 30 |
| | Г | Ст 3 | 2 | 2 швеллера № 14 | – | – | 6 | 40 |
| | Д | Ст 3 | 2,1 | 2 швеллера № 16 | – | – | 7 | 50 |
| | Е | Ст 3 | 2,2 | 2 двутавра № 20 | – | – | 8 | 60 |
| 11 | А | дерево | 1,5 | $b \times h$=19×30 | – | 2 | 30 | – |
| | Б | Ст 3 | 1,7 | двутавр № 24 | – | 3 | 40 | – |
| | В | Ст 3 | 1,9 | швеллер № 24 | – | 5 | 60 | – |
| | Г | Ст 3 | 1,8 | 2 швеллера № 18 | – | 7 | 80 | – |
| | Д | Ст 3 | 2,3 | 2 швеллера № 20 | – | 6 | 70 | – |
| | Е | Ст 3 | 2,4 | 2 двутавра № 14 | – | 4 | 50 | – |
| 12 | А | дерево | 1,2 | $b \times h$=20×29 | – | 2 | – | 20 |
| | Б | Ст 3 | 1,3 | двутавр № 22 | – | 4 | – | 30 |
| | В | Ст 3 | 1,4 | швеллер № 24 | – | 5 | – | 40 |
| | Г | Ст 3 | 1,5 | 2 швеллера № 22 | – | 7 | – | 50 |
| | Д | Ст 3 | 1,6 | 2 швеллера № 20 | – | 6 | – | 60 |
| | Е | Ст 3 | 1,7 | 2 двутавра № 20 | – | 7 | – | 70 |

Окончание табл. 6.1

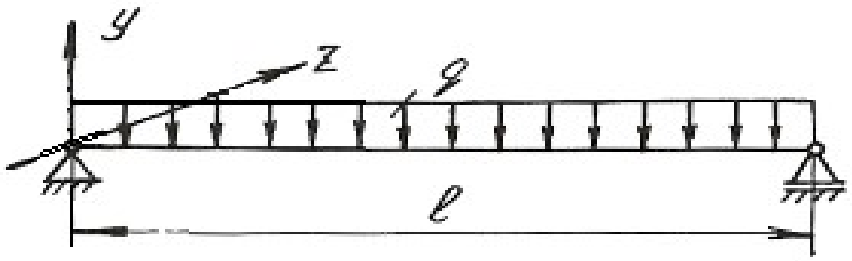
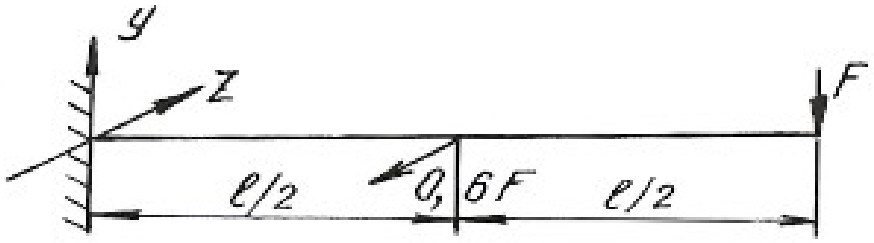
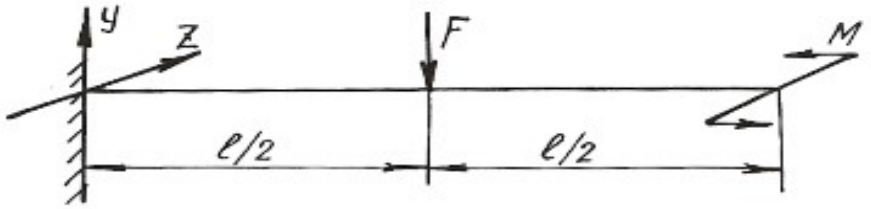
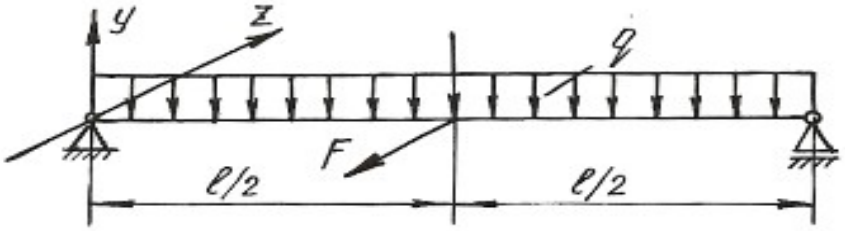
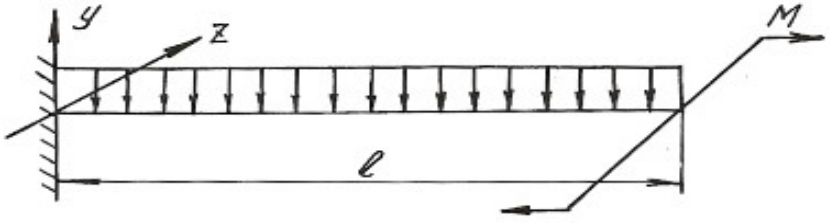
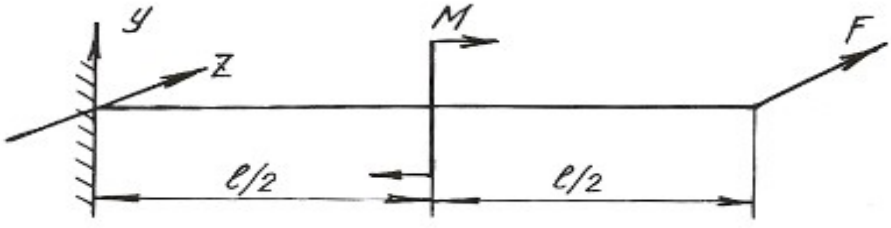
| Схема балки | Схема сечения | Материал | Пролет $l$,м | Размеры сечения, см | Угол φ, град | Нагрузка | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $F$, кН | $M$, кН·м | $q$, кН/м |
| 13 | А | дерево | 1,5 | $b \times h$=18×32 | – | 3 | – | 10 |
| | Б | Ст 3 | 1,6 | двутавр № 36 | – | 4 | – | 20 |
| | В | Ст 3 | 1,7 | швеллер № 36 | – | 5 | – | 30 |
| | Г | Ст 3 | 1,8 | 2 швеллера № 18 | – | 6 | – | 40 |
| | Д | Ст 3 | 1,9 | 2 швеллера № 20 | – | 7 | – | 50 |
| | Е | Ст 3 | 2 | 2 двутавра № 24 | – | 8 | – | 60 |
| 14 | А | дерево | 1,3 | $b \times h$=19×30 | – | 20 | 3 | – |
| | Б | Ст 3 | 1,4 | двутавр № 40 | – | 40 | 4 | – |
| | В | Ст 3 | 1,5 | швеллер № 30 | – | 60 | 5 | – |
| | Г | Ст 3 | 1,6 | 2 швеллера № 16 | – | 50 | 6 | – |
| | Д | Ст 3 | 1,7 | 2 швеллера № 20 | – | 60 | 7 | – |
| | Е | Ст 3 | 1,8 | 2 двутавра № 18 | – | 70 | 8 | – |
| 15 | А | дерево | 1,4 | $b \times h$=17×32 | – | 1 | 40 | – |
| | Б | Ст 3 | 1,6 | двутавр № 24 | – | 2 | 50 | – |
| | В | Ст 3 | 1,8 | швеллер № 20 | – | 3 | 60 | – |
| | Г | Ст 3 | 1,9 | 2 швеллера № 22 | – | 4 | 70 | – |
| | Д | Ст 3 | 2,1 | 2 швеллера № 18 | – | 5 | 80 | – |
| | Е | Ст 3 | 2,2 | 2 двутавра № 20 | – | 6 | 60 | – |
| 16 | А | дерево | 1,6 | $b \times h$=19×32 | – | – | 2 | 20 |
| | Б | Ст 3 | 1,7 | двутавр № 22 | – | – | 3 | 30 |
| | В | Ст 3 | 1,9 | швеллер № 27 | – | – | 4 | 40 |
| | Г | Ст 3 | 1,8 | 2 швеллера № 16 | – | – | 5 | 50 |
| | Д | Ст 3 | 2,3 | 2 швеллера № 20 | – | – | 6 | 40 |
| | Е | Ст 3 | 2,4 | 2 двутавра № 22 | – | – | 7 | 50 |

Таблица 6.2

**Схемы закрепления и нагружения балок**

| Номер схемы | Схема балки |
|---|---|
| 1 |   |
| 2 |   |
| 3 |   |
| 4 |   |
| 5 |   |

Продолжение табл. 6.2

| Номер схемы | Схема балки |
|---|---|
| 6 |  |
| 7 |  |
| 8 |  |
| 9 |  |
| 10 |  |
| 11 |  |

Окончание табл. 6.2

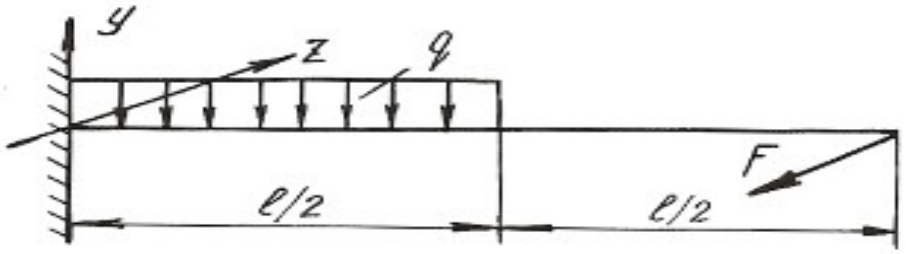
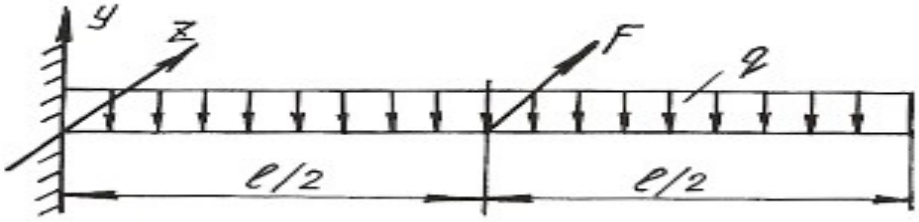
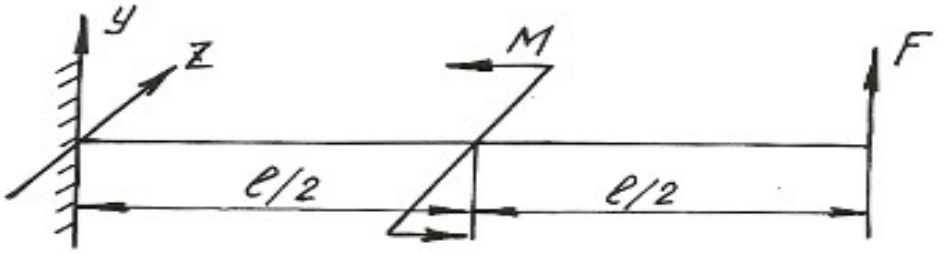
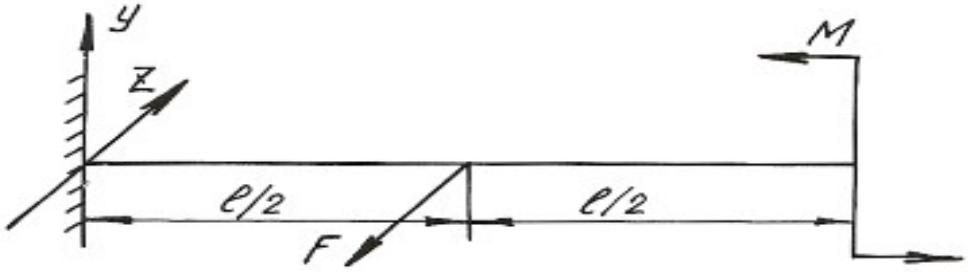
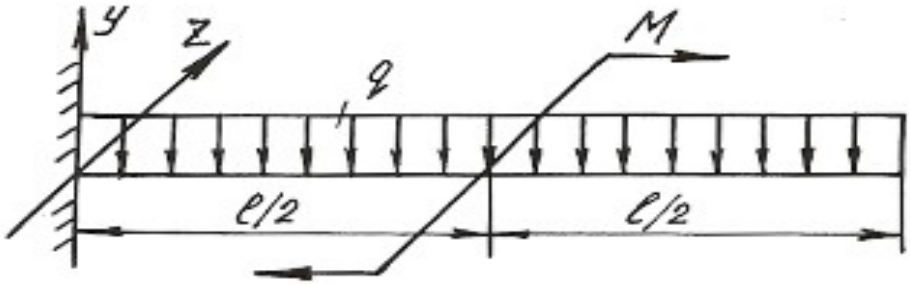
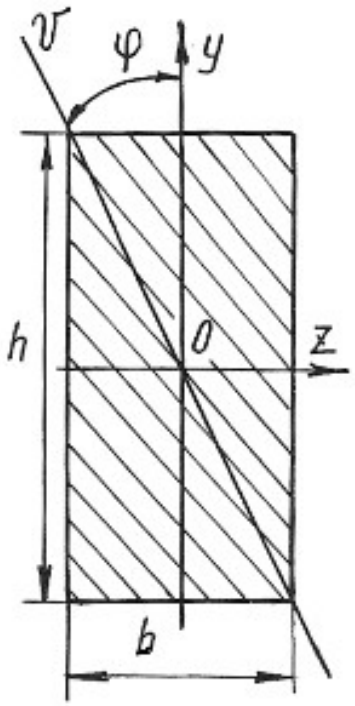
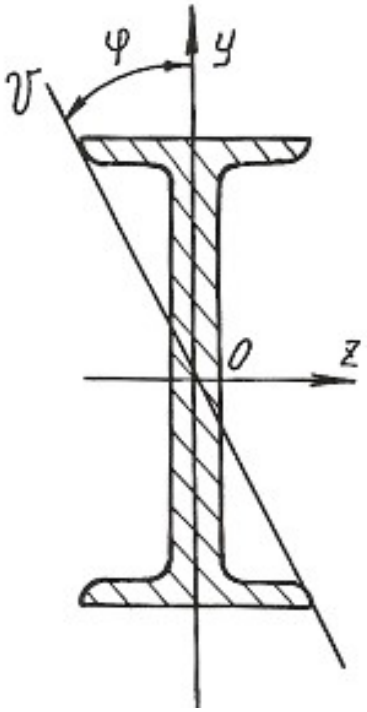
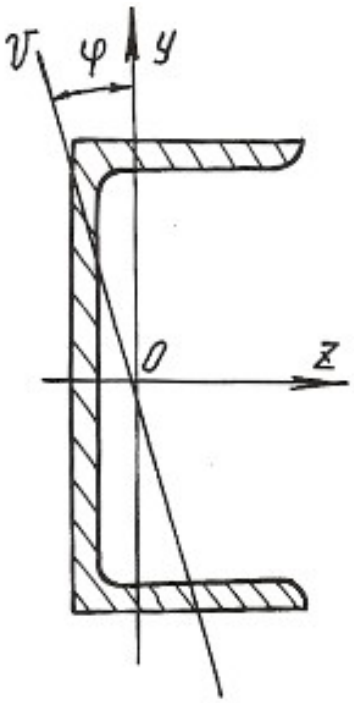
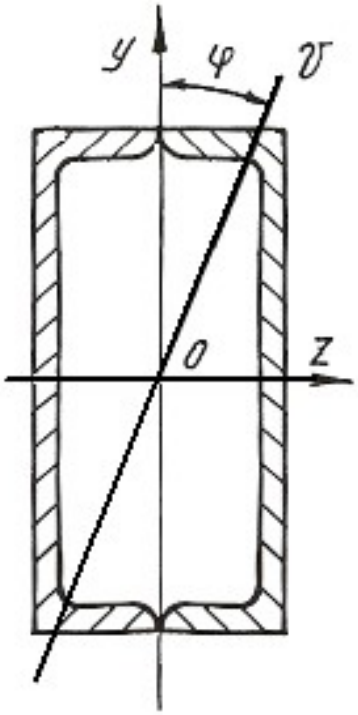
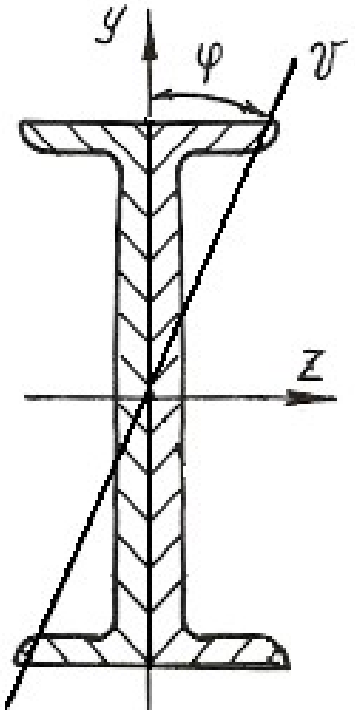
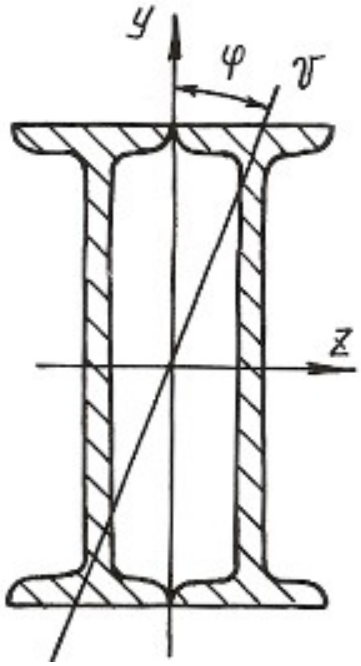
| Номер схемы | Схема балки |
|---|---|
| 12 |  |
| 13 |  |
| 14 |  |
| 15 |  |
| 16 |  |

Таблица 6.3

**Схемы поперечных сечений балок**

| А | Б | В |
|---|---|---|
|  |  |  |
| **Г** | **Д** | **Е** |
|  |  |  |

## 6.3. Внецентренное растяжение или сжатие

Если действующая на брус продольная растягивающая или сжимающая сила приложена на некотором расстоянии от центра тяжести сечения, то возникает внецентренное растяжение или сжатие. Расстояние между точкой приложения силы и центром тяжести сечения бруса называется эксцентриситетом. Для практики весьма важны случаи внецентренного сжатия, например, для каменных и кирпичных столбов, бетонных колонн и др.

Внецентренное приложение сжимающей силы можно привести к случаю сжатия центральной силой $F$ и чистому изгибу моментом $M = Fe$, если перенести силу $F$ в центр тяжести поперечного сечения и уравновесить ее (рис. 6.5).

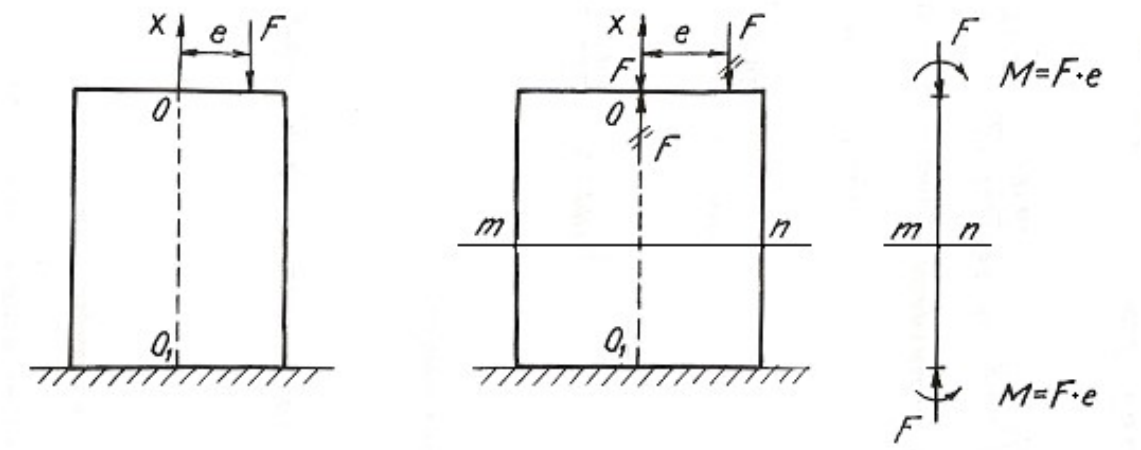



Рис. 6.5.

Так как изгибающий момент во всех сечениях постоянен, то проверку прочности можно производить по любому сечению бруса. Если отбросить верхнюю часть бруса по сечению *m-n* и рассмотреть нижнюю **(**рис. 6.6**),** то для любой точки $A$ поперечного сечения с координатами $y$, $z$ нормальное напряжение будет равно алгебраической сумме напряжений

$$\sigma_A = \sigma_F + \sigma_{M_y} + \sigma_{M_z}, \qquad (6.7)$$

где $\sigma_F = -\dfrac{F}{A}$ – напряжение от сжимающей центрально приложенной силы $F$;

$\sigma_{M_y} = -M_y \dfrac{z}{J_y}$ – напряжение от изгибающего момента относительно главной оси сечения $y$; $\sigma_{M_z} = -M_z \dfrac{y}{J_z}$ – напряжение от изгибающего момента относительно главной оси сечения $z$.

Знак минус указывает на то, что данные нагрузки вызывают в точке $A$ деформацию сжатия.

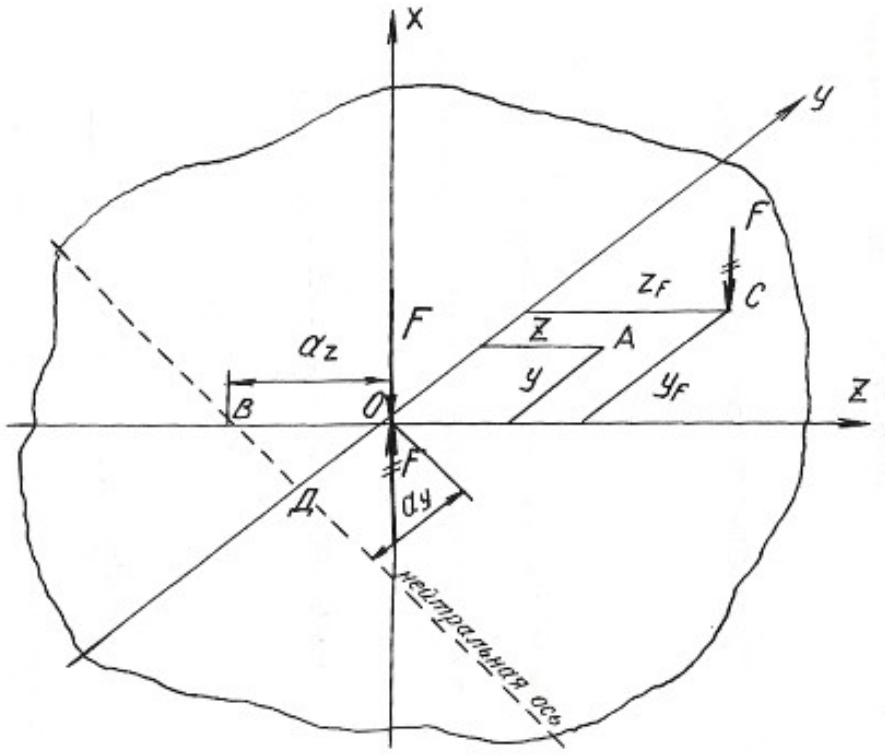



Рис. 6.6.

Изгибающие моменты определяются

$$M_y = Fz_F; \qquad M_z = Fy_F;$$

где $z_F$ и $y_F$ - координаты точки $C$ приложения силы $F$.

После подстановки имеем:

$$\sigma_A = -\frac{F}{A} - Fz_F \frac{z}{J_y} - Fy_F \frac{y}{J_z}.$$

Окончательный вид формулы для определения напряжений в любой точке поперечного сечения получаем после простых преобразований

$$\sigma = F\left( \pm\frac{1}{A} \pm z_F \frac{z}{J_y} \pm y_F \frac{y}{J_z} \right), \tag{6.8}$$

где $J_y, J_z$ – моменты инерции поперечного сечения; $y_F, z_F$ – координаты точки приложения силы $F$.

У каждого из слагаемых данного уравнения знак плюс берется для растягивающего, а знак минус – для сжимающего напряжения.

Условие прочности при внецентренном растяжении или сжатии имеет вид:

$$\sigma_{\max} = F\left(\pm\frac{1}{A} \pm z_F \frac{z_{\max}}{J_y} \pm y_F \frac{y_{\max}}{J_z}\right) \le \sigma_{\text{adm}}, \qquad (6.9)$$

где $z_{\max}$, $y_{\max}$ – координаты наиболее удаленных точек сечения от его центра тяжести.

Уравнение нейтральной оси при внецентренном растяжении или сжатии имеет вид:

$$\pm\frac{1}{A} \pm z_F \frac{z_0}{J_y} \pm y_F \frac{y_0}{J_z} = 0, \qquad (6.10)$$

где $z_0$, $y_0$ – координаты точек, лежащих на нейтральной оси.

Это уравнение является уравнением прямой, не проходящей через центр тяжести сечения. Величины отрезков, отсекаемых на координатных осях $y$ и $z$ нейтральной осью, определяются из уравнения:

$$\pm 1 \pm z_F \frac{a_z}{i_y^2} \pm y_F \frac{a_y}{i_z^2} = 0, \qquad (6.11)$$

где $a_z = z_0$, $a_y = y_0$ - отрезки, определяющие положение нейтральной оси.

Величины отрезков определяются по формулам:

$$a_z = -\frac{i_y^2}{z_F}; \quad a_y = -\frac{i_z^2}{y_F}, \qquad (6.12)$$

где $i_z$, $i_y$ - радиусы инерции поперечного сечения относительно осей $y$ и $z$.

Знак минус в этих формулах указывает на то, что нейтральная ось располагается по другую сторону центра тяжести сечения, по сравнению с точкой приложения силы $F$, действующей на брус.

Если поперечное сечение имеет сложную форму, то необходимо найти центр тяжести сечения, положение главных центральных осей и главные моменты инерции, пользуясь формулами и указаниями, приведенными в главе 2. В формулы, содержащие моменты инерции, необходимо подставлять значения главных моментов инерции сечения.

**Пример 6.3.**

Короткий чугунный стержень, поперечное сечение которого показано на рис. 6.7, сжимается продольной силой $F$, приложенной в точке $A$**.**

Требуется:

1. Вычислить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения в поперечном сечении, выразив величины этих напряжений через $F$ и размеры сечений.

2. Найти допускаемую нагрузку $F$ при заданных размерах сечения и допускаемых напряжениях для чугуна на сжатие $\sigma^{c}_{adm}$ и на растяжение $\sigma^{p}_{adm}$: $\sigma^{c}_{adm} = 110$ МПа, $\sigma^{p}_{adm} = 24$ МПа.

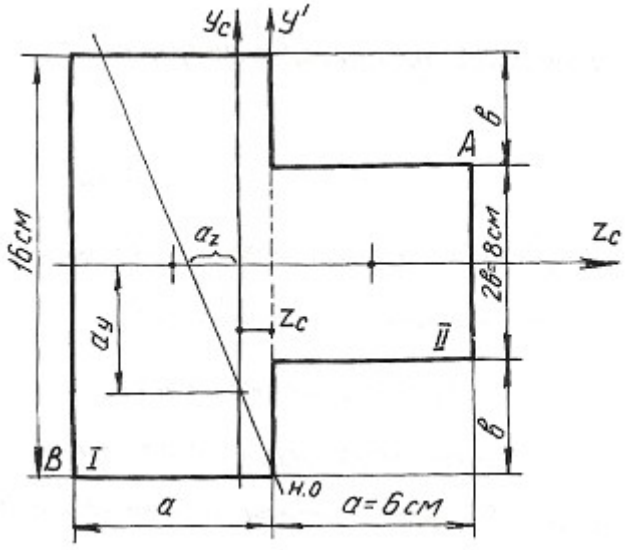



Рис. 6.7.

Определяем координату центра тяжести сечения. Проведем вспомогательную ось $y'$:

$$z_c = \frac{\sum Sy'}{\sum A} = \frac{(A_1 z_1 + A_2 z_2)}{A_1 + A_2} = \frac{[16 \cdot 6 \cdot (-3) + 6 \cdot 8 \cdot 3]}{16 \cdot 6 + 6 \cdot 8} = \frac{-144}{144} = -1 \text{ см}.$$

Для определения положения нейтральной оси находим геометрические характеристики сечения.

Моменты инерции:

$$J_{y_c} = 16\frac{6^3}{12} + 6 \cdot 16 \cdot 2^2 + 8 \cdot \frac{6^3}{12} + 6 \cdot 8 \cdot 4^2 = 1584 \text{ см}^4;$$

$$J_{z_c} = 16^3 \frac{6}{12} + 6\frac{8^3}{12} = 2304 \text{ см}^4.$$

Радиусы инерции:

$$i_y = \sqrt{\frac{J_{y_c}}{A}} = \sqrt{\frac{1584}{144}} = \sqrt{11} = 3{,}31 \text{ см};$$

$$i_z = \sqrt{\frac{J_{z_c}}{A}} = \sqrt{\frac{2304}{144}} = \sqrt{16} = 4 \text{ см}.$$

Нейтральная ось пересекает оси $z_c$ и $y_c$ в точках:

$$a_y = -\frac{i_z^2}{y_F}; \qquad a_z = -\frac{i_y^2}{z_F}; \quad z_F = 7\,\text{см}; \quad y_F = 4\,\text{см}.$$

$$a_y = \frac{-4^2}{4} = -4\ \text{см}; \quad a_z = \frac{-3{,}31^2}{7} = -1{,}57\ \text{см}.$$

Максимальное напряжение возникает в точках, наиболее удаленных от нейтральной оси, т. е. в точках *A* и *B*. Определяются они по формуле:

$$\sigma = -\frac{F}{A} \pm \frac{F z_F z_{\max}}{J_{y_c}} \pm \frac{F y_F y_{\max}}{J_{z_c}},$$

где $z_{\max}$, $y_{\max}$ – координаты точек *A* и *B*.

Наибольшее сжимающее напряжение:

$$\sigma_A = -F\left[\frac{1}{144} + 7\frac{7}{1584} + 4\frac{4}{2304}\right] = -0{,}044 \cdot F\,.$$

Наибольшее растягивающее напряжение:

$$\sigma_B = -F\left[\frac{1}{144} + 7\frac{(-5)}{1584} + 4\frac{(-8)}{2304}\right] = 0{,}028 \cdot F.$$

Находим допускаемую нагрузку:

$$\sigma_A \le \sigma^{\text{c}}_{\text{adm}} = 110\ \text{МПа}; \qquad 0{,}044 \cdot F \le 110; \quad F \le 0{,}25\ \text{МН}.$$

$$\sigma_B \le \sigma^{\text{p}}_{\text{adm}} = 24\ \text{МПа}; \qquad 0{,}028 \cdot F \le 24; \quad F \le 0{,}09\ \text{МН}.$$

Допускаемая нагрузка $F = 0{,}09$ МН.

## 6.4. Задания для расчета на внецентренное растяжение или сжатие

Колонна заданного поперечного сечения с известными размерами нагружена сжимающей силой $F$, приложенной вне центра тяжести сечения в указанной точке. Требуется:

1) Определить положение нейтральной оси;
2) Вычислить наибольшие напряжения в опасном сечении колонны;
3) Построить эпюры напряжений в опасном сечении.

Данные для расчета взять из таблиц 6.4, 6.5 и табл. П. 1.

Примечание: собственным весом колонны при расчетах пренебречь.

Таблица 6.4

| Вариант | Схема сечения | Материал | Размеры сечения, см | Точка приложения силы $F$ | Нагрузка $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | А | дерево | $b$ x $h$ = 15 x 25 | 1 | 20 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 16 | 2 | 30 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 16 | 3 | 40 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 14 | 4 | 50 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 12 | 5 | 60 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 14 | 6 | 70 |
| | Ж | чугун | $b$ = 20 | 7 | 35 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 20 x 30, $D$ = 10 | 8 | 45 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 12, $a$ = 10 | 1 | 75 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 14, $a$ = 10 | 2 | 80 |
| 2 | А | дерево | $b$ x $h$ = 16 x 27 | 2 | 25 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 18 | 3 | 35 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 18 | 4 | 45 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 16 | 5 | 50 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 18 | 6 | 60 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 16 | 7 | 70 |
| | Ж | чугун | $b$ = 30 | 8 | 55 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 25 x 35 , $D$ = 12 | 1 | 65 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 14, $a$ = 10 | 2 | 65 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 16, $a$ = 10 | 3 | 75 |

Продолжение табл. 6.4

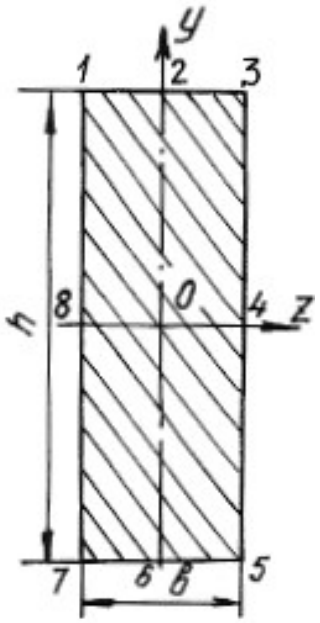
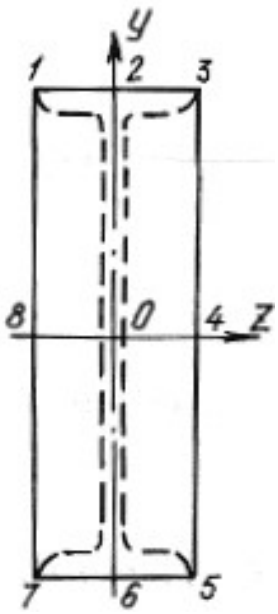
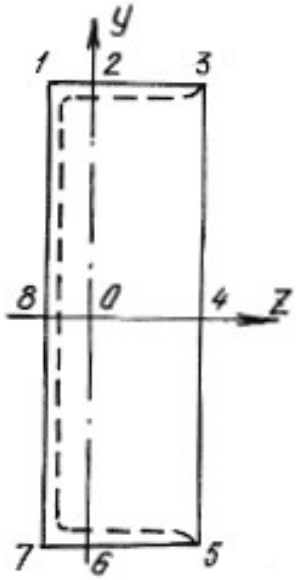
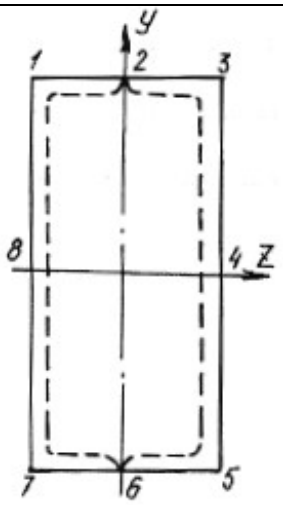
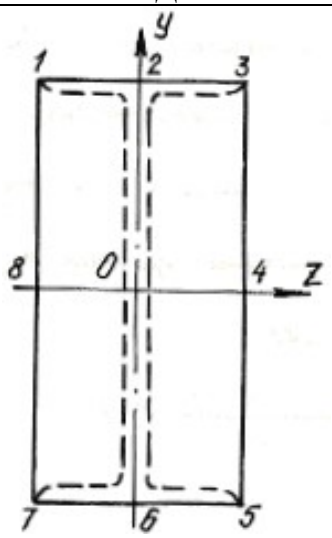
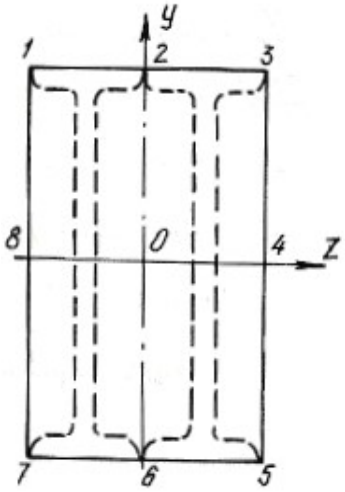
| Вариант | Схема сечения | Материал | Размеры сечения | Точка приложения силы $F$ | Нагрузка $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | А | дерево | $b$ x $h$ = 17 x 28 | 3 | 30 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 14 | 4 | 40 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 20 | 5 | 48 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 14 | 6 | 52 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 16 | 7 | 62 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 18 | 8 | 72 |
| | Ж | чугун | $b$ = 32 | 1 | 60 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 24 x 32, $D$ = 8 | 2 | 70 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 18, $a$ = 14 | 3 | 66 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 12, $a$ = 8 | 4 | 74 |
| 4 | А | дерево | $b$ x $h$ = 18 x 36 | 4 | 40 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 20 | 5 | 44 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 20 | 6 | 54 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 18 | 7 | 64 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 16 | 8 | 74 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 14 | 1 | 46 |
| | Ж | чугун | $b$ = 34 | 2 | 38 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 28 x 36, $D$ = 14 | 3 | 48 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 16, $a$ = 8 | 4 | 58 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 18, $a$ = 12 | 5 | 72 |
| 5 | А | дерево | $b$ x $h$ = 20 x 24 | 5 | 28 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 22 | 6 | 38 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 22 | 7 | 48 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 20 | 8 | 62 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 22 | 1 | 76 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 20 | 2 | 78 |
| | Ж | чугун | $b$ = 28 | 3 | 46 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 22 x 34, $D$ = 6 | 4 | 56 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 20, $a$ = 6 | 5 | 80 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 20, $a$ = 12 | 6 | 82 |

Продолжение табл. 6.4

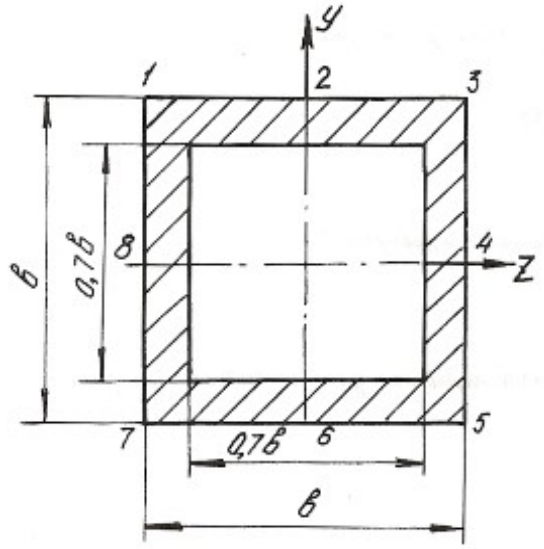
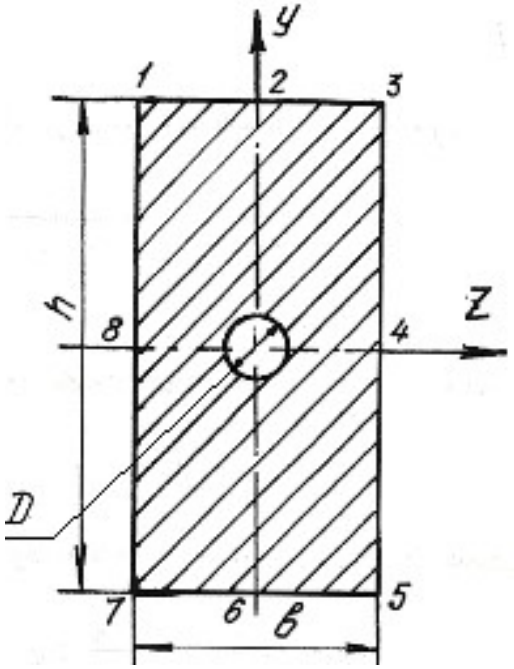
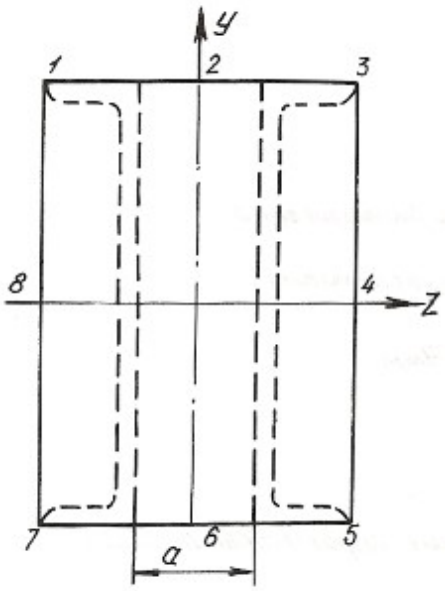
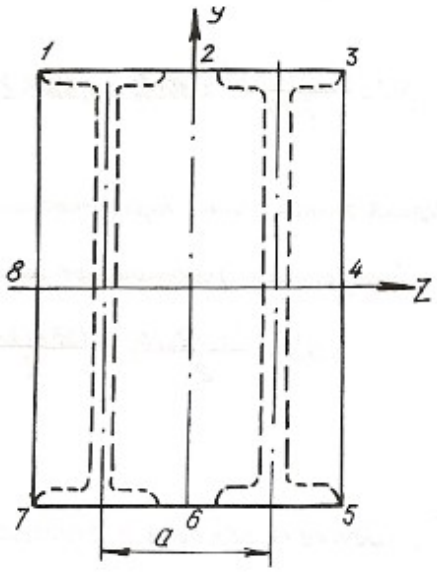
| Вариант | Схема сечения | Материал | Размеры сечения, см | Точка приложения силы $F$ | Нагрузка $F$, кН |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | А | дерево | $b$ x $h$ = 22 x 38 | 6 | 36 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 22 | 7 | 46 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 22 | 8 | 48 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 22 | 1 | 68 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 20 | 2 | 72 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 22 | 3 | 74 |
| | Ж | чугун | $b$ = 24 | 4 | 50 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 24 x 34, $D$ = 8 | 5 | 60 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 22, $a$ = 8 | 6 | 74 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 22, $a$ = 12 | 7 | 69 |
| 7 | А | дерево | $b$ x $h$ = 22 x 30 | 7 | 25 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 24 | 8 | 48 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 24 | 1 | 52 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 24 | 2 | 63 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 22 | 3 | 68 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 20 | 4 | 64 |
| | Ж | чугун | $b$ = 22 | 5 | 43 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 26 x 36, $D$ = 6 | 6 | 49 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 24, $a$ = 4 | 7 | 78 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 24, $a$ = 13 | 8 | 84 |
| 8 | А | дерево | $b$ x $h$ = 18 x 32 | 8 | 35 |
| | Б | Ст 3 | двутавр № 27 | 1 | 62 |
| | В | Ст 3 | швеллер № 27 | 2 | 68 |
| | Г | Ст 3 | 2 швеллера № 22 | 3 | 85 |
| | Д | Ст 3 | 2 швеллера № 24 | 4 | 87 |
| | Е | Ст 3 | 2 двутавра № 22 | 5 | 78 |
| | Ж | чугун | $b$ = 26 | 6 | 52 |
| | З | чугун | $b$ x $h$ = 26 x 36, $D$ = 9 | 7 | 58 |
| | И | Ст 3 | 2 швеллера № 27, $a$ = 5 | 8 | 86 |
| | К | Ст 3 | 2 двутавра № 27, $a$ = 14 | 1 | 88 |

Таблица 6.5

**Схемы поперечных сечений колонны**

| А | Б | В |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Г | Д | Е |
|  |  |  |

Окончание табл. 6.5

| Ж | З |
|---|---|
|  |  |
| И | К |
|  |  |

## 6.5. Изгиб с кручением

Помимо крутящих моментов валы могут испытывать воздействие изгибающих моментов. Последние возникают от действия собственного веса вала, усилий натяжения приводных ремней, весов шкивов, усилий зацепления в зубьях зубчатых передач и т. п.

Крутящий момент на валу или его участке определяется по формулам:

$$T = 9550\frac{N}{n}, \tag{6.13}$$

где $T$ – крутящий момент, Нм; $N$ – мощность двигателя, кВт; $n$ – число оборотов вала в минуту, или

$$T = \frac{D}{2}\cdot(t_1 - t_1'), \tag{6.14}$$

где $D$ – диаметр ведущего шкива, соединенного с двигателем приводным ремнем; $t_1$ – усилие натяжения в набегающей ветви приводного ремня; $t_1'$ – усилие натяжения в сбегающей ветви приводного ремня.

Определив крутящий момент по формуле (6.13) и, зная соотношение между усилиями $t_1$ и $t_1'$, определяют эти усилия из формулы (6.14) при известном диаметре шкива. Если усилия $t_1$, $t_1'$ последовательно перенести в центр тяжести сечения вала и уравновесить их, то получим два момента пар сил, направленных в противоположные стороны. Равнодействующий момент этих моментов и будет равен крутящему моменту в том сечении, где находится шкив. Вместе с этим в центре этого сечения вала возникнет нагрузка, $S = t_1 + t_1'$, которая может быть направлена под углом к горизонту. В этом случае ее раскладывают на вертикальную и горизонтальную составляющие: $S_y = S\cdot\sin\alpha$; $S_z = S\cdot\cos\alpha$.

При наличии на валу нескольких ведомых шкивов крутящие моменты и изгибающие нагрузки определяются аналогичным способом. Таким образом, вал будет испытывать одновременно деформацию кручения от крутящих моментов и деформацию поперечного изгиба в двух плоскостях – вертикальной и горизонтальной. Дальнейший расчет вала на изгиб с кручением осуществляется в таком порядке:

1. Строится эпюра крутящих моментов $T$.
2. Вычерчивается схема вала в виде балки на двух опорах и загружается только вертикальными изгибающими нагрузками. С помощью уравнений статики определяются реакции на опорах, и строится эпюра изгибающих моментов от этих нагрузок $M_{\text{и}}^{\text{в}}$.

3. Вал загружается только горизонтальными изгибающими нагрузками, от них определяются реакции на опорах, и строится эпюра изгибающих моментов от горизонтальных нагрузок $M_{\text{и}}^{\text{г}}$.

4. В характерных сечениях вала определяются суммарные изгибающие моменты в виде геометрической суммы изгибающих моментов, возникающих в этих сечениях от вертикальных и горизонтальных нагрузок: $M_{\text{и}} = \sqrt{(M_{\text{и}}^{\text{в}})^2 + (M_{\text{и}}^{\text{г}})^2}$. Строится суммарная эпюра изгибающих моментов $M_{\text{и}}$. При построении эпюр выбирается необходимый масштаб, и применяются знаки, принятые в сопротивлении материалов при построении эпюр крутящих и изгибающих моментов.

5. Выбирается опасное сечение по длине вала, где одновременно крутящий и суммарный моменты достаточно большие – на основании эпюр $M_{\text{и}}$ и $T$.

6. На основании третьей или четвертой теории прочности для опасного сечения определяется расчетный (эквивалентный) момент по формулам:

$$M_{\text{р}}^{\text{III}} = \sqrt{T^2 + M_{\text{и}}^2}; \quad M_{\text{р}}^{\text{IV}} = \sqrt{M_{\text{и}}^2 + 0,75T^2}. \tag{6.15}$$

7. Определяется диаметр сечения вала на основании условия прочности:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{P}}}{W_z} \le \sigma_{\text{adm}}, \tag{6.16}$$

где $W_z = \dfrac{J_z}{d/2} = \pi \dfrac{d^4/64}{d/2} = \dfrac{\pi d^3}{32}$ – момент сопротивления поперечного сечения вала изгибу.

$$d \ge \sqrt[3]{\frac{32M_{\text{P}}}{\pi\sigma_{\text{adm}}}}. \tag{6.17}$$

Величина диаметра округляется до ближайшего целого.

**Пример 6.4.**

Шкив с диаметром $D_1$ и с углом наклона ветвей ремня к горизонту $\alpha_1$ делает $n$ оборотов в минуту и передает мощность $N$. Два других шкива имеют одинаковый диаметр $D_2$ и одинаковые углы наклона ветвей ремня к горизонту $\alpha_2$ и, каждый из них передает мощность $N/2$ **(**рис. 6.8).

Требуется:

1. Определить моменты, приложенные к шкивам, по заданным $N$ и $n$ ;

2. Построить эпюру крутящих моментов $T$;

3. Определить окружные усилия $t_1$ и $t_2$ действующие на шкивы, по данным моментам и заданным диаметрам шкивов $D_1$ и $D_2$;

4. Принять $t_1 = 2 \cdot t_2$;

5. Определить силы, изгибающие вал в горизонтальной и вертикальной плоскостях (вес шкивов и вала не учитывать);

6. Построить эпюры изгибающих моментов от горизонтальных и вертикальных сил $M_{\text{верт.}}$, $M_{\text{гор.}}$;

7. Построить эпюры суммарных изгибающих моментов, пользуясь формулой $M_{\text{и}} = \sqrt{M_{\text{гор}}{}^2 + M_{\text{верт}}{}^2}$;

8. При помощи эпюр $T$ и $M_{\text{и}}$ найти опасное сечение и определить максимальный расчетный момент (по третьей теории прочности);

9. Подобрать диаметр вала $d$ при $\sigma_{\text{adm}} = 70$ МПа и округлить его значение.

*Решение.*

1. Определяем крутящие моменты:

$$T_1 = \frac{9{,}55 \cdot N_1}{650} = \frac{9{,}55 \cdot 90}{650} = 1{,}32 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = \frac{9{,}55 \cdot N_2}{n} = \frac{9{,}55 \cdot 45}{650} = 0{,}66 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Строим эпюру крутящих моментов (см. рис. 6.8).

3. Определяем усилия натяжения в ветвях ремней:

$$t_1 = \frac{2 \cdot T_1}{D_1} = \frac{2 \cdot 1{,}32}{1} = 2{,}64 \text{ кН}; \quad t_2 = \frac{2 \cdot T_2}{D_2} = \frac{2 \cdot 0{,}66}{0{,}6} = 2{,}2 \text{ кН}.$$

4. Определяем изгибающие нагрузки:

$$S_1 = t_1 + 2 \cdot t_2 = 7{,}92 \text{ кН}; \quad S_2 = t_2 + 2 \cdot t_2 = 6{,}60 \text{ кН}.$$

5. Определяем изгибающие нагрузки в вертикальной плоскости и реакции от этих нагрузок:

$$S_1^y = S_1 \cdot \sin\alpha_1 = 7{,}92 \cdot \sin 75^\circ = 7{,}92 \cdot 0{,}9659 = 7{,}65 \text{ кН};$$

$$S_2^y = S_2 \cdot \sin\alpha_2 = 6{,}6 \cdot \sin 80^\circ = 6{,}6 \cdot 0{,}9848 = 6{,}49 \text{ кН}.$$

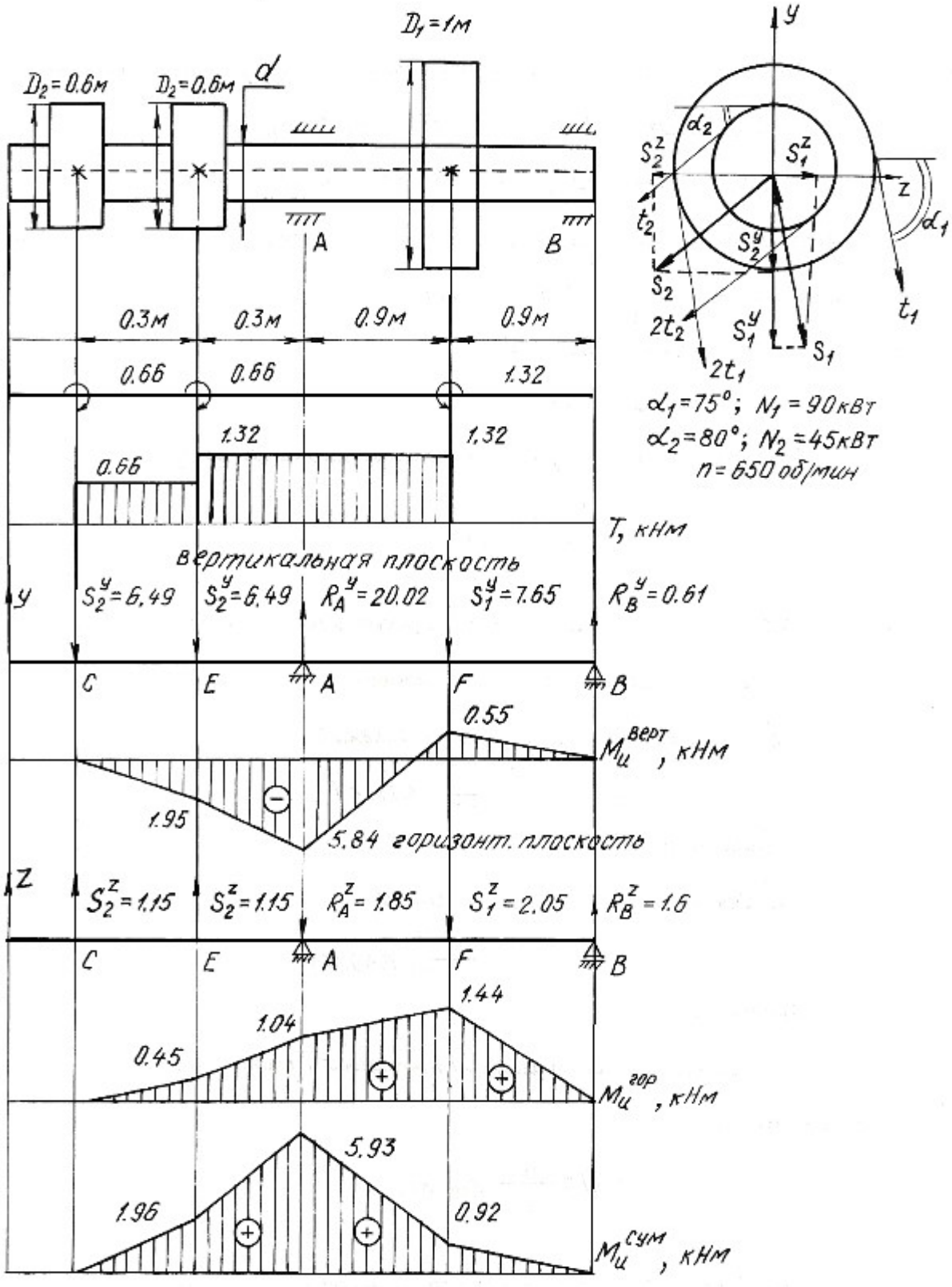

D1=1м
D2=0.6м
D2=0.6м
d
A
B
0.3м
0.3м
0.9м
0.9м
0.66
0.66
1.32
1.32
1.32
0.66
T, кНм
вертикальная плоскость
y
S2y=6.49
S2y=6.49
RAy=20.02
S1y=7.65
RBy=0.61
C
E
A
F
B
0.55
Mцверт, кНм
1.95
5.84 горизонт. плоскость
z
S2z=1.15
S2z=1.15
RAz=1.85
S1z=2.05
RBz=1.6
C
E
A
F
B
1.44
1.04
0.45
Mцгор, кНм
5.93
1.96
0.92
Mцсум, кНм
y
α2
S2z
S1z
z
α1
t2
S2y
S2
t1
2t2
S1y
S1
2t1
α1=75°; N1=90кВт
α2=80°; N2=45кВт
n=650 об/мин

Рис. 6.8.

$$\sum M_A = 0; \quad S_2^y \cdot 0,6 - S_1^y \cdot 0,9 + R_B^y \cdot 1,8 + S_2^y \cdot 0,3 = 0;$$

$$6,49 \cdot 0,6 + 6,49 \cdot 0,3 - 7,65 \cdot 0,9 + R_B^y \cdot 1,8 = 0;$$

$$R_B^y = 0,61 \text{ кН}.$$

$$\sum M_B = 0; \; S_2^y \cdot 2,4 + S_2^y \cdot 2,1 - R_A^y \cdot 1,8 + S_1^y \cdot 0,9 = 0;$$

$$6,49 \cdot 2,4 + 6,49 \cdot 2,1 - R_A^y \cdot 1,8 + 7,65 \cdot 0,9 = 0;$$

$$R_A^y = 20,02 \text{ кН}.$$

$$\sum Y = 0; \quad -S_2^y - S_2^y + R_A^y - S_1^y + R_B^y = 0;$$

$$-6,49 - 6,49 + 20,02 - 7,65 + 0,61 = 0;$$

$$0 = 0.$$

Строим эпюру изгибающих моментов в вертикальной плоскости:

$$M_{\text{и}}^E = -6,49 \cdot 0,3 = -1,95 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{и}}^A = -6,49 \cdot 0,6 - 6,49 \cdot 0,3 = -5,84 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{и}}^F = R_B^y \cdot 0,9 = 0,61 \cdot 0,9 = 0,55 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

6. Определяем изгибающие нагрузки в горизонтальной плоскости и реакции от этих нагрузок:

$$S_1^z = S_1 \cdot \cos\alpha_1 = 7,92 \cdot \cos 75^\circ = 2,05 \text{ кН};$$

$$S_2^z = S_2 \cdot \cos\alpha_2 = 6,6 \cdot \cos 80^\circ = 1,15 \text{ кН}.$$

$$\sum M_A = 0;$$

$$S_2^z \cdot 0,6 - S_1^z \cdot 0,9 + R_B^z \cdot 1,8 - S_2^z \cdot 0,3 = 0;$$

$$R_B^z = 1,6 \text{ кН}.$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$-S_2^z \cdot 2,4 - S_2^z \cdot 2,1 + R_A^z \cdot 1,8 + S_1^z \cdot 0,9 = 0;$$

$$R_A^z = 1,85 \text{ кН}.$$

$$\sum Z = 0; \quad S_2^z + S_2^z - R_A^z - S_1^z + R_B^z = 0;$$

$$1,15 + 1,15 - 1,85 - 2,05 + 1,6 = 0;$$

$$0 = 0.$$

Строим эпюру изгибающих моментов в горизонтальной плоскости:

$$M_{\text{и}}^{E} = 1{,}15 \cdot 0{,}3 = 0{,}45 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{A} = 1{,}15 \cdot 0{,}6 + 1{,}15 \cdot 0{,}3 = 1{,}04 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{F} = 1{,}6 \cdot 0{,}9 = 1{,}44 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

7. Строим эпюру суммарных изгибающих моментов:

$$M_{\text{и}}^{E} = \sqrt{1{,}95^2 + 0{,}45^2} = 1{,}96 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{A} = \sqrt{5{,}84^2 + 1{,}04^2} = 5{,}93 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{F} = \sqrt{0{,}55^2 + 1{,}44^2} = 0{,}92 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

8. Опасным сечением будет сечение $A$:

$$M_{\text{и}}^{A} = 5{,}93 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad T = 1{,}32 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Расчетный момент для сечения $A$:

$$M_{\text{р}}^{\text{III}} = \sqrt{5{,}93^2 + 1{,}32^2} = 6{,}08 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

9. Определяем диаметр сечения вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_{\text{р}}}{\pi\sigma_{\text{adm}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 6{,}08 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 70}} = 0{,}096 \text{ м} = 96 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр вала $d = 100$ мм.

### 6.6. Задания для расчета на изгиб с кручением

Трансмиссионный вал делает $n$ оборотов в минуту при мощности $N$. На шкив с диаметром $D_1$ с углом наклона ремней ветвей ремня к горизонту $\alpha_1$ передается мощность $N$ кВт от электродвигателя. Два других шкива имеют одинаковый диаметр $D_2$ и одинаковые углы $\alpha_2$ наклона ветвей ремня к горизонту, и каждый из них передает мощность $0{,}5N$ на станки. Для заданной расчетной схемы и данных размеров и нагрузок требуется:

1) определить окружные моменты, приложенные к шкивам, по заданным величинам $N$ и $n$;

2) построить эпюру крутящих моментов $T$;

3) определить окружные усилия, действующие на шкивы;

4) определить силы, изгибающие вал в горизонтальной и вертикальной плоскостях (вес шкива и вала не учитывать);

5) построить эпюры изгибающих моментов от горизонтальных сил $M_{\text{гор}}$ и от вертикальных сил $M_{\text{верт}}$;

6) построить эпюру суммарных изгибающих моментов;

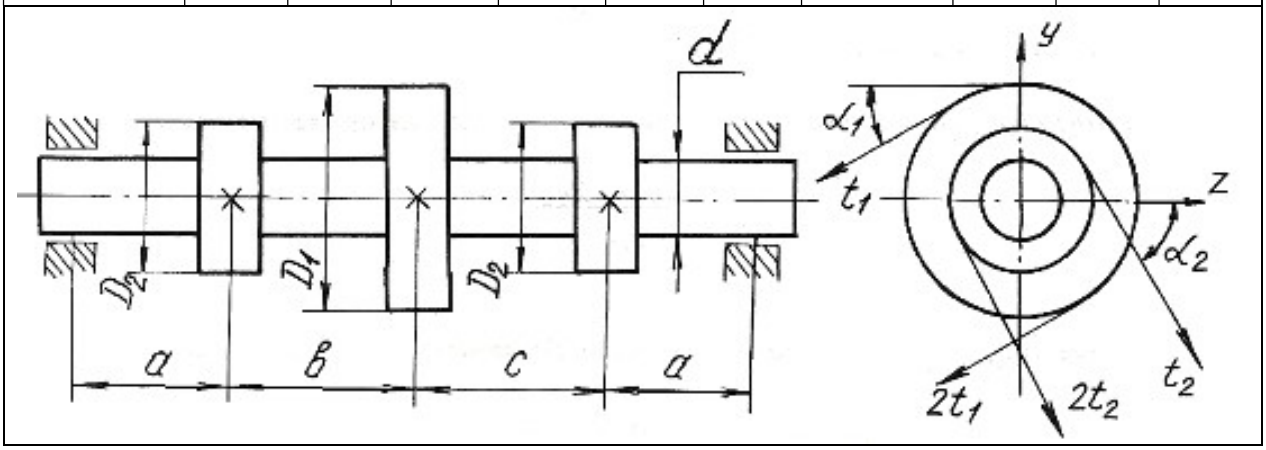
7) найти опасное сечение и определить величину максимально-расчетного момента по третьей теории прочности;

8) подобрать диаметр сечения вала при $\sigma_{adm}$=80 МПа.

Данные для расчета и схемы взять из табл. 6.6.

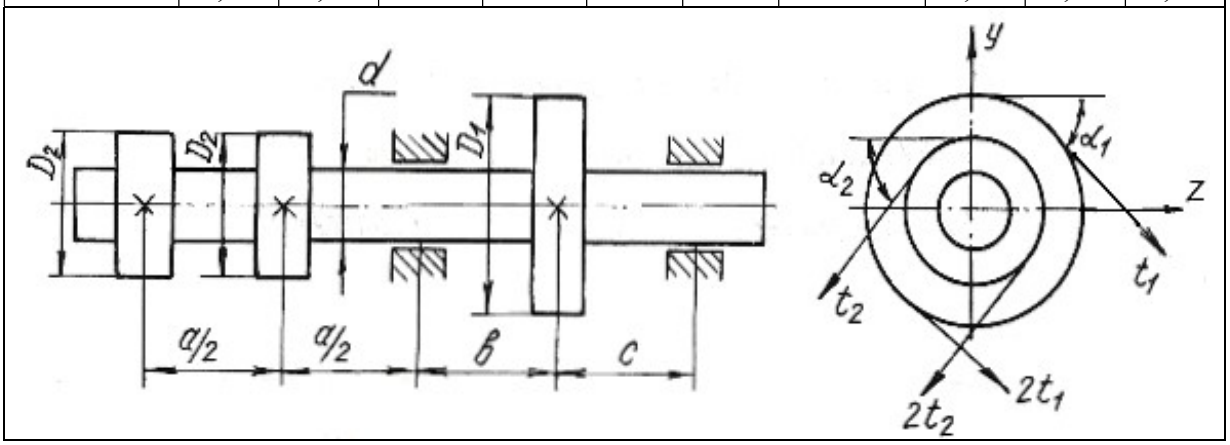
Таблица 6.6

| Номер варианта | Числовые значения | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
| 1 | 1,00 | 0,30 | 45 | 40 | 30 | 15 | 250 | 0,50 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 0,80 | 0,40 | 15 | 10 | 40 | 20 | 200 | 0,50 | 1,30 | 1,20 |
| 3 | 1,00 | 0,40 | 30 | 35 | 30 | 15 | 250 | 0,40 | 1,25 | 2,00 |
| 4 | 1,20 | 0,50 | 60 | 55 | 50 | 25 | 200 | 0,40 | 1,00 | 2,50 |
| 5 | 1,40 | 0,40 | 45 | 45 | 60 | 30 | 300 | 0,60 | 1,20 | 1,80 |



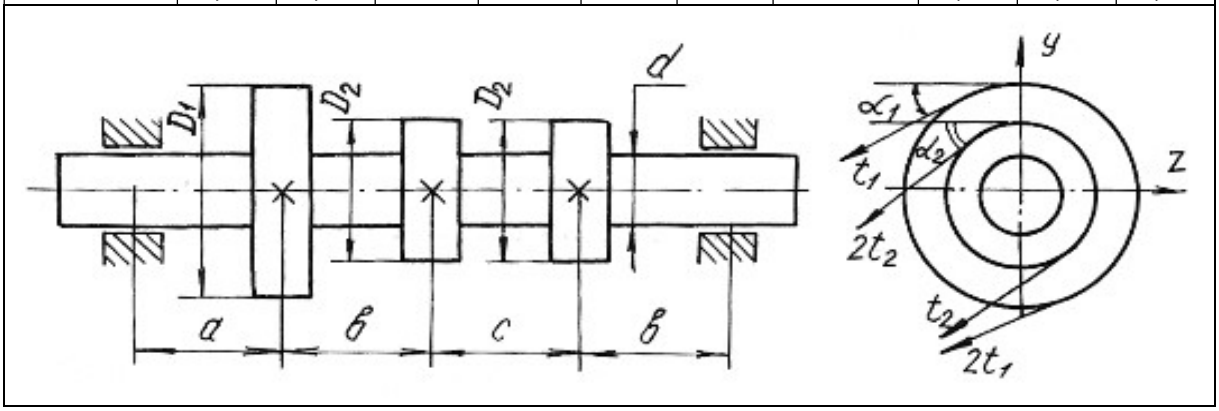
Продолжение табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 1,00 | 0,30 | 45 | 40 | 70 | 35 | 400 | 0,70 | 1,20 | 1,30 |
| 7 | 0,90 | 0,60 | 55 | 50 | 75 | 38 | 400 | 0,50 | 1,00 | 1,00 |
| 8 | 1,00 | 0,70 | 60 | 35 | 80 | 40 | 500 | 0,60 | 1,00 | 1,10 |
| 9 | 1,20 | 0,80 | 65 | 30 | 85 | 42 | 550 | 0,70 | 1,10 | 1,20 |
| 10 | 1,20 | 0,90 | 70 | 45 | 90 | 45 | 600 | 0,70 | 1,00 | 1,00 |



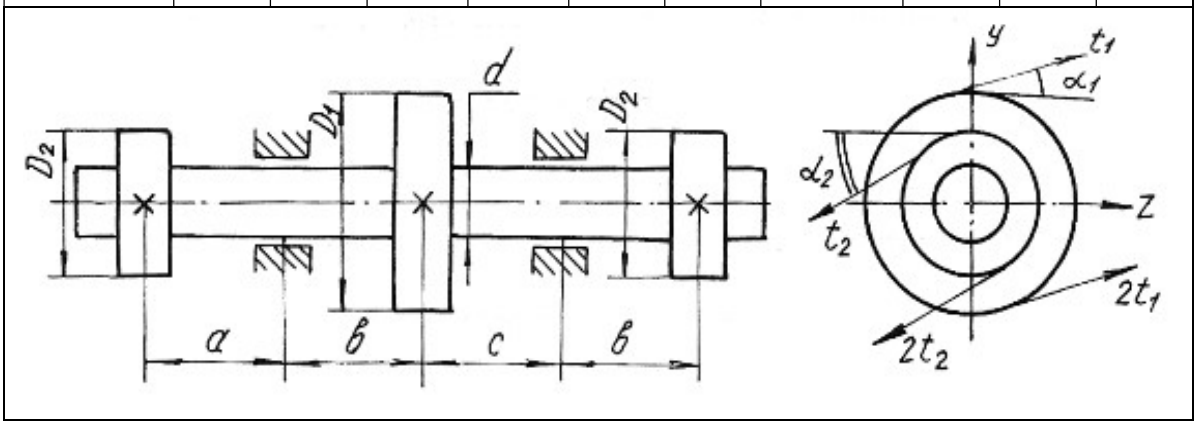

Продолжение табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 1,00 | 0,60 | 75 | 80 | 90 | 45 | 650 | 0,60 | 0,90 | 0,90 |
| 12 | 1,20 | 0,80 | 80 | 75 | 100 | 50 | 700 | 0,50 | 1,00 | 1,00 |
| 13 | 1,20 | 0,70 | 85 | 30 | 110 | 55 | 750 | 0,60 | 1,10 | 1,20 |
| 14 | 1,20 | 0,60 | 30 | 85 | 120 | 60 | 800 | 0,50 | 1,00 | 1,00 |
| 15 | 1,00 | 0,80 | 35 | 40 | 130 | 65 | 360 | 0,60 | 1,20 | 1,00 |



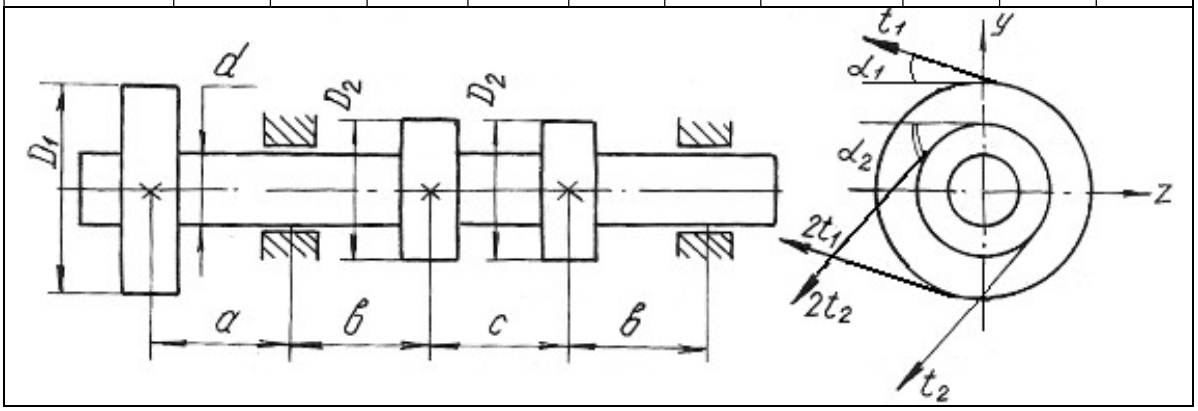
Продолжение табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | 1,20 | 0,60 | 40 | 35 | 140 | 70 | 400 | 0,50 | 1,00 | 1,00 |
| 17 | 1,40 | 0,70 | 45 | 50 | 150 | 75 | 450 | 0,50 | 0,50 | 1,00 |
| 18 | 1,20 | 0,60 | 50 | 45 | 160 | 80 | 500 | 0,60 | 1,00 | 1,00 |
| 19 | 1,20 | 0,70 | 60 | 65 | 170 | 85 | 550 | 0,50 | 0,90 | 0,90 |
| 20 | 1,00 | 0,60 | 65 | 60 | 180 | 90 | 600 | 0,60 | 1,00 | 0,90 |



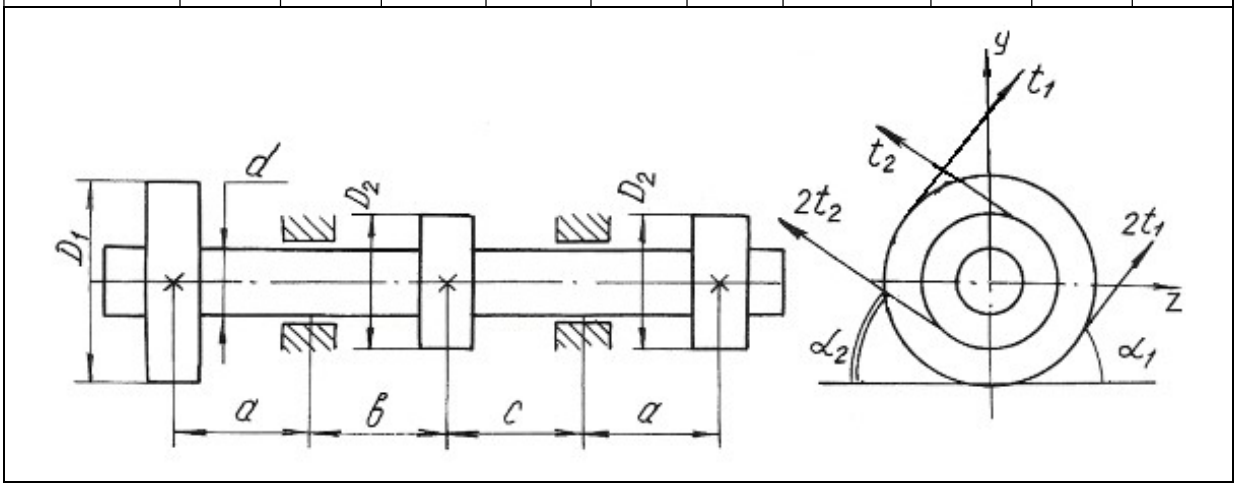

Продолжение табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 1,20 | 0,80 | 15 | 25 | 30 | 15 | 250 | 1,00 | 0,80 | 1,20 |
| 22 | 1,00 | 0,60 | 25 | 15 | 40 | 20 | 280 | 1,20 | 1,20 | 1,30 |
| 23 | 0,80 | 0,50 | 30 | 45 | 50 | 25 | 300 | 1,30 | 1,30 | 1,40 |
| 24 | 1,00 | 0,65 | 45 | 60 | 60 | 30 | 450 | 1,25 | 1,40 | 1,50 |
| 25 | 1,20 | 0,75 | 60 | 30 | 70 | 35 | 500 | 1,40 | 1,00 | 1,60 |



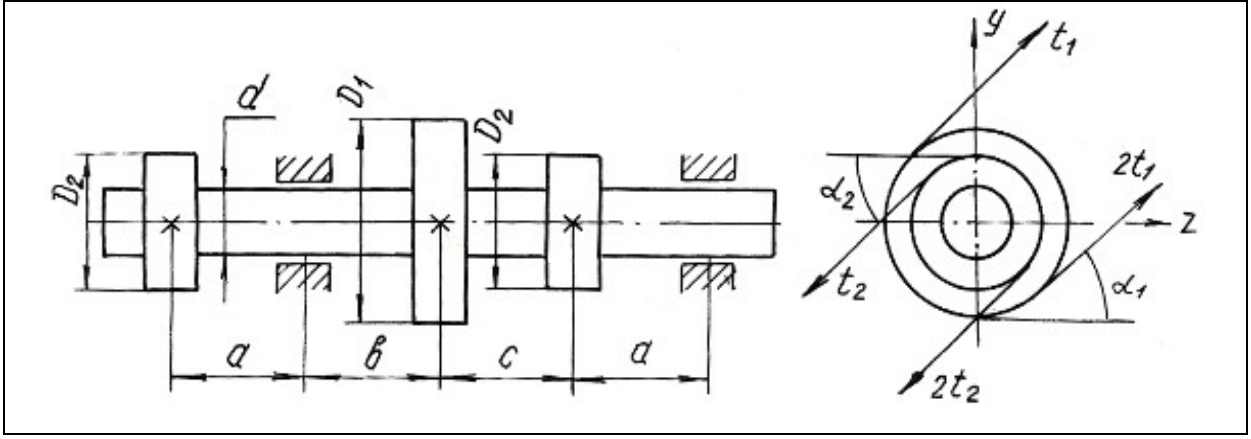
Продолжение табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 1,20 | 0,80 | 75 | 15 | 60 | 30 | 500 | 1,20 | 1,20 | 1,40 |
| 27 | 1,00 | 0,90 | 30 | 45 | 64 | 32 | 550 | 1,00 | 0,80 | 1,00 |
| 28 | 0,90 | 0,80 | 35 | 55 | 70 | 35 | 600 | 0,60 | 1,00 | 0,90 |
| 29 | 0,80 | 0,70 | 40 | 50 | 74 | 37 | 650 | 0,60 | 0,90 | 0,80 |
| 30 | 1,10 | 0,75 | 55 | 65 | 80 | 40 | 700 | 0,80 | 1,00 | 0,65 |



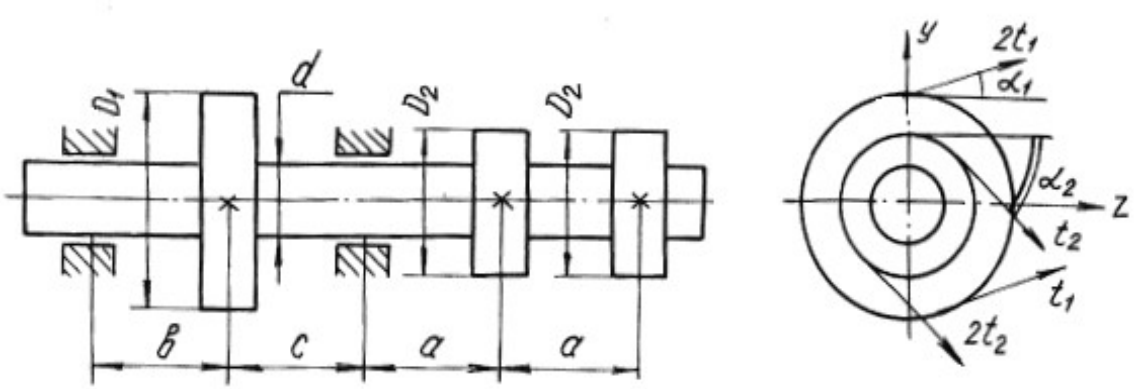

Продолжение табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 1,10 | 0,75 | 45 | 45 | 170 | 85 | 500 | 1,00 | 0,90 | 1,10 |
| 32 | 1,20 | 0,90 | 60 | 30 | 90 | 45 | 400 | 0,90 | 1,00 | 0,80 |
| 33 | 0,90 | 0,70 | 75 | 15 | 95 | 47 | 450 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
| 34 | 1,00 | 0,80 | 30 | 45 | 100 | 50 | 500 | 1,00 | 1,20 | 0,90 |
| 35 | 1,20 | 0,90 | 25 | 15 | 110 | 55 | 550 | 0,90 | 1,00 | 1,20 |



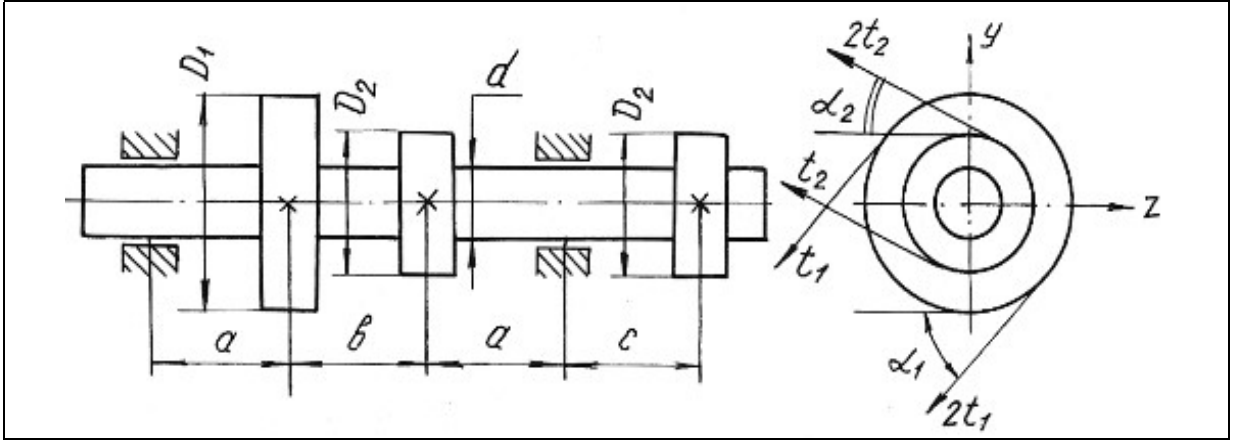
Продолжение табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 36 | 1,00 | 0,80 | 30 | 20 | 120 | 60 | 600 | 0,80 | 1,20 | 0,90 |
| 37 | 1,20 | 0,90 | 35 | 45 | 130 | 65 | 650 | 1,00 | 0,80 | 0,90 |
| 38 | 1,10 | 0,80 | 60 | 50 | 140 | 70 | 700 | 0,90 | 1,00 | 0,90 |
| 39 | 1,00 | 0,70 | 75 | 15 | 150 | 75 | 300 | 0,80 | 1,00 | 0,70 |
| 40 | 1,00 | 0,60 | 60 | 40 | 160 | 80 | 300 | 1,00 | 1,20 | 1,30 |




Окончание табл. 6.6

| Номер варианта | $D_1$, м | $D_2$, м | $\alpha_1$, град | $\alpha_2$, град | $N_1$, кВт | $N_2$, кВт | $n$, об/мин | $a$, м | $b$, м | $c$, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 41 | 1,00 | 0,40 | 40 | 20 | 40 | 20 | 200 | 0,50 | 1,00 | 0,40 |
| 42 | 0,80 | 0,50 | 45 | 25 | 50 | 25 | 250 | 0,40 | 1,10 | 0,50 |
| 43 | 1,00 | 0,60 | 50 | 30 | 60 | 30 | 300 | 0,60 | 0,90 | 0,40 |
| 44 | 1,20 | 0,80 | 55 | 35 | 70 | 35 | 200 | 0,40 | 1,00 | 0,60 |
| 45 | 1,10 | 0,50 | 60 | 40 | 80 | 40 | 350 | 0,70 | 1,20 | 0,70 |



# Глава 7

# УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБКИХ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

Стержни, длина которых относительно невелика по сравнению с их поперечными размерами, рассчитываются на сжатие, исходя из условия прочности:

$$\frac{F}{A} \le \sigma_{\text{adm}}.$$

При этом полагается, что вплоть до разрушения стержень работает на осевое сжатие и продольная ось его остаётся прямолинейной.

Иная картина наблюдается при сжатии стержней, длина которых значительно больше размеров поперечного сечения. В этих случаях прямолинейная продольная ось стержней может искривляться. Искривление происходит в плоскости наименьшей жесткости стержня.

Деформация, которая возникает при сжатии стерня и сопровождается искривлением продольной оси стержня, называется продольным изгибом, а переход прямолинейной формы продольной оси стержня в криволинейную носит название потери устойчивости. Нагрузка, при которой стержень теряет устойчивость, называется критической силой $F_{cr}$.

Напряжение, возникающее в поперечном сечении стержня от критической силы, называется критическим напряжением $\sigma_{cr}$.

Критические напряжения весьма опасны для сжатых стержней, поэтому необходимо проводить расчёты на устойчивость.

Для стержней, закрепленных на одной или двух опорах, величина критической силы может быть определена по формуле Эйлера:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E\, J_{\min}}{(\mu l)^2}, \qquad (7.1)$$

где $E$ − модуль продольной упругости материала; $J_{\min}$ − минимальный осевой момент инерции поперечного сечения стержня; $l$ − длина стержня; $\mu$ − коэффициент приведенной длины стержня, отражающий способ закрепления концов стержня (рис. 7.1); $\mu l$ − приведенная длина стержня.

Критические напряжения

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, \qquad (7.2)$$

где $\lambda$ − гибкость стержня

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}}, \tag{7.3}$$

где $i_{\min}$ – минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}, \tag{7.4}$$

Формула Эйлера применима для стержней с гибкостью более гибкости, предельной для данного материала стержня

$$\lambda_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{pr}}}, \tag{7.5}$$

где $\sigma_{pr}$ – предел пропорциональности материала стержня (напряжение, при котором сохраняется прямая пропорциональность между $\sigma$ и $\varepsilon$).

Для расчёта сжатых стержней любой гибкости применяется способ, основанный на применении коэффициентов $\varphi$. Этот способ расчёта сжатых стержней на устойчивость сводится к расчёту стержня как бы на простое сжатие, только по заниженному допускаемому напряжению с использованием формулы:

$$\sigma^{\text{у}}_{\text{adm}} = \varphi\, \sigma_{\text{adm}}, \tag{7.6}$$

где $\sigma^{\text{у}}_{\text{adm}}$ – допускаемое напряжение при расчете на устойчивость; $\varphi$ – коэффициент продольного изгиба (коэффициент понижения основного допускаемого напряжения $\sigma_{\text{adm}}$ на простое сжатие), значения коэффициентов $\varphi$ для различных материалов приведены в табл. 7.1.

Величина допускаемой нагрузки на устойчивость $F^{\text{у}}_{\text{adm}}$ сжатого стержня соответственно будет равна

$$F^{\text{у}}_{\text{adm}} = \sigma^{\text{у}}_{\text{adm}} A = \varphi \sigma_{\text{adm}} A, \tag{7.7}$$

где $A$ – площадь поперечного сечения сжатого стержня.

Между критической и допускаемой нагрузкой на устойчивость существует следующая связь

$$F_{cr} = K_{\text{у}} F^{\text{у}}_{\text{adm}}, \tag{7.8}$$

где $K_{\text{у}}$ – коэффициент запаса на устойчивость.

Таблица 7.1

| Гибкость, λ | Значение коэффициента φ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Материал | | | | |
| | Ст. 4, Ст. 3 | Ст. 5 | Ст. СПБ | чугун | дерево |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,99 |
| 20 | 0,96 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,97 |
| 30 | 0,94 | 0,92 | 0,91 | 0,81 | 0,93 |
| 40 | 0,92 | 0,89 | 0,87 | 0,69 | 0,87 |
| 50 | 0,89 | 0,86 | 0,83 | 0,57 | 0,8 |
| 60 | 0,86 | 0,82 | 0,79 | 0,44 | 0,71 |
| 70 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,34 | 0,6 |
| 80 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,26 | 0,48 |
| 90 | 0,69 | 0,62 | 0,55 | 0,2 | 0,38 |
| 100 | 0,6 | 0,51 | 0,43 | 0,16 | 0,31 |
| 110 | 0,52 | 0,43 | 0,35 | – | 0,25 |
| 120 | 0,45 | 0,36 | 0,3 | – | 0,22 |
| 130 | 0,4 | 0,33 | 0,26 | – | 0,18 |
| 140 | 0,36 | 0,29 | 0,23 | – | 0,16 |
| 150 | 0,32 | 0,26 | 0,21 | – | 0,14 |
| 160 | 0,29 | 0,24 | 0,19 | – | 0,12 |
| 170 | 0,26 | 0,21 | 0,17 | – | 0,11 |
| 180 | 0,23 | 0,19 | 0,15 | – | 0,1 |
| 190 | 0,21 | 0,17 | 0,14 | – | 0,09 |
| 200 | 0,19 | 0,16 | 0,13 | – | 0,08 |

В зависимости от исходных данных для расчета на устойчивость решение сводится к определению допускаемой нагрузки $F_{\text{adm}}^{\text{у}}$ из условий устойчивости сжатого стержня или к подбору площади поперечного сечения сжатого стержня.

Рассмотрим возможные варианты решения на устойчивость сжатых стержней с помощью коэффициента φ на следующих примерах.

**Пример 7.1.**

Определить допускаемую нагрузку для стойки, изготовленной из Ст. 3 в виде трубы с наружным диаметром $d_1 = 0{,}04$ м и внутренним $d_2 = 0{,}03$ м, длиной $l = 1$ м. Концы стойки защемлены. Допускаемое напряжение для материала стержня $\sigma_{\text{adm}} = 120$ МПа, предел пропорциональности материала $\sigma_{pr} = 200$ МПа. Коэффициент запаса на устойчивость $K_{\text{у}} = 2$. Модуль продольной упругости материала $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па.

*Решение.*

Выявим возможность решения данной задачи с помощью формулы Эйлера. Для этого находим предельную гибкость для данного материала стойки

$$\lambda_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{pr}}} = \sqrt{\frac{3{,}14^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{200 \cdot 10^6}} = 99{,}5.$$

Для определения действительной гибкости данной стойки находим минимальный момент инерции поперечного сечения

$$J_{\min} = \frac{\pi}{64}(d_1^4 - d_2^4) = \frac{3{,}14}{64}(0{,}04^4 - 0{,}03^4) = 8{,}586 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Площадь сечения

$$A = \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) = \frac{3{,}14}{4}(0{,}04^2 - 0{,}03^2) = 5{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Минимальный радиус инерции

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{8{,}586 \cdot 10^{-8}}{5{,}5 \cdot 10^{-4}}} = 1{,}25 \cdot 10^{-2} \text{м}.$$

Тогда гибкость стойки при $\mu = 0{,}5$

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{0{,}5 \cdot 1}{1{,}25 \cdot 10^{-2}} = 40.$$

Сравнивая полученные значения гибкостей, приходим к выводу, что расчет с помощью формулы Эйлера в данном случае не применим, так как $\lambda < \lambda_{\text{кр}}$.

Расчет производим с помощью коэффициента $\varphi$. Для данной стальной стойки при $\lambda = 40$ коэффициент $\varphi = 0{,}92$.

Найдем допускаемое напряжение на устойчивость

$$\sigma_{\text{adm}}^{\text{у}} = \varphi\sigma_{\text{adm}} = 0{,}92 \cdot 120 = 110{,}4 \text{ МПа},$$

а допускаемая нагрузка на устойчивость

$$F_{\text{adm}}^{\text{у}} = \sigma_{\text{adm}}^{\text{у}} A = 110{,}4 \cdot 10^6 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-4} = 60{,}72 \cdot 10^3 \text{ Н} = 60{,}72 \text{ кН}.$$

Критическая нагрузка

$$F_{cr} = K_{\text{у}} F_{\text{adm}}^{\text{у}} = 2 \cdot 60{,}72 = 121{,}44 \text{ кН}.$$

**Пример 7.2.**

Подобрать двутавровое сечение стойки с одним защемленным, а другим свободным концом. Осевая сжимающая сила $F = 400$ кН, длина стойки $l = 1{,}5$ м. Основное допускаемое напряжение на сжатие $\sigma_{adm} = 160$ МПа.

*Решение.*

Решаем задачу методом последовательных приближений. Примем для первого приближения коэффициент $\varphi_1 = 0{,}5$. В этом случае необходимая площадь поперечного сечения стойки:

$$A_1 \geq \frac{F}{\varphi_1 \sigma_{adm}} = \frac{400 \cdot 10^3}{0{,}5 \cdot 160 \cdot 10^6} = 50 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

По сортаменту выбираем двутавр № 33 (см. табл. П. 1) с площадью $A_2 = 53{,}8 \cdot 10^{-4}$ м$^2$ и минимальным радиусом инерции $i_{\min_1} = 2{,}79 \cdot 10^{-2}$ м.

Соответствующая гибкость стойки при коэффициенте $\mu = 2$

$$\lambda_1 = \frac{\mu l}{i_{\min_1}} = \frac{2 \cdot 1{,}5}{2{,}79 \cdot 10^{-2}} = 107.$$

С помощью линейной интерполяции находим коэффициент $\varphi_2$ между его значениями по табл. 7.1 при $\lambda = 100$ и при $\lambda = 110$. При $\lambda = 100$, $\varphi = 0{,}60$; при $\lambda = 110$, $\varphi = 0{,}52$, следовательно, $\Delta\lambda = 10$, $\Delta\varphi = 0{,}08$:

$$\varphi_2 = \varphi_{\lambda=100} - \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda}\left[(\lambda{=}107) - (\lambda{=}100)\right] = 0{,}544.$$

Следовательно, при $\lambda = 107$ коэффициент $\varphi_2 = 0{,}544$.

Проводим проверку по условию

$$F_{\text{расч}_1} = \varphi_2 A_2 \sigma_{adm} = F \pm 5\ \%,$$

в нашем случае $F_{\text{расч}_1} = 0{,}544 \cdot 53{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 10^6 = 468270$ Н $= 468{,}27$ кН $> F$.

Находим величину расхождения между заданной и расчетной нагрузками

$$\delta = \frac{468{,}27 - 400}{400} 100 = 17\ \% > 5\ \%.$$

Делаем новый расчет (приближение)

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{0{,}5 + 0{,}544}{2} = 0{,}522 .$$

Необходимая площадь поперечного сечения

$$A_3 = \frac{F}{\varphi_3 \sigma_{adm}} = \frac{400 \cdot 10^3}{0{,}522 \cdot 160 \cdot 10^6} = 48 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 .$$

По сортаменту проката найденной площади соответствует двутавр № 30а (см. табл. П. 1) площадью сечения $A_4 = 49{,}9 \cdot 10^{-4}$ м$^2$ и $i_{\min_2} = 2{,}95 \cdot 10^{-2}$ м. Тогда гибкость

$$\lambda_2 = \frac{\mu l}{i_{\min_2}} = \frac{2 \cdot 1{,}5}{2{,}95 \cdot 10^{-2}} = 101{,}7 \approx 102 .$$

После интерполяции получаем

$$\varphi_4 = 0{,}6 - \frac{0{,}08}{10}(102 - 100) = 0{,}584 .$$

Проводим проверку

$$F_{\text{расч}_2} = 0{,}584 \cdot 49{,}9 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 10^6 = 466265 \text{ Н} = 466{,}265 \text{ кН} > F .$$

Величина расхождения между заданной и расчетной нагрузками составляет:

$$\delta = \frac{466{,}265 - 400}{400} 100 = 16{,}6 \text{ \%} > 5 \text{ \%} .$$

Проверяем двутавр № 30 площадью сечения $A_5 = 46{,}5 \cdot 10^{-4}$ м$^2$, $i_{\min_3} = 2{,}69 \cdot 10^{-2}$ м.

Гибкость $\lambda_3 = \frac{2 \cdot 1{,}5}{2{,}69 \cdot 10^{-2}} \approx 112$.

Коэффициент $\varphi_5$ находим линейной интерполяцией между значениями $\lambda = 110$ и $\lambda = 120$. Получим $\varphi_5 = 0{,}506$.

Проверка

$F_{\text{расч}_3} = \varphi_5 A_5 \sigma_{adm} = 0{,}506 \cdot 46{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 10^6 = 376500 \text{ Н} = 376{,}5 \text{ кН}.$

Величина расхождения между заданной и расчетной нагрузками составляет

$$\delta = \frac{400 - 376{,}5}{400} 100 = 5{,}87 \text{ \%} > 5 \text{ \%} .$$

Следовательно, из трех рассмотренных номеров двутавров к практическому применению необходимо принять двутавр № 30а с площадью поперечного сечения $A = 49{,}9 \cdot 10^{-4}$ м$^2$, так как нагрузка, которую воспринимает двутавр № 30 меньше заданной нагрузки более чем 5 %.

## 7.1. Задания для расчета стержней на устойчивость

Подобрать поперечное сечение заданного профиля гибкого стержня при действии осевой сжимающей силы. Решение выполнить методом последовательных приближений с помощью коэффициентов $\varphi$. Допускаемые напряжения для материалов стержней на сжатие принять: для стали $\sigma_{adm} = 160$ МПа; для чугуна $\sigma_{adm} = 130$ МПа; для дерева $\sigma_{adm} = 10$ МПа.

Данные для расчетов взять из рис. 7.1, табл. 7.2 и П. 1.

Примечания:

1. Для сечения прямоугольного профиля принять соотношение между размерами как $b:h = 1:2$.
2. Для кольцеобразного сечения принять соотношение между внутренним и наружным диаметрами как $d/D = 0{,}85$.

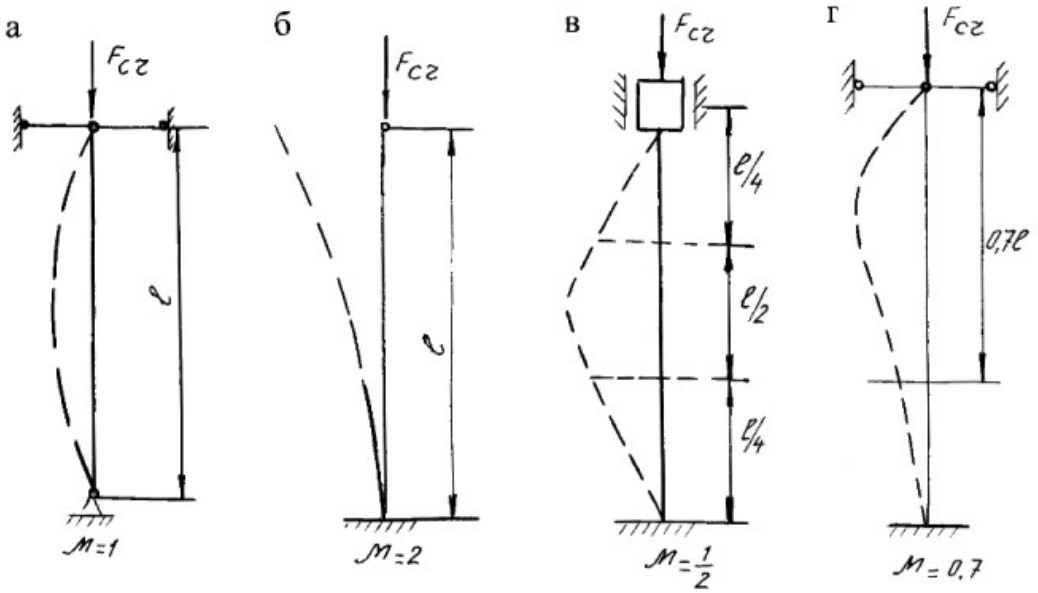
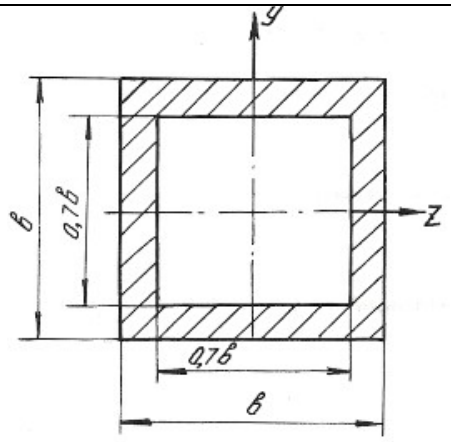
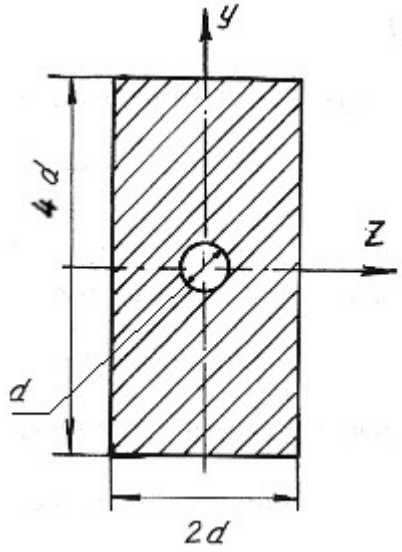
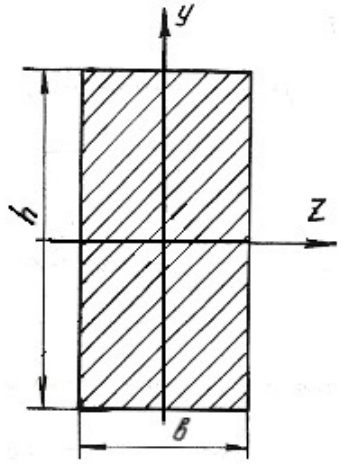
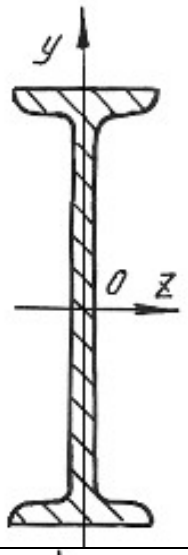
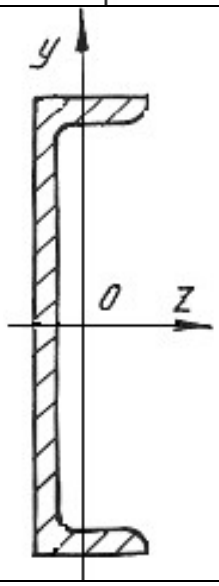



Рис. 7.1.

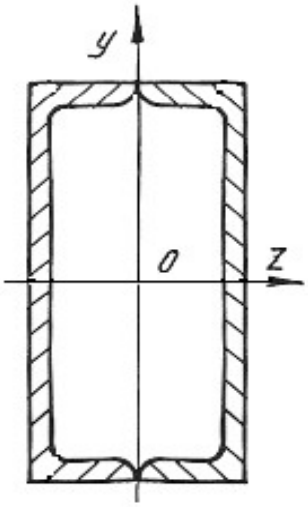
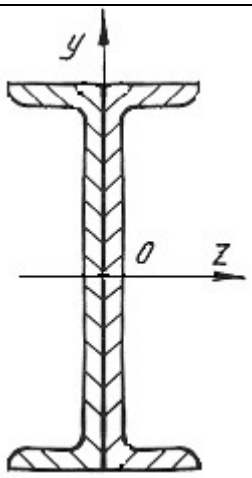
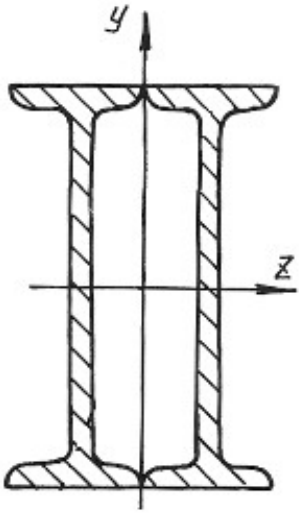
Таблица 7.2

| Номер варианта | Схема поперечного сечения | Материал | Способ закрепления | Длина стержня, м | Сжимающая нагрузка, кН |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | Дерево | а<br>б<br>в<br>г | 3<br>4<br>4<br>1,6 | 90<br>120<br>150<br>60 |
| 2 |  | Дерево | а<br>б<br>в<br>г | 3,6<br>5<br>5<br>2 | 140<br>250<br>400<br>180 |
| 3 |  | Чугун | а<br>б<br>в<br>г | 5,2<br>4,8<br>4,5<br>2,8 | 600<br>800<br>900<br>700 |

Продолжение табл. 7.2

| Номер варианта | Схема поперечного сечения | Материал | Способ закрепления | Длина стержня, м | Сжимающая нагрузка, кН |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 |  | Чугун | а<br>б<br>в<br>г | 4,6<br>3,8<br>4,2<br>3,2 | 850<br>600<br>700<br>900 |
| 5 |  | Сталь 5 | а<br>б<br>в<br>г | 3,2<br>3,6<br>8<br>2,4 | 380<br>700<br>800<br>600 |
| 6 |  | Сталь 3 | а<br>б<br>в<br>г | 3,6<br>4,5<br>5<br>2,2 | 280<br>650<br>450<br>250 |

Окончание табл. 7.2

| Номер варианта | Схема поперечного сечения | Материал | Способ закрепления | Длина стержня, м | Сжимающая нагрузка, кН |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 |  | Сталь 3 | а<br>б<br>в<br>г | 3<br>4<br>5,5<br>4,8 | 300<br>400<br>250<br>350 |
| 8 |  | Сталь 3 | а<br>б<br>в<br>г | 5,5<br>6,6<br>7<br>3,5 | 960<br>500<br>800<br>750 |
| 9 |  | Сталь 3 | а<br>б<br>в<br>г | 3<br>7<br>6<br>4 | 930<br>740<br>830<br>980 |

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А.Г. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсового проекта по дисциплине

## Б1.О.23 ДЕТАЛИ МАШИН

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***
Год набора: ***2022***

Автор: Савинова Н. В., канд. техн. наук, доцент

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Полученные знания в курсе «Детали машин» закрепляются выполнением и защитой курсового проекта.

В ходе работы над курсовым проектом осваиваются основные стадии проектно-конструкторской работы: проектировочный и проверочный расчет деталей и узлов машин, моделирование механизма 3D и оформление конструкторской документации. Знания и навыки, приобретенные при выполнении курсового проекта по «Деталям машин» - это основа для выполнения всех последующих курсовых работ и проектов по специальным дисциплинам и дипломному проектированию.

## СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРОЕКТА

В порядке выполнения:

1. Выбор двигателя и кинематический расчет привода.
2. Выбор материалов деталей передач.
3. Определение допускаемых напряжений.
4. Проектировочные расчеты передач.
5. Проверочные расчеты передач.
6. Проектирование валов.
7. Подбор подшипников, проверочный расчет подшипников.
8. Конструирование элементов корпуса.
9. 3Dмоделирование компоновки механизма: передач, валов, стандартных изделий, корпуса)
10. Проверочный расчет валов на усталостную прочность.
11. Проверочный расчет соединений элементов механизма.
12. Тепловой расчет редуктора, выбор смазочного материала.
13. Разработка сборочного чертежа механизма - А1.
14. Разработка технической документации (соответственно варианту) – рабочие ассоциативные чертежи деталей, ассоциативный сборочный чертеж редуктора, спецификацию.
15. Оформление пояснительной записки.

## ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

Пояснительная записка (ПЗ) должна включать в себя описание и схему проектируемого механизма, обоснование принятых технических решений, проектировочные и проверочные расчеты параметров. Оформление Задания на курсовой проект показано в приложении 1. Оформление титульного листа ПЗ производить по приложению 2. Образец содержания пояснительной записки представлен в приложении 3. Результаты расчетов в виде сводных таблиц приводить в конце каждой главы согласно образцам приложения 4. В каждая глава ПЗ должна содержать ссылки на источники информации, которые выполняются в виде цифр, заключенных в квадратные скобки, соответствующие номеру источника в списке литературы. Список использованной при выполнении КП литературы приводится в конце пояснительной записки, оформление списка литературы выполнять по приложению 5.

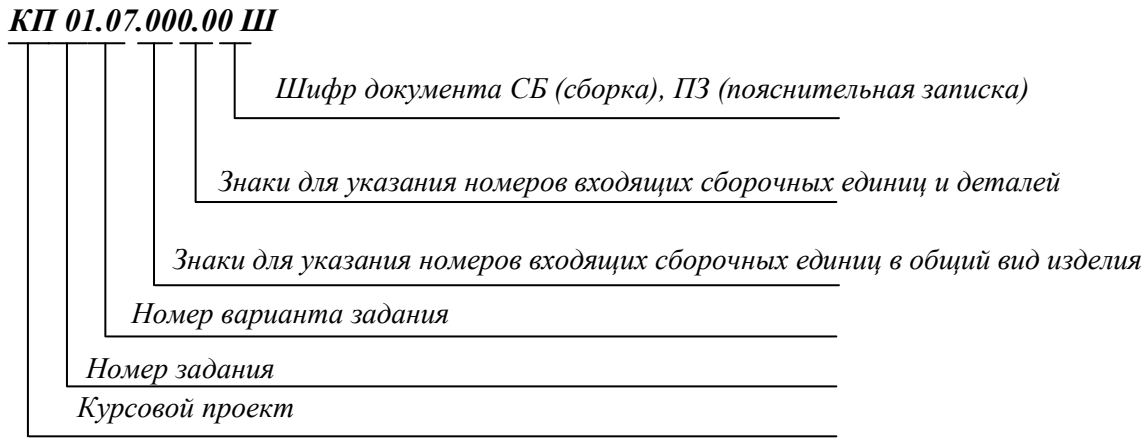
Графический материал КП содержит:

А1 лист – ассоциативный сборочный чертеж закрытой передачи (редуктора) в трех проекциях (либо в двух, если этого достаточно для получения полной информации о механизме) – образец сборочного чертежа редуктора приведен в приложении 6. Обязательно, на входном и выходном валу редуктора показывать элементы механизма, расположенные вне корпуса: полумуфты, шкивы, звездочки, шестерни. Спецификация выполняется на формате А4 и помещается в конце пояснительной записки.

Спецификация А4 – генерируется в файле сборка, редактируется, распечатывается на листах А4, размещается в конце пояснительной записки. Образец оформления показан в приложении 7.

А3 4 листа –на них размещают ассоциативные рабочие чертежи деталей механизма, соответственно задания. Образец рабочего чертежа представлен в приложении 8.

Структура обозначения конструкторских документов курсового проекта:




## ЗАЩИТА ПРОЕКТА

Защита проекта – завершающий этап проектирования. Во время защиты студент докладывает содержание задания и его реализацию в своем проекте, отвечает на вопросы преподавателя. Студент должен показать умения объяснять устройство и назначения спроектированного привода, свободно читать сборочные и рабочие чертежи, пояснять порядок сборки механизма, обосновывать принятые решения. При оценке учитывается уровень знаний студента, качество выполнения отчетного материала и соответствие установленным срокам проектирования.

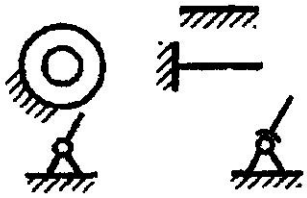
## ЧТЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Кинематическая схема — это такая схема, на которой показана последовательность передачи движения от двигателя через передаточный механизм к рабочим органам машины. Стандарты, регламентирующие условные обозначения и выполнение кинематических схем: ГОСТ 2.770-68 (2000) ЕСКД Обозначения условные графические на схемах. Элементы кинематики. ГОСТ 2.703-2011. ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем. Ниже приводятся выдержки из стандарта для удобства прочтения кинематической схемы задания.

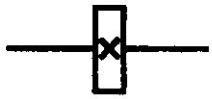
**Вал**, валик, ось



**Неподвижное звено** (для указания неподвижности любого звена часть его контура покрывают штриховкой)

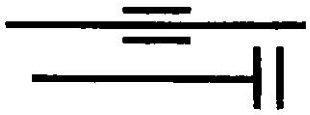


Неподвижное **соединение** детали с валом, стержнем



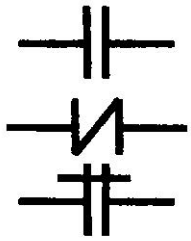
**Подшипники** скольжения и качения на валу (без уточнения типа):

- радиальные;
- упорные



**Муфта**:

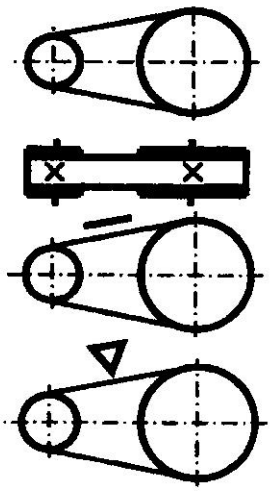
- общее обозначение без уточнения типа
- упругая;
- упругая втулочно-пальцевая



**Передачи гибкой связью**

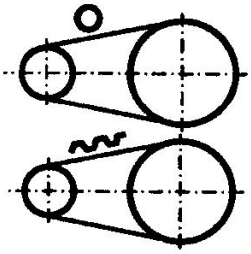
Передача:

- ремнем без уточнения типа ремня;
- передача плоским ремнем
- передача клиновидным ремнем



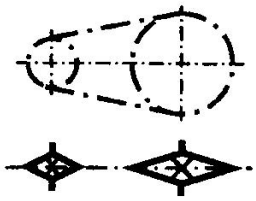
- передача круглым ремнем

- передача зубчатым ремнем



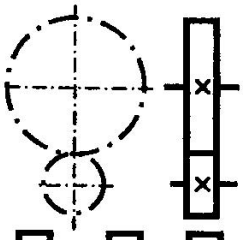
**Передача цепью.**

Общее обозначение без уточнения типа цепи

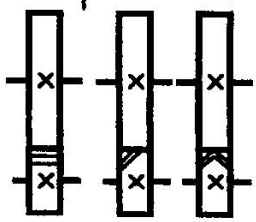


**Передачи зубчатые цилиндрические:**

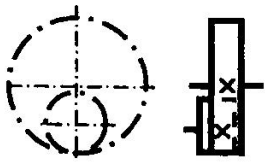
- внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев);



- то же, с прямыми, косыми и шевронными зубьями;

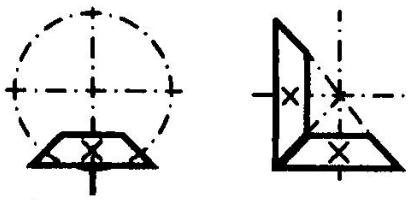


- внутреннее зацепление

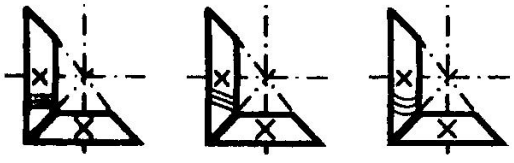


**Передачи зубчатые с пересекающимися валами и конические**:

- общее обозначение без уточнения типа зубьев;

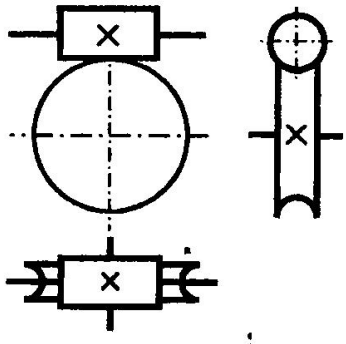


- то же с прямыми, спиральными и круговыми зубьями

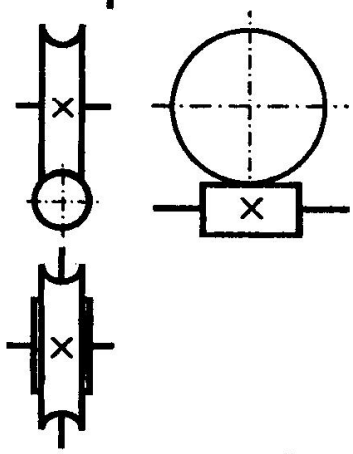


**Передачи зубчатые со скрещивающимися валами**. Червячные передачи с цилиндрическим червяком:

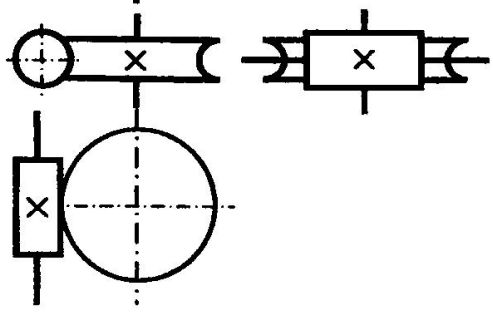
- с верхним расположением червяка;



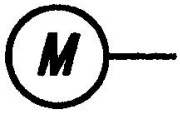
- нижним расположением червяка;



- с боковым расположением червяка



**Электродвигатель**



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

При проектировании курсового проекта допускается использовать различные издания, посвященные проектированию механизмов и деталей машин, ниже перечислена часть из них.


- Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 2012. 672 с.: ил.
- Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пос. 2-е изд. перераб. - Калининград: Янтарный сказ, 2005.- 456 с.
- Иванов М. Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов/ М. Н. Иванов, В. А. Финогенов – 12-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 2008. – 408.: ил.
- Дунаев П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учебное пособие для студентов технических специальностей вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2004 – 496 с.
- Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 211 – 414 с.; ил.
- Гулиа Н. В., Клоков В. Г., Юрков С. А. Детали машин: Учебник / Под общ. ред. д. т. н., проф. Н. В. Гулиа. — 2-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2010. — 416 с.: ил.
- Курмаз Л.В., Детали машин. Проектирование. Справочное учебно-методическое пособие / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. – 2-е изд., испр.: М.: Высш. шк., 2005. - 309 с.: ил.
- Скойбеда А.Т. Детали машин и основы конструирования: учебник / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик; под общ. ред. А.Т. Скойбеды. – 2-е изд., перераб. – Мн.: Выш. шк., 2006 – 560 с. : ил.

Приложение 1

# Образец заполнения листа задания

Задание на курсовое проектирование
по дисциплине «**Детали машин и основы проектирования**»

| | |
|---|---|
| Студенту | ***Иванову А. А.*** |
| Группы | *ТМО-17* |
| № зач. кн. | ***12345*** |
| Код задания | ***КП 07.02.000.00*** |

Сроки сдачи частей проекта:
- кинематический расчет и расчет передач
- эскизный проект
- графическая часть
- пояснительная записка
- защита проекта

Дата выдачи задания ***20.09*** _____ (подпись преподавателя)

***Спроектировать привод подвесного конвейера. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого конического редуктора с круговыми зубьями и открытой прямозубой цилиндрической передачи.***

| Грузоподъемность $F$, Н | Скорость грузовой цепи $V$, м/с | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) $n$, об/мин | Звездочка грузовой цепи | | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $z$ | $p$, мм | | |
| ***18000*** | ***0,72*** | ***1500*** | ***10*** | ***125*** | ***2*** | ***9*** |

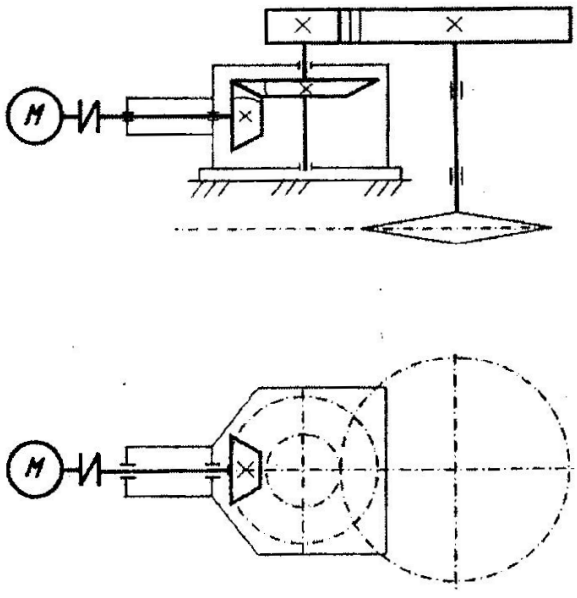



***Схема привода конвейера***

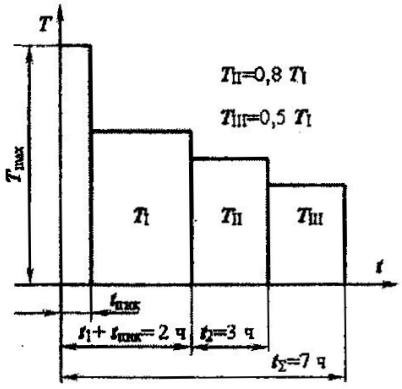



***График сменной нагрузки***

Курсовой проект защищен с оценкой _____ (подпись преподавателя)
дата_____

Приложение 2

**Образец выполнения титульного листа пояснительной записки**



*Федеральное агентство по образованию*
*ГОУ ВПО*
*«Уральский государственный горный университет»*

*Горно-механический факультет*
*Кафедра горных машин и комплексов*

# КП 02.08.000.00 ПЗ

## Привод скребкового конвейера

*Курсовой проект*
*по дисциплине*
*«Детали машин»*

*Студент:* _____

*Группа:* _____

*Преподаватель:* _____

*Екатеринбург*
*2017*

Приложение 3

## Образец выполнения содержания пояснительной записки

### Содержание


1. Выбор двигателя. . . . . 4
2. Определение силовых и кинематических параметров привода. 6
3. Выбор материалов … передач. . . . . 8
4. Определение допускаемых напряжений. . . . . 10
5. Проектирование … передач. . . . . 12
   5.1. Расчет параметров … передачи. . . . . 12
   5.2. Проверочный расчет … передачи. . . . . 15
   5.3. Расчет параметров … передачи. . . . . 16
   5.4. Проверочный расчет … передачи. . . . . 18
6. Эскизная компоновка закрытой передачи (редуктора)*.
7. Проектирование валов. . . . . 20
   7.1. Определение геометрических параметров валов**. . . . . 20
   7.2. Предварительный расчет валов. . . . . 21
   7.3. Проверочный расчет подшипников. . . . . 24
   7.4. Проверочный расчет валов на усталостную прочность. . . 26
8. Тепловой расчет редуктора, выбор смазочного материала. . . 27
9. Конструирование элементов корпуса. . . . . 28
10. Расчет соединений элементов механизма. . . . . 29
    Список литературы. . . . . 30


* *Под эскизной компоновкой подразумевается прорисовка на миллиметровой бумаге элементов передач, валов, подбор подшипников, муфт и параметров соединений. Выполняется контурными линиями, элементы передач могут показываться условно согласно ЕСКД.*

***Выполняется параллельно с эскизной компоновкой.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | КП 12.28.000.00 ПЗ | | |
| Изм. | Лист | № документа | Подпись | Дата | | | |
| Разработал | | Иванов Н.П. | | | Расчет привода скребкового конвейера<br>Пояснительная записка | Лит. | Лист 3 / Листов 30 |
| Проверил | | Петров А.В. | | | | УГГУ<br>Кафедра ГМК<br>группа ГМО | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Утвердил | | Сидоров А.Н. | | | | | |

Приложение 4

## СВОДНЫЕ ТАБЛИЦЫ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

Сводная таблица результатов кинематического расчета

| Двигатель $P_{ном}$ = кВт; $n_{ном}$ = об/мин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Параметр | | | | | |
| Коэффициент полезного действия $\eta$ | | | | | |
| Передаточное отношение механизма* | | | | | |
| Передаточное отношение ступеней<br>1-я ступень - . . . . . передача<br>2-я ступень - . . . . . передача | | | | | |
| Параметр | Валы | | | | |
| | Двигателя | 1 | 2 | 3 | Рабочей машины |
| Мощность $P$, кВт | | | | | |
| Угловая скорость $\omega$, $с^{-1}$ | | | | | |
| Частота вращения $n$, $мин^{-1}$ | | | | | |
| Вращающий момент $T$, Нм | | | | | |

* При определении передаточного отношения брать действительную частоту вращения выбранного электродвигателя при номинальной нагрузке.

Сводная таблица материалов зубчатой передачи и допускаемых напряжений

| | Зубчатая передача | |
|---|---|---|
| | Ведущий элемент* | Ведомый элемент* |
| Марка материала | | |
| Вид термообработки | | |
| Твердость материала, $HB$ | | |
| Среднее значение твердости $HB_{ср}$ | | |
| Предел текучести $\sigma_T$, МПа | | |
| Предел прочности $\sigma_B$, МПа | | |
| Предел выносливости $\sigma_{-1}$, МПа | | |
| Количество циклов нагружения, $N_{HE}$ | | |
| Базовое число циклов нагружения, $N_{HG}$ | | |
| Допускаемые контактные напряжения, $[\sigma_H]$, МПа | | |
| Расчетное допускаемое напряжение $[\sigma_H]_{ср}=0,5([\sigma_H]_1+[\sigma_H]_2)\le 1,15[\sigma_H]_2$ | | |
| Допускаемое напряжение изгиба $[\sigma_F]$ | | |

Сводная таблица результатов расчета цепной передачи

| Параметры | Ведущая звездочка | Ведомая звездочка |
|---|---|---|
| Тип цепи | | |
| Разрушающая нагрузка цепи $F_p$, Н | | |
| Шаг цепи $p$, мм | | |
| Межосевое расстояние $a_w$ , мм | | |
| Длина цепи в шагах | | |
| Абсолютная длина цепи, мм | | |
| Число зубьев | | |
| Ширина зубчатого венца $b$, мм | | |
| Диаметр делительной окружности $d$, мм | | |
| Диаметр окружности вершин $d_a$, мм | | |
| Диаметр окружности впадин $d_f$, мм | | |
| **Проверочный расчет** | Допускаемое напряжение | Расчетное значение |
| Частота вращения ведущей звездочки $n$, мин$^{-1}$ | | |
| Число ударов цепи $U$, с$^{-1}$ | | |
| Коэффициент запаса прочности $s$ | | |
| Давление в шарнирах цепи $p_ц$, МПа | | |
| **Силы в передаче** | | |
| Окружная сила $F_t$, Н | | |
| Сила предварительного натяжения $F_0$, Н | | |
| Сила натяжения от центробежных сил $F_v$, Н | | |
| Сила давления цепи на вал $F_{оп}$, Н | | |

Сводная таблица результатов расчета ременной передачи

| Параметры | Ведущий шкив | Ведомый шкив |
|---|---|---|
| Тип ремня | | |
| Межосевое расстояние $a_w$ , мм | | |
| Толщина ремня $\delta$, мм | | |
| Ширина ремня $b$, мм | | |
| Длина ремня $l$, мм | | |
| Площадь ремня $A$, мм$^2$ | | |
| Количество ремней | | |
| Угол обхвата ведущего шкива $\alpha$, град | | |
| Диаметр шкива $d$, мм | | |
| Ширина шкива $B$, мм | | |
| Масса комплекта ремней, кг | | |
| **Проверочный расчет** | | |
| Максимальное напряжение $\sigma_{max}$, МПа | | |
| Оценка результата $\Delta$, % | | |
| **Силы в передаче** | | |
| Предварительное натяжение ремня $F_0$, Н | | |
| Сила натяжения $F$, Н | | |
| Сила давления ремня на вал $F_a$, Н | | |

Сводная таблица результатов расчета цилиндрической передачи

| Параметры | Шестерня | Зубчатое колесо |
|---|---|---|
| Межосевое расстояние $a_w$ , мм | | |
| Модуль зацепления $m$, мм | | |
| Число зубьев $z$ | | |
| Виды зубьев (направление линии зуба) | | |
| Угол наклона зубьев $\beta$, град | | |
| Коэффициент смещения $x$ | | |
| Ширина зубчатого венца $b$, мм | | |
| Диаметр делительной окружности $d$, мм | | |
| Диаметр окружности вершин $d_a$, мм | | |
| Диаметр окружности впадин $d_f$, мм | | |
| Степень точности | | |
| **Проверочный расчет** | | |
| Контактные напряжения $\sigma_H$, МПа | | |
| Оценка результата $\Delta$, % | | |
| Напряжения изгиба $\sigma_F$, МПа | | |
| Оценка результата $\Delta$, % | | |
| **Силы в передаче** | | |
| Окружная сила $F_t$, Н | | |
| Радиальная сила $F_r$, Н | | |
| Осевая сила $F_a$, Н | | |

Сводная таблица параметров валов

| Параметр | 1 вал | 2 вал | 3 вал |
|---|---|---|---|
| Марка материала | | | |
| Термообработка | | | |
| Твердость материала НВ | | | |
| Предел текучести $\sigma_T$, МПа | | | |
| Предел прочности $\sigma_B$, МПа | | | |
| Предел выносливости $\sigma_{-1}$, МПа | | | |
| Размеры секций, мм | | | |
| $d_1/\ell_1$ | | | |
| $d_2/\ell_2$ | | | |
| $d_3/\ell_3$ | | | |
| $d_4/\ell_4$ | | | |
| $d_5/\ell_5$ | | | |

Сводная таблица параметров подшипников

| Вал | Тип | $d$x$D$x$B$, мм | Динамическая грузоподъемность С, Н | | Долговечность, ч | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Расчетная | Базовая | Расчетная | Базовая |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

Сводная таблица проверочного расчета валов

| Вал | Коэффициент запаса прочности расчетный $s$ / допускаемый $[s]$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Опасные сечения | | | | | | | | | | | |
| | А-А | | | | Б-Б | | | | В-В | | | |
| | $s_\sigma$ | $s_\tau$ | $s$ | $[s]$ | $s_\sigma$ | $s_\tau$ | $s$ | $[s]$ | $s_\sigma$ | $s_\tau$ | $s$ | $[s]$ |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |

Сводная таблица проверочного расчета соединений

| Соединения | Детали | Напряжения, МПа |
|---|---|---|
| | | |

Приложение 5

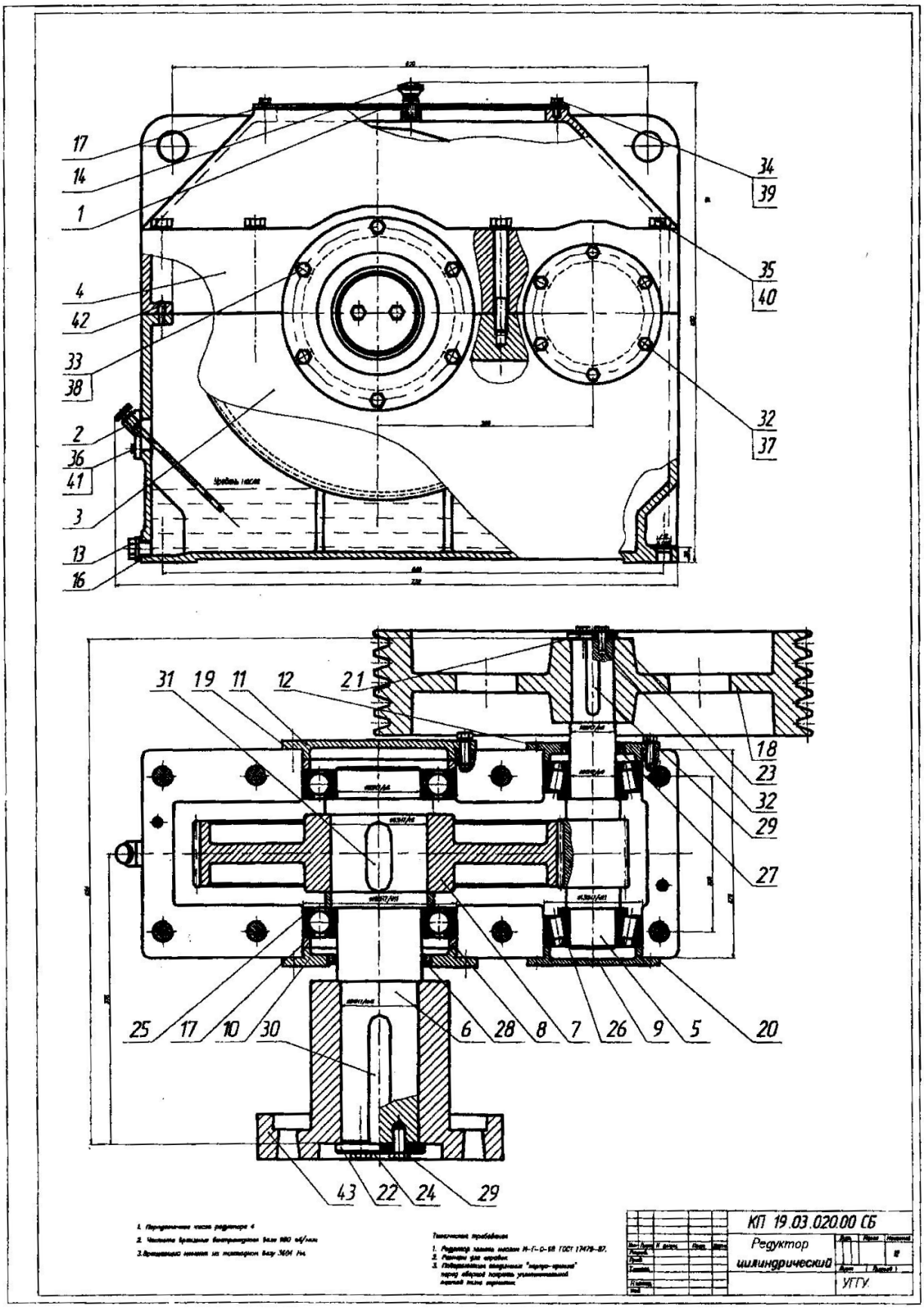
## Образец выполнения списка литературы

## Список литературы


1. *Конструирование узлов и деталей машин*: Учебное пособие для студентов технических специальностей вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 496 с.
2. *Шейнблит А. Е.* Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Высш. шк., 1991. – 432 с.: ил.
3. *Чернилевский Д. В.* Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования: Учебное пособие для студентов вузов. 3-е изд., исправл.- М.: Машиностроение, 2003.- 560 с., ил.
4. *Перель Л. Я., Филатов А. А.* Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1992. – 608 с.
5. *Анурьев В. И.* Справочник конструктора – машиностроителя: В 3 т. М.: Машиностроение, 8-е изд-е, перераб. и доп. 1999. Т.1: - 736 с.; Т.2: - 559 с.; Т.3: - 557 с.

Приложение 6

# Образцы выполнения чертежей курсового проекта



Приложение 7

# Образец выполнения спецификации

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Документация | | |
| | | | КП 10.12.020.00 СБ | Сборочный чертеж | | |
| | | | | Сборочные единицы | | |
| | | 1 | КП 10.12.021.00 | Крышка-отдушина | 1 | |
| | | 2 | КП 10.12.022.00 | Маслоуказатель | 1 | |
| | | | | Детали | | |
| | | 3 | КП 10.12.020.01 | Основание корпуса | 1 | |
| | | 4 | КП 10.12.020.02 | Крышка корпуса | 1 | |
| | | 5 | КП 10.12.020.03 | Вал-шестерня | 1 | |
| | | 6 | КП 10.12.020.04 | Вал | 1 | |
| | | 7 | КП 10.12.020.05 | Зубчатое колесо | 1 | |
| | | 8 | КП 10.12.020.06 | Кольцо | 2 | |
| | | 9 | КП 10.12.020.07 | Крышка подшипника | 1 | |
| | | 10 | КП 10.12.020.08 | Крышка подшипника | 1 | |
| | | 11 | КП 10.12.020.09 | Крышка подшипника | 1 | |
| | | 12 | КП 10.12.020.10 | Крышка подшипника | 1 | |
| | | 13 | КП 10.12.020.11 | Пробка | 1 | |
| | | 14 | КП 10.12.020.12 | Ручка-отдушина | 1 | |
| | | 15 | КП 10.12.020.13 | Уплотнение | 1 | |
| | | 16 | КП 10.12.020.14 | Кольцо-уплотнение | 1 | |
| | | 17 | КП 10.12.020.15 | Кольцо | 1 | |
| | | 18 | КП 10.12.020.16 | Щуп | 1 | |
| | | 19 | КП 10.12.020.17 | Прокладка | 2 | |
| | | 20 | КП 10.12.020.18 | Прокладка | 2 | |

КП 19.03.020.00

Изм. Лист N докум. Подп. Дата

Разраб.

Пров.

Н.контр.

Утв.

Редуктор цилиндрический

Лит. | Лист 1 | Листов 2

УГТУ

| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 21 | КП 10.12.020.19 | Шайба концевая | | |
| | | 22 | КП 10.12.020.20 | Шайба концевая | | |
| | | 23 | КП 10.12.020.21 | Шайба стопорная | | |
| | | 24 | КП 10.12.020.22 | Шайба стопорная | | |
| | | | | Стандартные изделия | | |
| | | 25 | | Подшипник 222 ГОСТ 8338-75 | 2 | |
| | | 26 | | Подшипник 7612 ГОСТ 333-79 | 2 | |
| | | | | Манжета ГОСТ 8752-79 | | |
| | | 27 | | 1-60х85-1 | 1 | |
| | | 28 | | 1-110х135-1 | 1 | |
| | | | | Шпонка ГОСТ 23360-78 | | |
| | | 29 | | 16х10х92 | 1 | |
| | | 30 | | 28х16х152 | 1 | |
| | | 31 | | 32х18х58 | 1 | |
| | | 32 | | Болт М8-6gх30.46.029 ГОСТ 7798-70 | 14 | |
| | | 33 | | Болт М8-6gх35.46.029 ГОСТ 7798-70 | 14 | |
| | | 34 | | Болт М8-6gх80.46.029 ГОСТ 7798-70 | 2 | |
| | | 35 | | Болт М8-6gх100.46.029 ГОСТ 7798-70 | 8 | |
| | | 36 | | Болт М8-6gх110.46.029 ГОСТ 7798-70 | 4 | |
| | | 37 | | Шайба 10. 65Г ГОСТ 6402-70 | 12 | |
| | | 38 | | Шайба 12. 65Г ГОСТ 6402-70 | 12 | |
| | | 39 | | Шайба 8. 65Г ГОСТ 6402-70 | 2 | |
| | | 40 | | Шайба 16. 65Г ГОСТ 6402-70 | 8 | |
| | | 41 | | Шайба 5. 65Г ГОСТ 6402-70 | 4 | |
| | | 42 | | Штифт 8Н8 х30 Г ГОСТ 3128-70 | 2 | |
| | | 43 | | Муфта 8000-08-1 ГОСТ 21424-93 | 1 | Фирма "Зубр" |

КП 19.03.020.00 СП

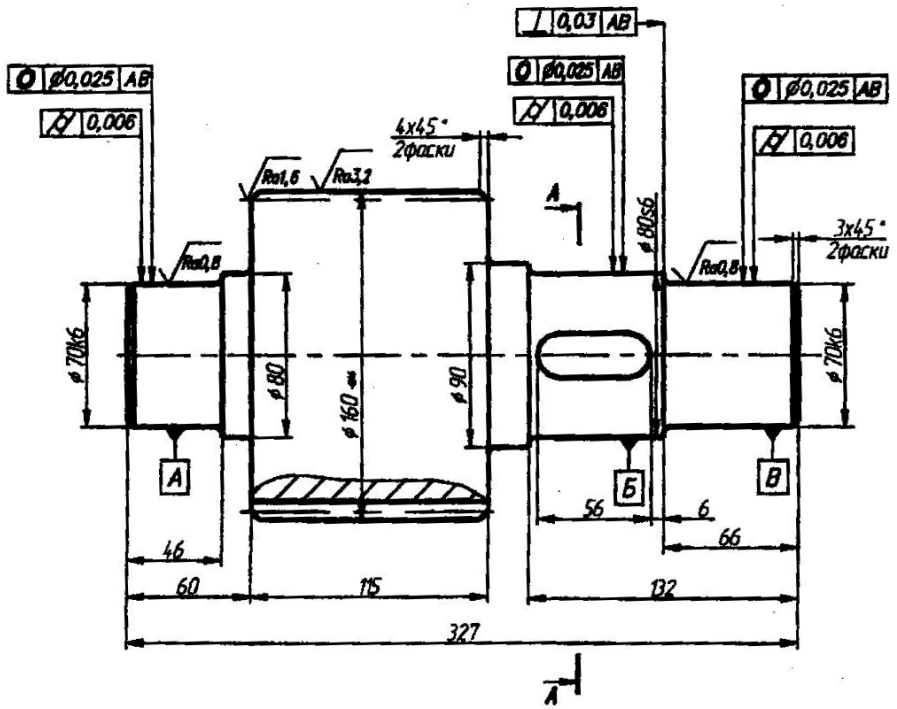
Изм. Лист N докум. Подп. Дата

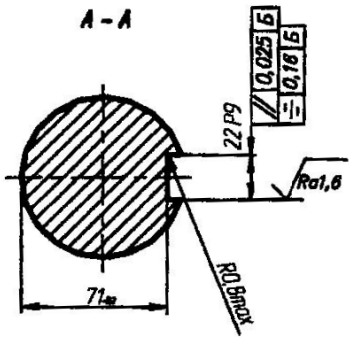
Лист 2

Приложение 8

# Образец выполнения рабочего чертежа

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ ($\sqrt{}$)

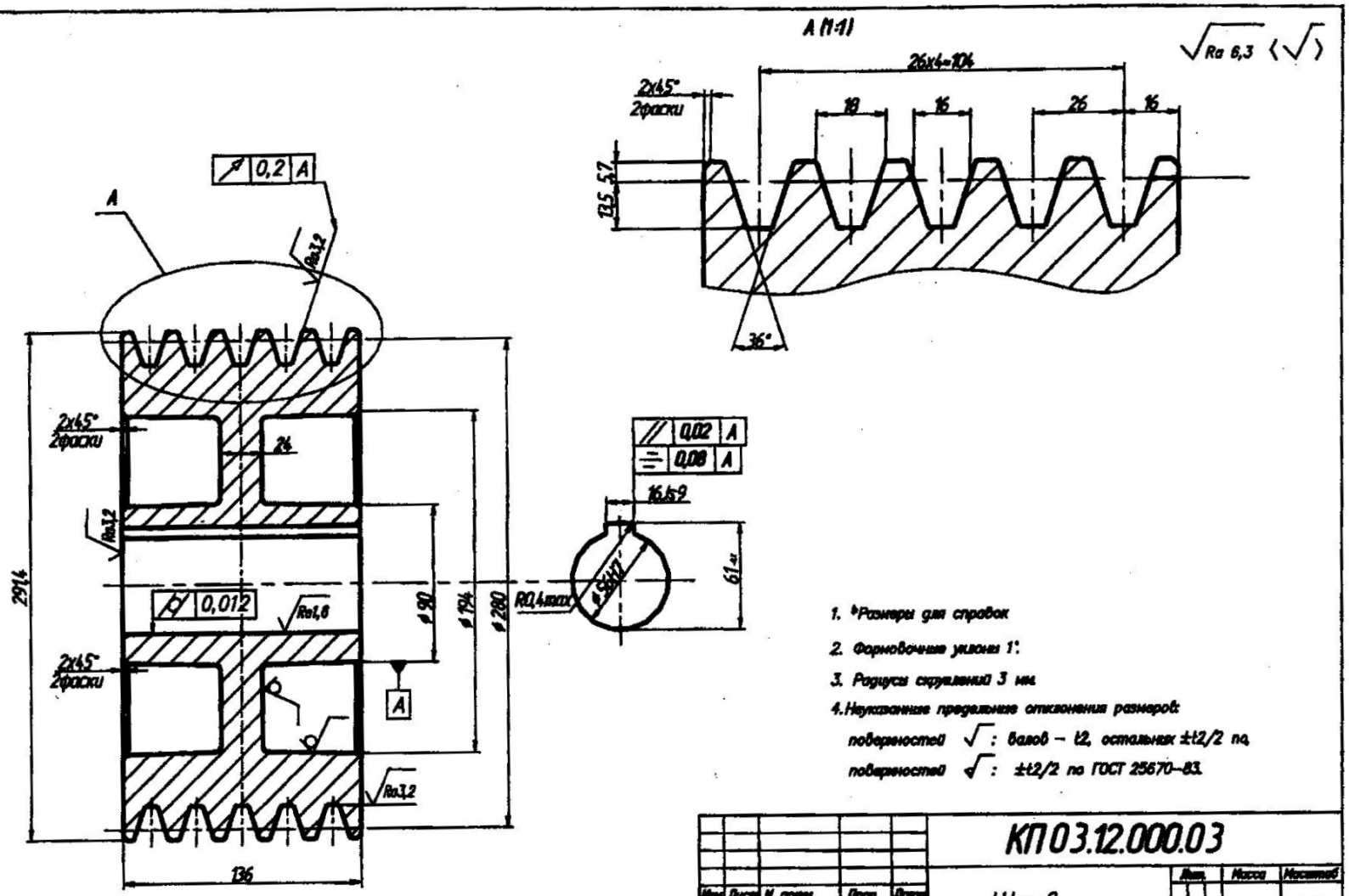



| | | |
|---|---|---|
| Модуль | m | 4 |
| Число зубьев | z | 38 |
| Угол наклона | β | – |
| Направление линии зуба | – | |
| Нормальный исходный контур | – | ГОСТ 13755–81 |
| Коэффициент смещения | x | 0 |
| Степень точности | – | 9–В |
| Делительный диаметр | d | 152 |

1. 269...302 НВ.
2. *Размер обеспечивает инструмент.
3. Неуказанные радиусы скруглений 2 max.
4. Неуказанные предельные отклонения размеров валов – ±t2, остальных ±t2/2 по ГОСТ 25670–83.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | КП 02.01.020.02 | | |
| Изм. | Лист | N докум. | Подп. | Дата | Вал–шестерня | Лит. | Масса / Масштаб |
| Разраб. | | | | | | | 1:2 |
| Пров. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Т.контр. | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | Сталь 40Х ГОСТ4543–71 | УГТУ каф. ГМК | |
| Утв. | | | | | | | |




1. *Размеры для справок
2. Формовочные уклоны 1°.
3. Радиусы скруглений 3 мм.
4. Неуказанные предельные отклонения размеров:

поверхностей $\sqrt{}$ : валов – t2, остальных ±t2/2 по

поверхностей $\sqrt{}$ : ±t2/2 по ГОСТ 25670–83.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | КП 03.12.000.03 | | |
| Изм. | Лист | N докум. | Подп. | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Шкив | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | | | | | | | 1:2 |
| Т.контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н.контр. | | | | | Ст 15 ГОСТ 1577-85 | УГГУ | |
| Утв. | | | | | | | |

# Задания

# на курсовое проектирование

# по дисциплине

# ДЕТАЛИ МАШИН

Направление подготовки студентов

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

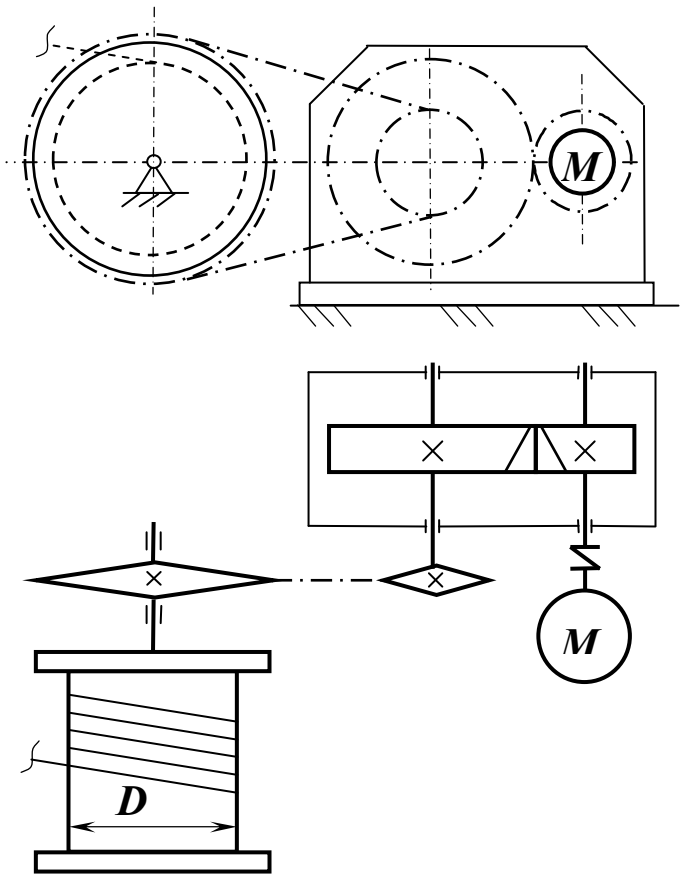
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

разработала Савинова Н. В.

**Задание 1**

Спроектировать привод вспомогательной лебедки для подтаскивания и подъёма на буровую грузов с приёмных мостков по схеме и данным таблицы. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого косозубого цилиндрического редуктора (с параллельной основанию плоскостью осей валов) и цепной передачи с роликовой цепью.

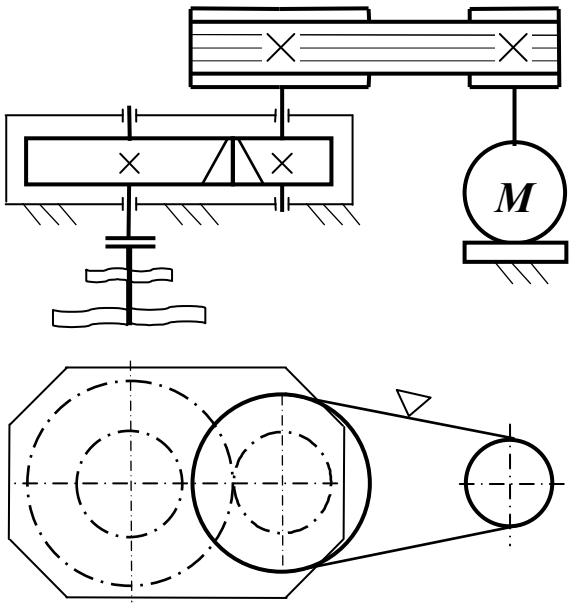
| Вариант | Окружная сила на канате ***F***, Н | Скорость навивки каната на барабан ***V***, м/с | Диаметр барабана лебедки ***D***, мм | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) ***n***, мин$^{-1}$ | График сменной нагрузки | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 0,3 | 300 | 750 | А | 1 | 4 |
| 2 | 60 | 0,5 | 280 | 1000 | Б | 2 | 5 |
| 3 | 45 | 0,4 | 400 | 750 | В | 3 | 6 |
| 4 | 32 | 0,6 | 240 | 750 | Г | 1 | 7 |
| 5 | 50 | 0,35 | 320 | 1000 | Д | 2 | 8 |
| 6 | 38 | 0,7 | 220 | 750 | Е | 3 | 9 |



## Задание 2

Спроектировать привод перемешивателя (блендера) буровых растворов по схеме и данным таблицы. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого косозубого цилиндрического редуктора (с перпендикулярной к основанию плоскостью положения осей валов) и клиноременной передачей.

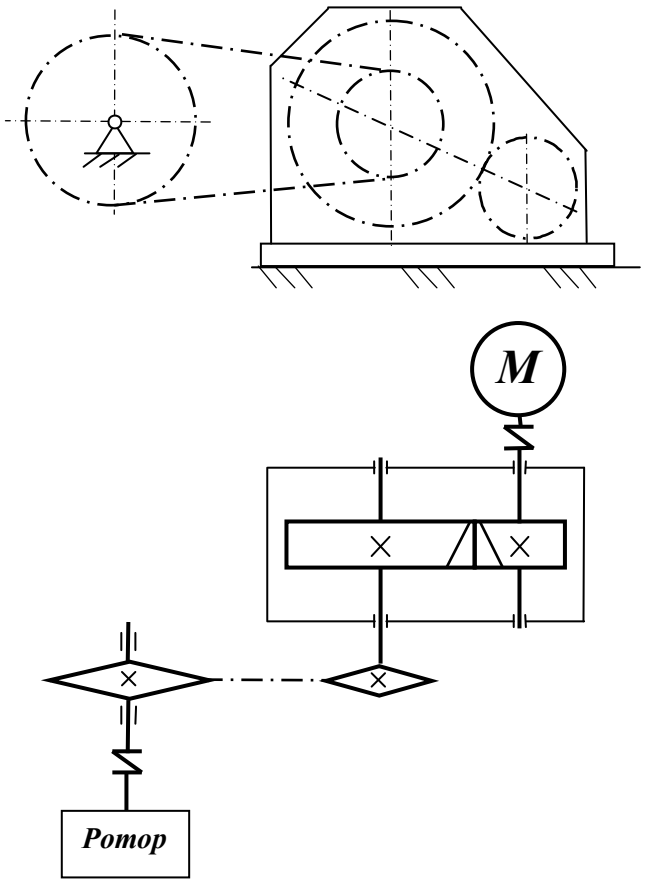
| Вариант | Момент сопротивления вращению на валу блендера $T$, Нм | Частота вращения вала блендера $n_{рм}$, мин$^{-1}$ | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) $n$, мин$^{-1}$ | График сменной нагрузки | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 800 | 90 | 750 | А | 2 | 4 |
| 2 | 900 | 60 | 750 | Б | 3 | 5 |
| 3 | 120 | 120 | 1000 | В | 1 | 6 |
| 4 | 200 | 150 | 1000 | Г | 2 | 7 |
| 5 | 480 | 200 | 1500 | Д | 3 | 8 |
| 6 | 600 | 240 | 1500 | Е | 1 | 9 |



## Задание 3

Спроектировать индивидуальный привод ротора буровой установки по схеме и данным таблицы. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого косозубого цилиндрического редуктора (с параллельной или наклонной к основанию плоскостью осей валов) и цепной передачи с роликовой цепью.

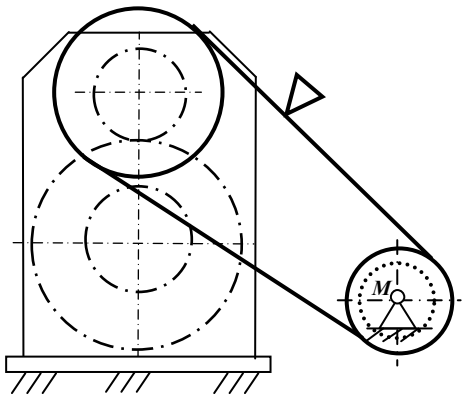
| Вариант | Момент сопротивления вращению на валу ротора $T$, Нм | Частота вращения вала ротора $n_{рм}$, мин$^{-1}$ | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) $n$, мин$^{-1}$ | График сменной нагрузки | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10000 | 40 | 1000 | Б | 3 | 4 |
| 2 | 20000 | 15 | 750 | В | 1 | 5 |
| 3 | 16000 | 60 | 1000 | Г | 2 | 6 |
| 4 | 30000 | 24 | 750 | Д | 3 | 7 |
| 5 | 24000 | 70 | 1000 | Е | 1 | 8 |
| 6 | 14000 | 50 | 750 | А | 2 | 9 |

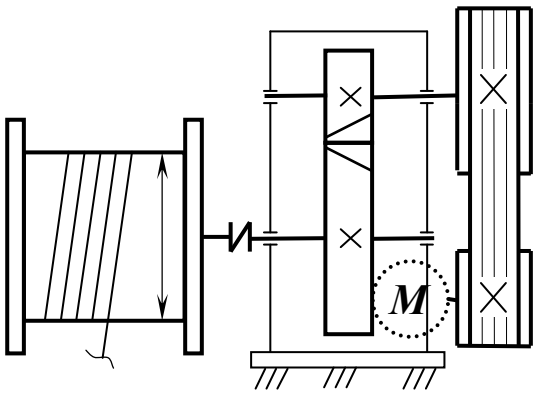


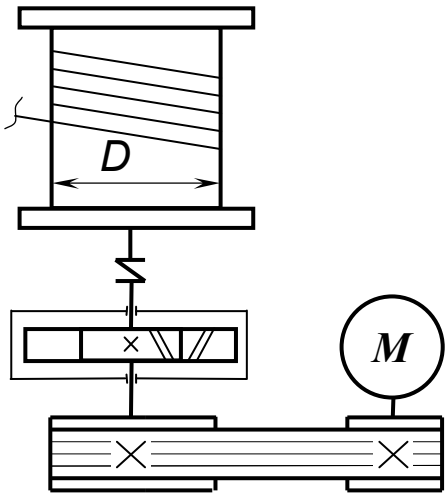
**Задание 4**

Спроектировать привод вспомогательной лебедки по схеме и данным таблицы. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого косозубого цилиндрического редуктора (с перпендикулярной к основанию плоскостью положения осей валов) и клиноременной передачей.

| Вариант | Окружная сила на канате $F$, Н | Скорость навивки каната на барабан $V$, м/с | Диаметр барабана лебедки $D$, мм | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) $n$, мин$^{-1}$ | График сменной нагрузки | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 70 | 0,64 | 275 | 750 | А | 1 | 9 |
| 2 | 22 | 0,4 | 210 | 750 | Б | 2 | 8 |
| 3 | 35 | 0,52 | 240 | 750 | В | 3 | 7 |
| 4 | 48 | 0,66 | 220 | 1000 | Г | 1 | 6 |
| 5 | 62 | 0,58 | 320 | 1000 | Д | 2 | 5 |
| 6 | 28 | 0,8 | 300 | 750 | Е | 3 | 4 |



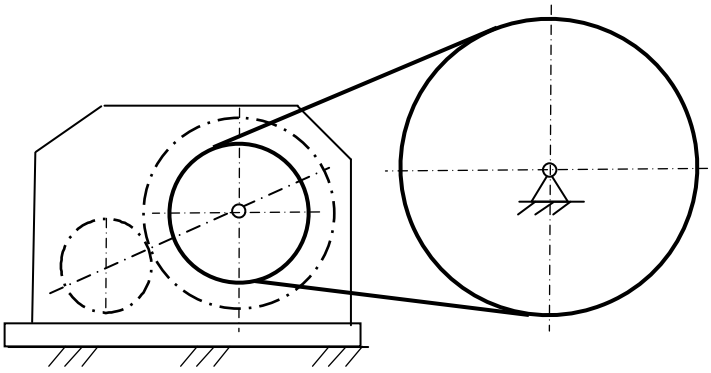



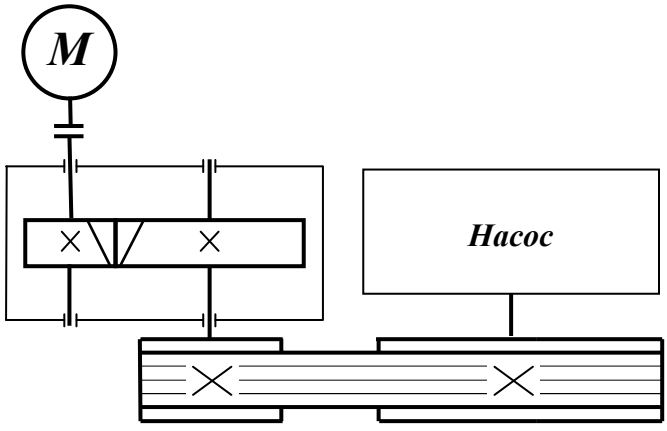



## Задание 5

Спроектировать механический привод бурового насоса по схеме и данным таблицы. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого косозубого цилиндрического редуктора (с параллельной или наклонной к основанию плоскостью осей валов) и клиноременной передачей.

| Вариант | Потребляемая насосом мощность $P$, кВт | Частота вращения вала насоса $n_{рм}$, мин$^{-1}$ | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) $n$, мин$^{-1}$ | График сменной нагрузки | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 32 | 200 | 1000 | В | 3 | 7 |
| 2 | 50 | 120 | 750 | Г | 1 | 8 |
| 3 | 80 | 150 | 1000 | Д | 2 | 9 |
| 4 | 100 | 220 | 1500 | Е | 3 | 4 |
| 5 | 125 | 250 | 1000 | А | 1 | 5 |
| 6 | 160 | 160 | 1500 | Б | 2 | 6 |

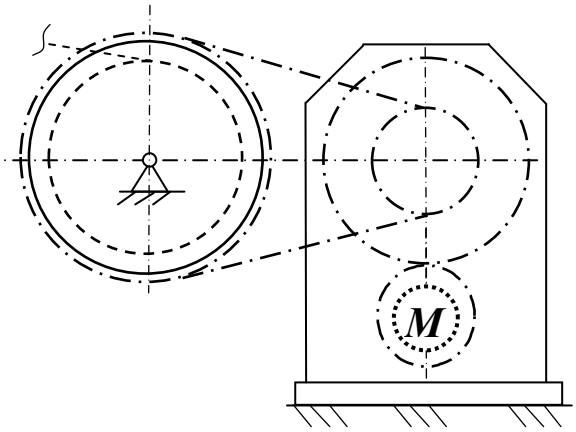


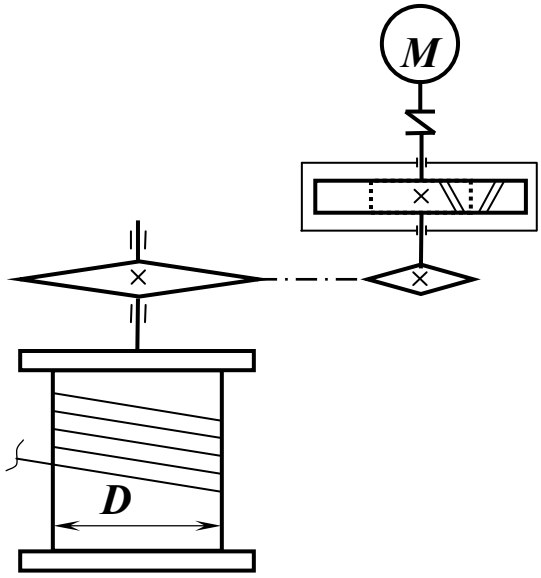


**Задание 6**

Спроектировать привод подъемной лебедки по схеме и данным таблицы. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого косозубого цилиндрического редуктора (с перпендикулярной к основанию плоскостью положения осей валов) и цепной передачи с роликовой цепью.

| Вариант | Окружная сила на канате $F$, Н | Скорость навивки каната на барабан $V$, м/с | Диаметр барабана лебедки $D$, мм | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) $n$, мин$^{-1}$ | График сменной нагрузки | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25 | 2 | 300 | 100 | А | 2 | 9 |
| 2 | 36 | 3 | 400 | 1500 | Б | 3 | 8 |
| 3 | 40 | 5 | 350 | 1500 | В | 1 | 7 |
| 4 | 52 | 4,3 | 420 | 1000 | Г | 2 | 6 |
| 5 | 70 | 4 | 340 | 750 | Д | 3 | 5 |
| 6 | 92 | 2,4 | 380 | 750 | Е | 1 | 4 |

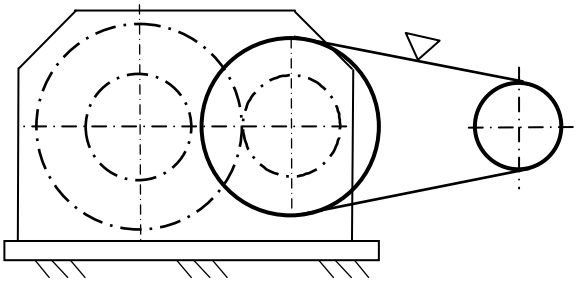


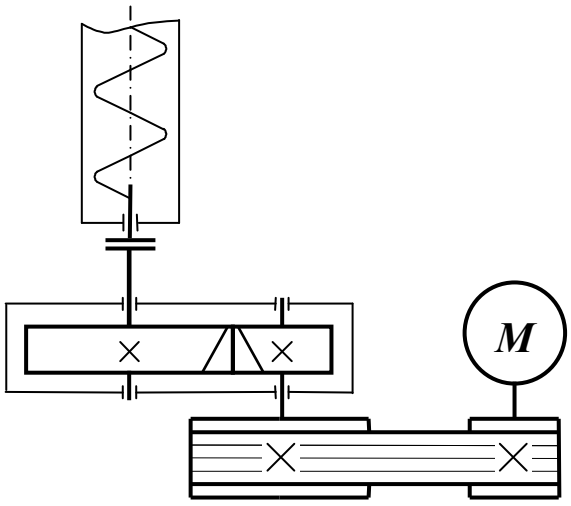



## Задание 7

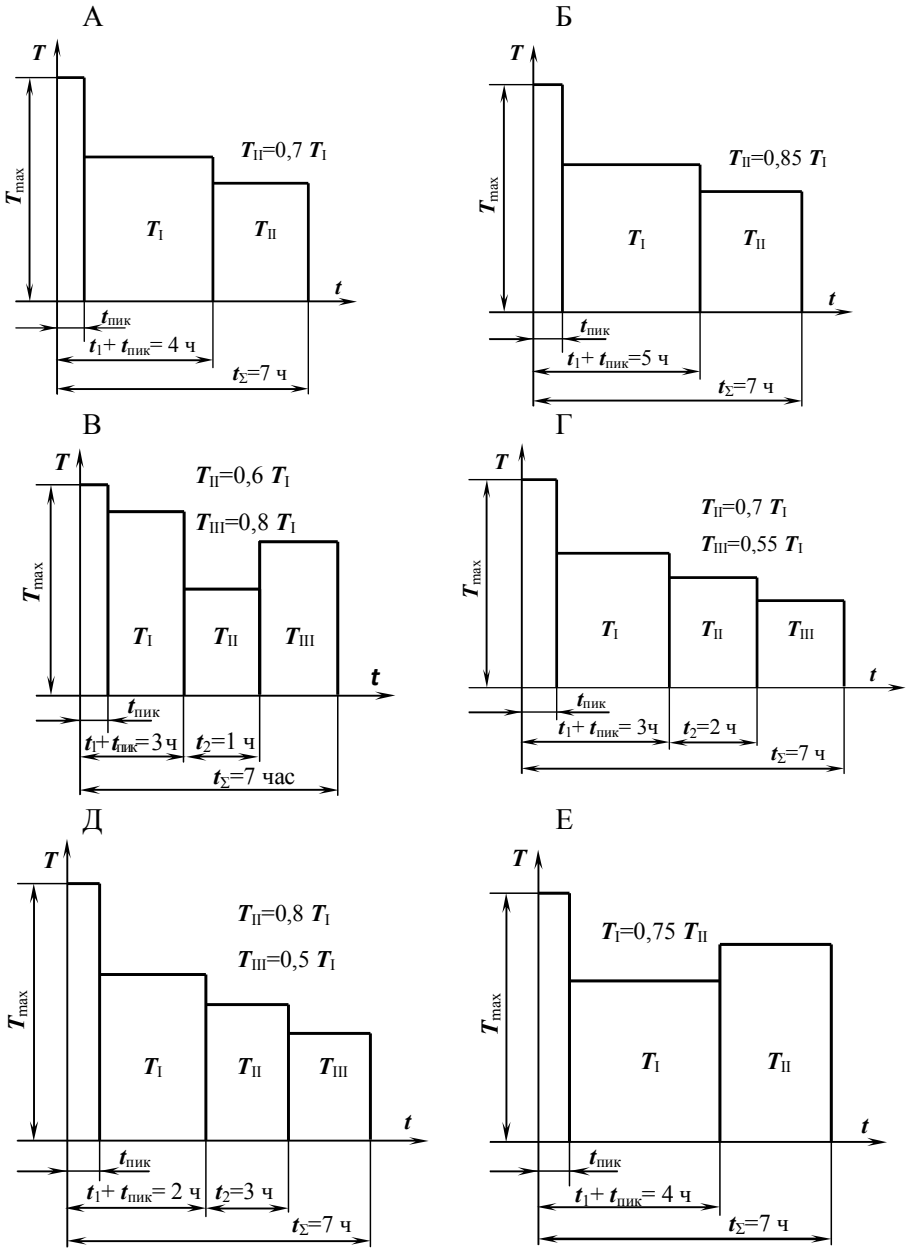
Спроектировать привод шнекового конвейера циркуляционной системы для удаления шлама по схеме и данным таблицы. Привод осуществляется при помощи одноступенчатого косозубого цилиндрического редуктора (с параллельной или наклонной к основанию плоскостью осей валов) и клиноременной передачей.

| Вариант | Момент сопротивления вращению на валу шнека $T$, Нм | Частота вращения вала шнека $n_{рм}$, мин$^{-1}$ | Частота вращения вала электр. двигателя (синхр.) $n$, мин$^{-1}$ | График сменной нагрузки | Число смен в течение суток | Срок службы передачи в годах |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1000 | 600 | 1000 | Г | 3 | 4 |
| 2 | 3100 | 40 | 750 | Д | 1 | 5 |
| 3 | 3600 | 50 | 750 | Е | 2 | 6 |
| 4 | 800 | 55 | 1000 | А | 3 | 7 |
| 5 | 1900 | 48 | 750 | Б | 1 | 8 |
| 6 | 2300 | 65 | 1000 | В | 2 | 9 |





Графики сменной нагрузки



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

# Б1.О.24 ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Направление подготовки –
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***
Направленность (профиль) –
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

год набора: 2022

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией факультета |
|---|---|
| Технической механики | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Волков Е.Б. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 17.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки ***15.03.02 Технологические машины и оборудование***, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, расчетно-графическая работа.

## ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций*

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

Оформление необходимой документации.

***Самостоятельная работа включает выполнение расчетно-графической работы.***

При выполнении расчетно-графической работы по заданной кинематической схеме механизма и исходным данным необходимо выполнить следующие виды работ:

– провести структурный анализ механизма;

– выполнить кинематический анализ механизма, для чего при заданном положении кривошипа построить планы механизма, скоростей и ускорений, а также эскиз вала кривошипа с установленными на нём элементами;

– определить величину уравновешивающей силы и уравновешивающего момента методом «жёсткого рычага» Н.Е. Жуковского;

– произвести проверочный расчёт вала кривошипа, включающий оценку статической прочности и расчёт на сопротивление усталости.

Масштабы плана механизма и эскиза вала принимаются по ЕСКД, масштабы планов скоростей и ускорений и «жёсткого рычага» выбираются самостоятельно с учётом рационального расположения построений на листе формата А1.

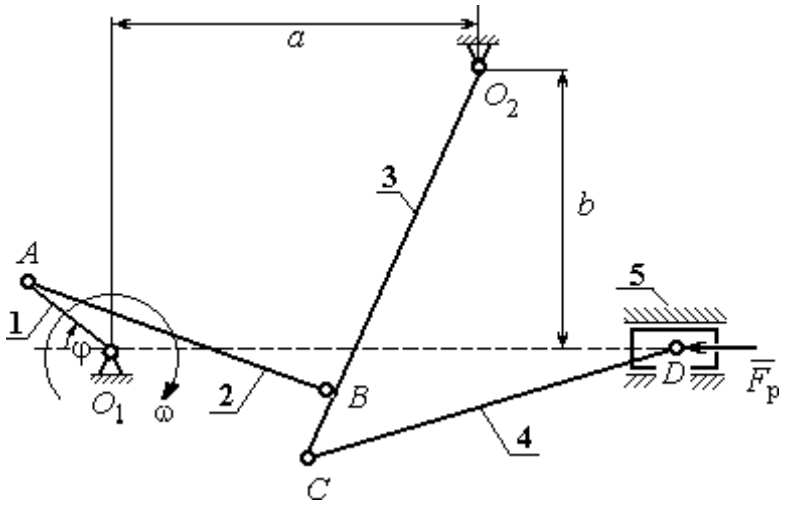
В расчётах для всех заданий и вариантов принять предел текучести материала вала $\sigma_т$ = 380 МПа, допускаемое напряжение смятия шпонки $[\sigma_{см}]$ = 120 МПа, обработку поверхности вала – чистовую.

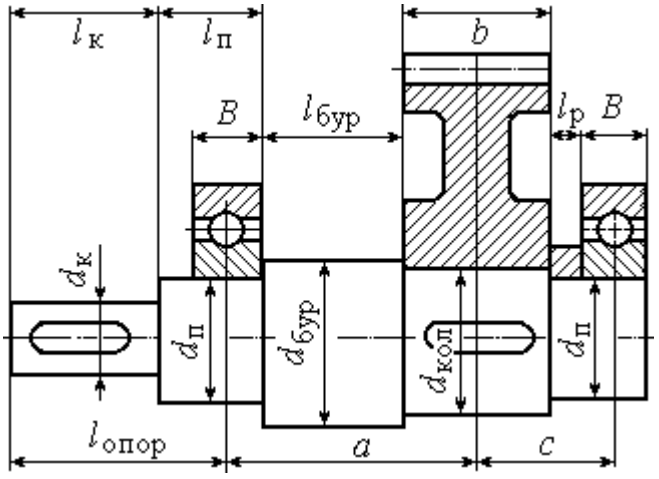
По результатам расчётов составить пояснительную записку на листах формата А4, оформленную в соответствии с правилами ЕСКД.

Построение планов механизма, скоростей, ускорений и «жёсткого рычага» выполнить на листе формата А1.

**Вариант задания № 1. Инерционный конвейер**

Схемы механизма инерционного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 1




**Инерционный конвейер** состоит из кривошипа 1 шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и рештака (ползуна) 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения в точке $O_1$, а центры масс остальных звеньев – посередине их длин. Сила сопротивления движению рештака постоянна и равна $F_р$. Рабочий ход слева – направо. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинальной.

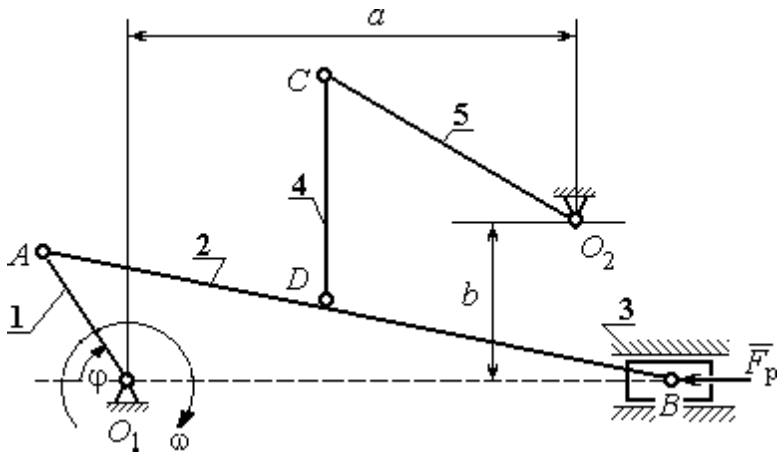
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа инерционного конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

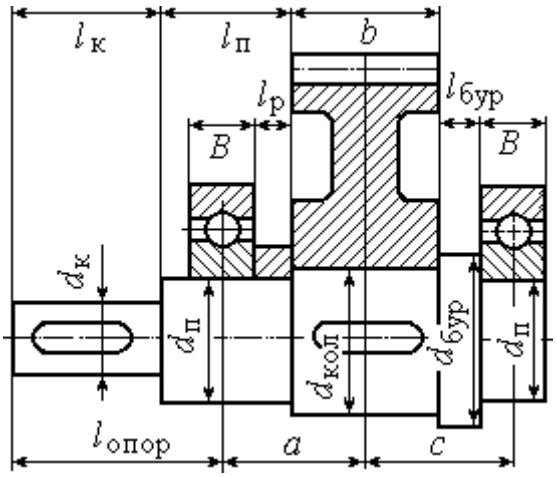
**Варианты исходных данных механизма инерционного конвейера для варианта задания № 1**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,24 | 0,25 |
| | $AB$ | 0,8 | 0,8 | 0,11 | 0,11 | 0,29 | 0,23 | 0,11 | 0,11 | 0,92 | 1,06 |
| | $O_2B$ | 1,0 | 1,0 | 0,12 | 0,12 | 0,25 | 0,25 | 0,12 | 0,12 | 0,84 | 0,87 |
| | $O_2C$ | 1,2 | 1,2 | 0,1 | 0,12 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,12 | 0,9 | 0,5 |
| | $CD$ | 1,2 | 1,2 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 1,45 | 0,65 |
| | $a$ | 0,9 | 0,9 | 0,06 | 0,04 | 0,15 | 0,35 | 0,04 | 0,07 | 0,8 | 0,8 |
| | $b$ | 0,7 | 0,7 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,11 | 0,06 | 0,02 | 0,6 | 0,6 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 45 | 30 | 290 | 235 | 120 | 115 | 140 | 50 | 300 | 150 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 190 | 95 | 200 | 180 | 150 | 170 | 250 | 190 | 100 | 120 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 80 | 8 | 15 | 18 | 38 | 24 | 16 | 20 | 37 | 32 |
| | $m_3$ | 100 | 10 | 18 | 25 | 23 | 30 | 28 | 25 | 22 | 17 |
| | $m_4$ | 60 | 6 | 25 | 25 | 30 | 40 | 40 | 30 | 36 | 31 |
| | $m_5$ | 100 | 10 | 100 | 70 | 80 | 90 | 90 | 60 | 73 | 62 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,09 | 0,18 | 0,09 | 0,3 | 0,21 |
| | $J_2$ | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,08 | 0,2 | 4,1 | 3,1 |
| | $J_3$ | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 0,18 | 0,2 | 0,6 | 0,5 | 2,7 | 2,9 |
| | $J_4$ | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 1,0 | 1,03 | 1,4 | 1,4 | 1,05 | 1,6 | 1,1 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 10,0 | 2,25 | 3,0 | 2,5 | 1,5 | 1,6 | 3,0 | 1,8 | 4,6 | 3,6 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 6,3 | 4,1 | 4,0 | 4,5 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 650 | 750 | 750 | 800 | 850 | 750 | 650 | 800 | 750 | 700 |

**Вариант задания № 2. Плунжерный питатель с грохотом**

Схемы механизма плунжерного питателя с грохотом и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 2




**Плунжерный питатель с грохотом** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 4, сита грохота 5, плунжера 3. Центр тяжести кривошипа расположен на оси вращения $O_1$, центры тяжести остальных звеньев находятся в их середине. Сила сопротивления движению плунжера 3 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода (рабочий ход слева – направо). На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

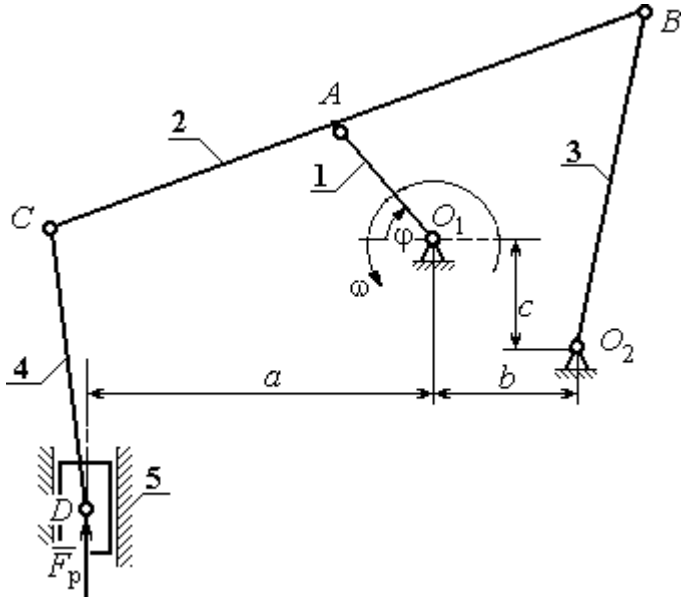
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа плунжерного питателя** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

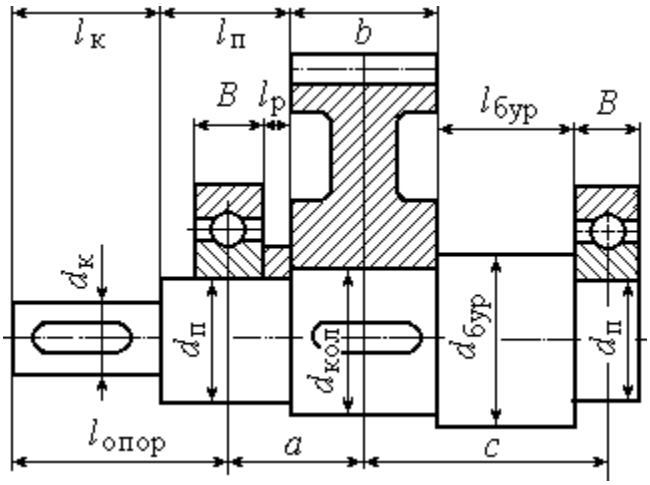
**Варианты исходных данных механизма плунжерного питателя с грохотом для варианта задания № 2**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,8 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,1 | 0,1 |
| | $AB$ | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,5 |
| | $DB$ | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,43 | 0,33 |
| | $O_2C$ | 0,4 | 0,27 | 0,19 | 0,3 | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,24 | 0,31 | 0,21 |
| | $CD$ | 0,12 | 0,09 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,13 | 0,14 | 0,2 | 0,16 | 0,16 |
| | $a$ | 0,57 | 0,45 | 0,4 | 0,57 | 0,45 | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,5 | 0,4 |
| | $b$ | 0,12 | 0,02 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 60 | 56 | 58 | 55 | 55 | 58 | 57 | 65 | 60 | 70 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 150 | 30 | 210 | 150 | 160 | 140 | 130 | 160 | 130 | 120 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 42 | 38 | 35 | 36 | 31 | 35 | 36 | 31 | 40 | 40 |
| | $m_3$ | 8 | 12 | 8 | 10 | 12 | 8 | 10 | 12 | 10 | 12 |
| | $m_4$ | 16 | 9 | 16 | 18 | 20 | 13 | 14 | 20 | 16 | 16 |
| | $m_5$ | 40 | 27 | 35 | 30 | 24 | 25 | 22 | 24 | 31 | 21 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,1 | 0,1 |
| | $J_2$ | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,2 |
| | $J_4$ | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 |
| | $J_5$ | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,6 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 100 | 90 | 980 | 80 | 80 | 80 | 700 | 80 | 100 | 60 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 6,8 | 6,0 | 7,0 | 6,3 | 5,0 | 4,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 | 4,5 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 700 | 650 | 800 | 850 | 650 | 750 | 700 | 800 | 850 |

**Вариант задания № 3. Поршневой насос**

Схемы механизма поршневого насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 3




Механизм **поршневого насоса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня сверху – вниз. Центры масс звеньев2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

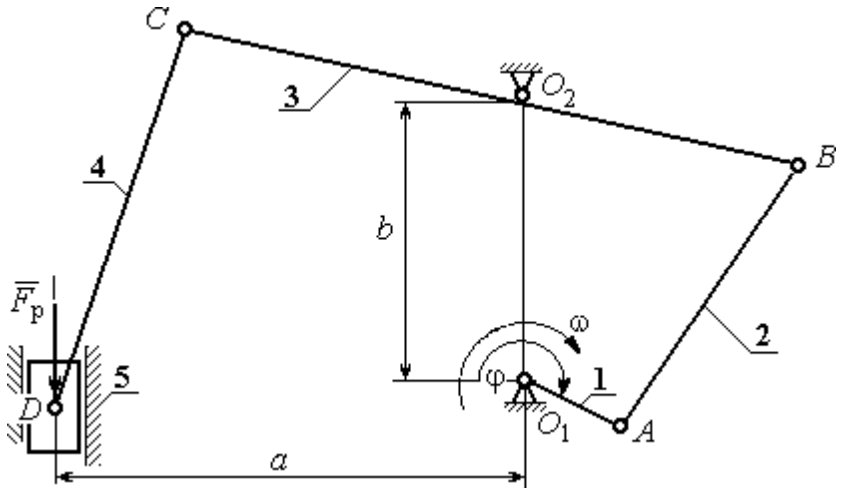
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа поршневого насоса** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

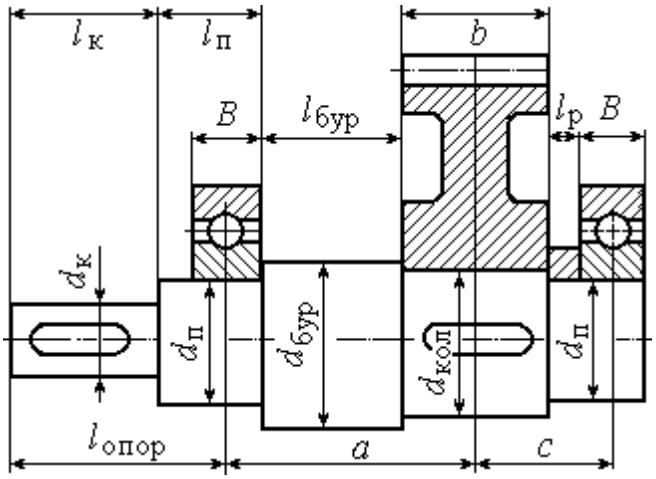
**Варианты исходных данных механизма поршневого насоса для варианта задания № 3**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,16 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,11 | 0,18 | 0,13 | 0,12 | 0,18 | 0,1 |
| | $AB$ | 0,56 | 0,5 | 0,52 | 0,6 | 0,6 | 0,56 | 0,47 | 0,45 | 0,56 | 0,42 |
| | $AC$ | 0,38 | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,42 | 0,35 | 0,3 | 0,42 | 0,3 |
| | $O_2B$ | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,55 | 0,5 | 0,48 | 0,55 | 0,45 |
| | $CD$ | 0,6 | 0,55 | 0,6 | 0,55 | 0,45 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,6 | 0,45 |
| | $c$ | 0,5 | 0,3 | 0,32 | 0,35 | 0,25 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,2 |
| | $a$ | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,28 | 0,4 | 0,5 | 0,35 |
| | $b$ | 0,3 | 0,35 | 0,32 | 0,3 | 0,25 | 0,38 | 0,28 | 0,3 | 0,38 | 0,2 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 60 | 56 | 45 | 60 | 65 | 65 | 23 | 65 | 60 | 63 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 140 | 70 | 130 | 160 | 80 | 110 | 90 | 55 | 110 | 50 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 28 | 28 | 30 | 30 | 26 | 30 | 25 | 25 | 30 | 26 |
| | $m_3$ | 25 | 20 | 25 | 25 | 18 | 25 | 28 | 20 | 25 | 18 |
| | $m_4$ | 28 | 25 | 28 | 30 | 20 | 28 | 36 | 22 | 25 | 20 |
| | $m_5$ | 38 | 32 | 25 | 40 | 34 | 28 | 45 | 26 | 28 | 22 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,15 | 0,11 | 0,18 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,13 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| | $J_2$ | 0,92 | 0,7 | 0,83 | 1,08 | 0,72 | 0,8 | 0,95 | 0,6 | 0,85 | 0,72 |
| | $J_3$ | 0,75 | 0,63 | 1,05 | 0,8 | 0,62 | 1,15 | 0,72 | 0,65 | 1,1 | 0,86 |
| | $J_4$ | 1,15 | 0,93 | 1,2 | 1,05 | 0,95 | 1,15 | 1,1 | 0,9 | 1,15 | 1,0 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 20,4 | 0,8 | 2,2 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 0,8 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,1 | 4,4 | 5,8 | 6,2 | 7,3 | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 680 | 780 | 880 | 820 | 730 | 560 | 580 | 630 | 680 | 720 |

**Вариант задания № 4. Глубинный насос**

Схемы механизма глубинного насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 4




Механизм **глубинного насоса** состоит из кривошипа 1 шатунов 2 и 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

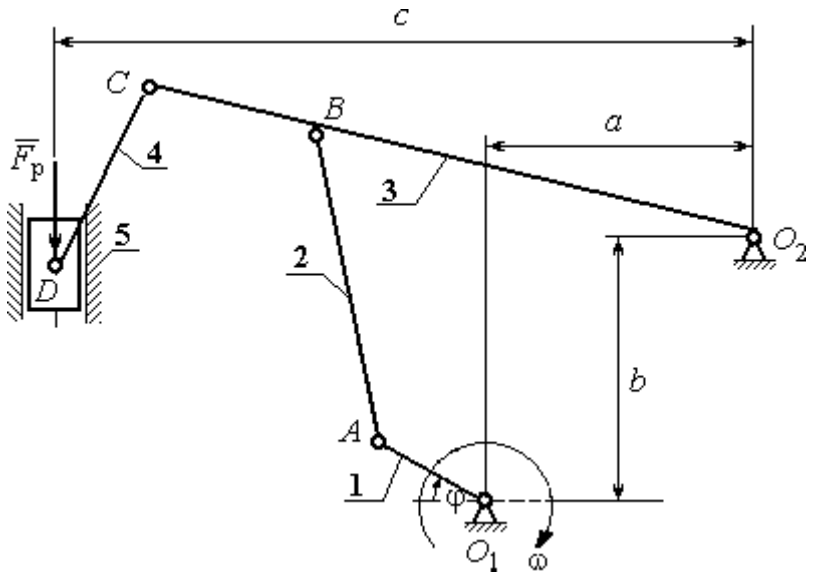
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа глубинного насоса** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

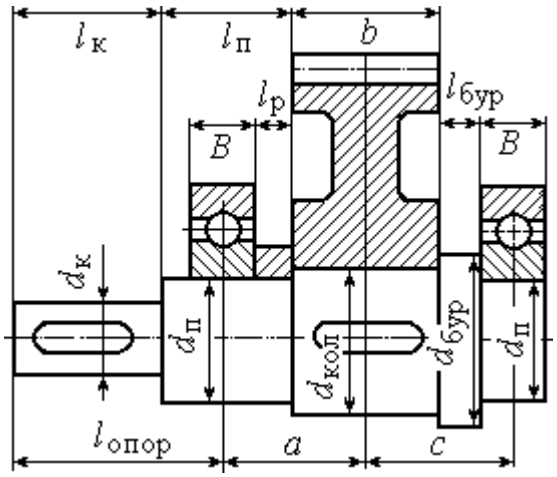
**Варианты исходных данных механизма глубинного насоса для варианта задания № 4**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,09 | 0,11 | 0,15 | 0,1 | 0,12 | 0,17 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,95 |
| | $AB$ | 0,6 | 0,72 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,55 | 0,8 | 0,70 | 0,65 | 0,9 |
| | $O_2B$ | 0,38 | 0,47 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| | $O_2C$ | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,45 | 0,35 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,75 | 0,6 |
| | $CD$ | 0,6 | 0,8 | 0,85 | 0,6 | 0,65 | 0,8 | 1,5 | 1,55 | 1,75 | 1,6 |
| | $a$ | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,36 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,65 |
| | $b$ | 0,46 | 0,63 | 0,6 | 0,45 | 0,66 | 0,6 | 0,5 | 0,55 | 0,7 | 0,8 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 180 | 210 | 0 | 165 | 150 | 253 | 30 | 45 | 60 | 120 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 140 | 130 | 180 | 70 | 150 | 200 | 100 | 110 | 160 | 190 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 38 | 24 | 14 | 22 | 27 | 20 | 23 | 26 | 29 | 30 |
| | $m_3$ | 35 | 52 | 34 | 40 | 47 | 40 | 33 | 37 | 41 | 44 |
| | $m_4$ | 33 | 30 | 36 | 28 | 34 | 40 | 43 | 47 | 49 | 51 |
| | $m_5$ | 35 | 36 | 20 | 32 | 30 | 20 | 44 | 49 | 51 | 60 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,22 | 0,1 | 0,14 | 0,2 | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| | $J_2$ | 1,1 | 0,83 | 0,5 | 1,2 | 0,9 | 0,75 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,4 |
| | $J_3$ | 3,5 | 4,9 | 2,5 | 4 | 4,1 | 4,3 | 2,1 | 2,5 | 2,7 | 3,0 |
| | $J_4$ | 2,1 | 2,0 | 2,3 | 1,6 | 2,2 | 2,4 | 3,0 | 3,5 | 3,9 | 4,4 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 3,0 | 1,26 | 1,44 | 1,68 | 2,17 | 2,16 | 3,0 | 4,8 | 5,1 | 6,1 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 | 3,2 | 2,0 | 5,6 | 4,0 | 5,2 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 650 | 800 | 750 | 700 | 800 | 680 | 720 | 770 | 810 |

**Вариант задания № 5. Вытяжной пресс**

Схемы механизма вытяжного пресса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 5




Механизм вытяжного **пресса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 –4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

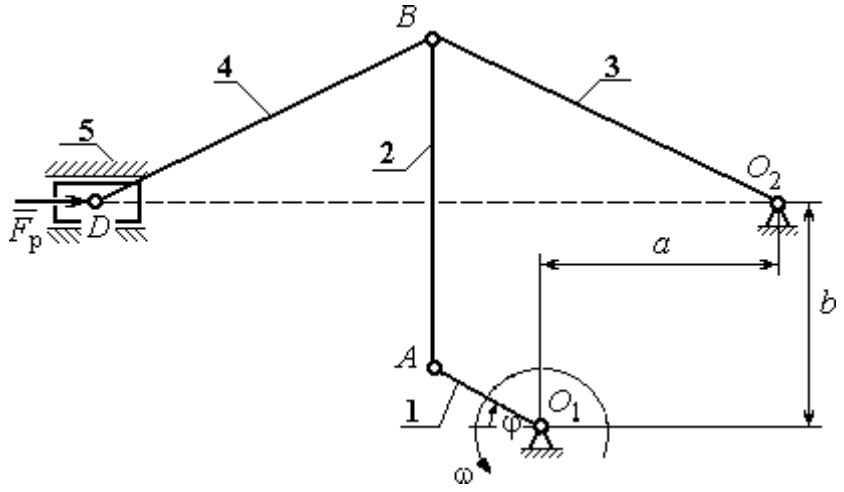
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа вытяжного пресса** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

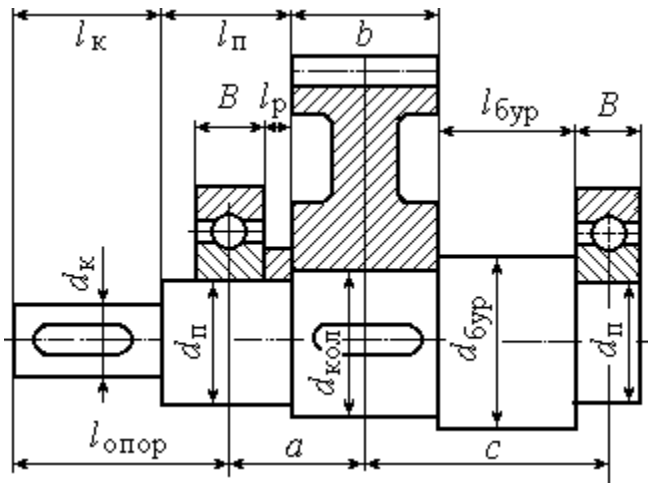
**Варианты исходных данных механизма вытяжного пресса для варианта задания № 5**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,1 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,1 | 0,11 | 0,08 |
| | $AB$ | 0,32 | 0,45 | 0,36 | 0,38 | 0,4 | 0,42 | 0,46 | 0,48 | 0,5 | 0,52 |
| | $O_2B$ | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 0,42 | 0,51 | 0,6 | 0,62 | 0,46 | 0,45 | 0,5 |
| | $O_2C$ | 0,42 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,85 | 0,8 | 0,66 | 0,65 | 0,7 |
| | $CD$ | 0,11 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,35 | 0,49 | 0,5 |
| | $a$ | 0,16 | 0,35 | 0,45 | 0,44 | 0,56 | 0,62 | 0,6 | 0,64 | 0,68 | 0,66 |
| | $b$ | 0,29 | 0,3 | 0,4 | 0,41 | 0,46 | 0,5 | 0,51 | 0,55 | 0,6 | 0,6 |
| | $c$ | 0,41 | 0,7 | 0,6 | 0,56 | 0,65 | 0,75 | 0,8 | 0,62 | 0,6 | 0,65 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 30 | 60 | 120 | 150 | 210 | 240 | 300 | 330 | 25 | 45 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 40 | 65 | 50 | 55 | 60 | 165 | 70 | 75 | 285 | 150 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 30 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 11 | 14 | 12 | 11 |
| | $m_3$ | 40 | 12 | 10 | 10 | 8 | 10 | 8 | 7 | 14 | 10 |
| | $m_4$ | 15 | 5 | 6 | 4 | 7 | 8 | 9 | 6 | 4 | 5 |
| | $m_5$ | 20 | 30 | 33 | 35 | 37 | 30 | 37 | 35 | 40 | 42 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,5 | 2,0 | 2,4 | 2,4 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 2,2 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,10 | 0,20 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 |
| | $J_3$ | 0,3 | 0,20 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 |
| | $J_4$ | 0,1 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,24 | 0,26 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 36 | 36 | 40 | 41 | 39 | 37 | 34 | 32 | 36 | 42 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,1 | 4,4 | 5,8 | 6,2 | 7,3 | 6,8 | 6,0 | 7,0 | 6,3 | 5,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 680 | 780 | 880 | 820 | 730 | 750 | 700 | 650 | 800 | 850 |

**Вариант задания № 6. Гайковырубной автомат**

Схемы механизма гайковырубного автомата и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 6




Механизм гайковырубного **автомата** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

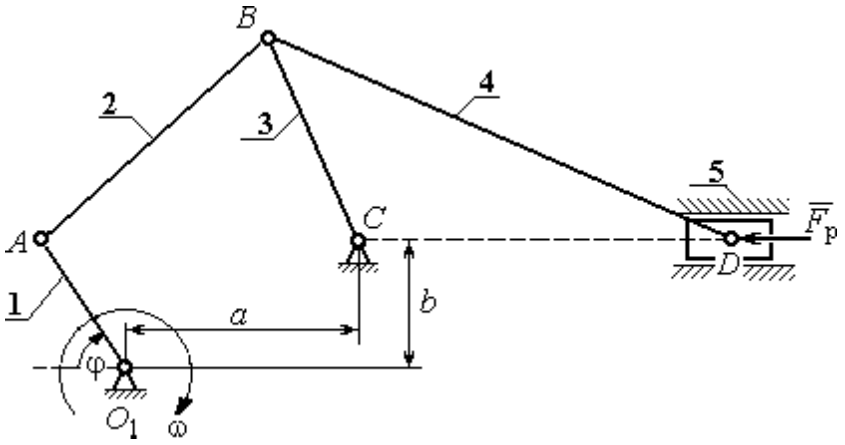
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа гайковырубного автомата** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

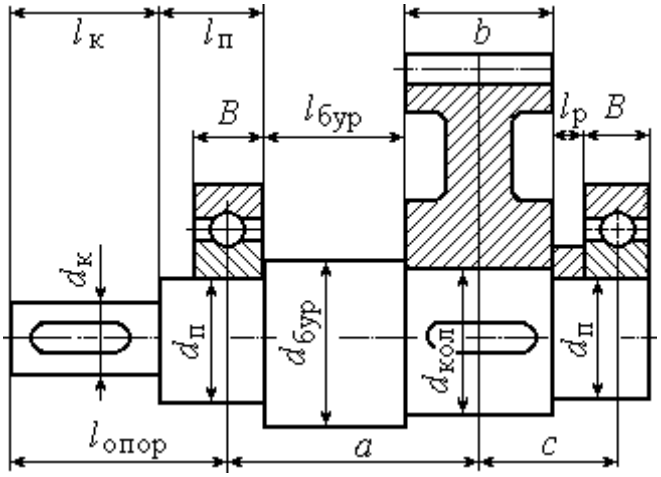
**Варианты исходных данных механизма гайковырубного автомата для варианта задания № 6**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,09 | 0,11 | 0,1 | 0,12 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,1 | 0,1 | 0,12 |
| | $AB$ | 0,43 | 0,41 | 0,48 | 0,43 | 0,38 | 0,48 | 0,44 | 0,44 | 0,37 | 0,52 |
| | $O_2B$ | 0,25 | 0,29 | 0,28 | 0,3 | 0,22 | 0,28 | 0,31 | 0,26 | 0,26 | 0,31 |
| | $BD$ | 0,25 | 0,29 | 0,28 | 0,3 | 0,22 | 0,28 | 0,31 | 0,26 | 0,26 | 0,31 |
| | $a$ | 0,24 | 0,27 | 0,27 | 0,29 | 0,21 | 0,27 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,29 |
| | $b$ | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,5 | 0,47 | 0,39 | 0,39 | 0,55 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 30 | 45 | 60 | 120 | 150 | 210 | 240 | 300 | 305 | 25 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 100 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 90 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 11 | 10 | 12 | 10 | 9 | 12 | 11 | 11 | 9 | 13 |
| | $m_3$ | 15 | 17 | 16 | 20 | 13 | 18 | 19 | 16 | 16 | 18 |
| | $m_4$ | 15 | 17 | 16 | 20 | 13 | 18 | 19 | 16 | 16 | 18 |
| | $m_5$ | 60 | 62 | 56 | 70 | 46 | 65 | 67 | 57 | 58 | 63 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,0 | 0,9 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 1,3 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,17 | 0,28 | 0,18 | 0,13 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,12 | 0,35 |
| | $J_3$ | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,17 |
| | $J_4$ | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,17 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 60 | 65 | 70 | 58 | 55 | 52 | 53 | 54 | 60 | 70 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 2,8 | 3,5 | 5,1 | 6,3 | 3,2 | 4,6 | 5,9 | 6,0 | 3,4 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 650 | 700 | 800 | 640 | 600 | 620 | 680 | 710 | 800 |

**Вариант задания № 7. Качающийся конвейер**

Схемы механизма качающегося конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 7




Механизм качающегося **конвейера** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

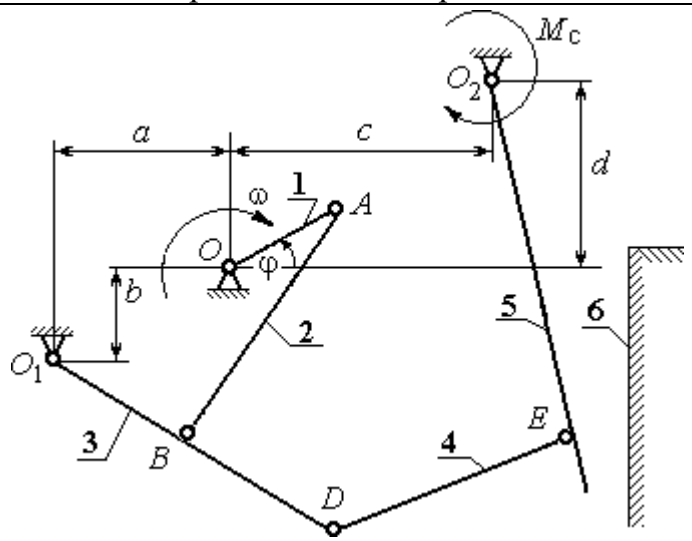
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа качающегося конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

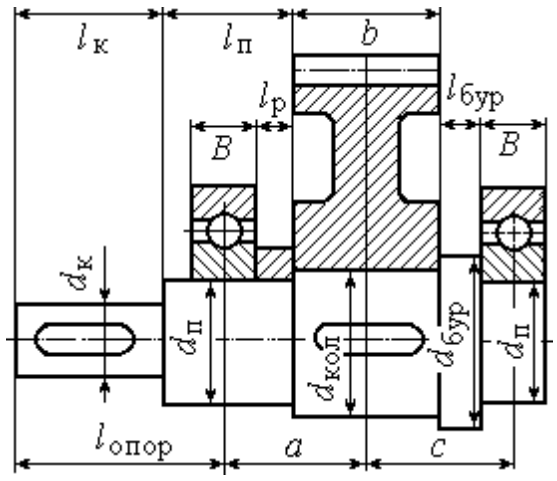
**Варианты исходных данных механизма качающегося конвейера для варианта задания № 7**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,1 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,1 | 0,12 | 0,14 | 0,12 |
| | $AB$ | 0,38 | 0,38 | 0,46 | 0,42 | 0,46 | 0,28 | 0,45 | 0,55 | 0,53 | 0,45 |
| | $BC$ | 0,32 | 0,3 | 0,33 | 0,35 | 0,39 | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,38 |
| | $BD$ | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,5 |
| | $a$ | 0,29 | 0,3 | 0,34 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,41 | 0,4 | 0,35 |
| | $b$ | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 25 | 45 | 60 | 115 | 135 | 150 | 210 | 245 | 290 | 300 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 80 | 60 | 68 | 73 | 70 | 63 | 63 | 79 | 74 | 50 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 | 25 | 20 | 22 | 25 | 20 |
| | $m_3$ | 90 | 80 | 90 | 100 | 85 | 100 | 90 | 95 | 100 | 90 |
| | $m_4$ | 400 | 400 | 450 | 500 | 500 | 500 | 400 | 450 | 500 | 450 |
| | $m_5$ | 900 | 800 | 900 | 900 | 950 | 900 | 950 | 800 | 900 | 950 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,2 |
| | $J_2$ | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,2 |
| | $J_3$ | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| | $J_4$ | 40 | 40 | 42 | 35 | 40 | 38 | 42 | 45 | 35 | 45 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 13,0 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 560 | 580 | 630 | 680 | 720 | 750 | 800 | 800 | 750 | 700 |

**Вариант задания № 8. Щековая дробилка**

Схемы механизма щековой дробилки и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 8




Механизм щековой **дробилки** состоит из кривошипа 1, шатуна 2,коромысла 3, тяги 4, подвижной щеки 5 и неподвижной щеки 6. Рабочий ход подвижной щеки слева – направо. Центр масс кривошипа 1 – в точке $O_1$. У остальных звеньев 2 – 5 центры масс находятся посредине их длин. Момент сил сопротивления движению подвижной щеки 5 сохраняет постоянное значение $M_C$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу щеки момент сил сопротивления постоянный и составляет 10 % от номинального.

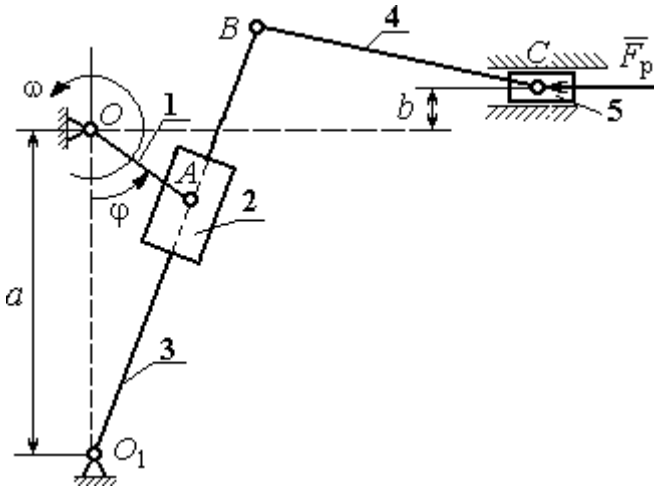
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа щековой дробилки** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

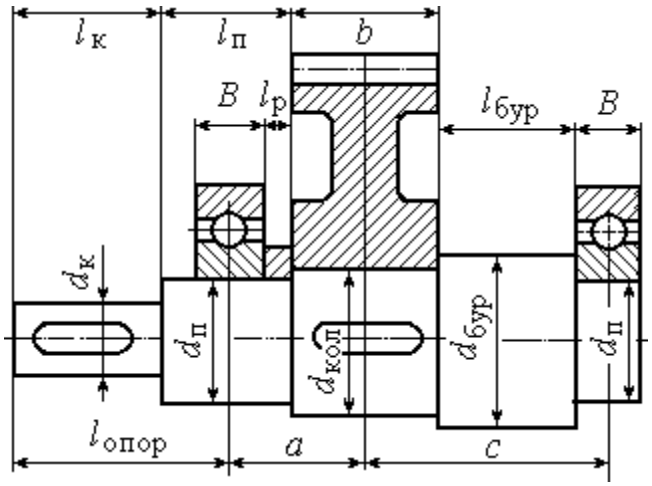
**Варианты исходных данных механизма щековой дробилки для варианта задания № 8**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,11 | 0,1 | 0,15 | 0,07 | 0,15 | 0,08 | 0,1 | 0,15 | 0,12 | 0,07 |
| | $AB$ | 0,8 | 0,9 | 0,75 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,45 | 0,9 | 0,8 | 0,65 |
| | $O_1B$ | 0,45 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,3 |
| | $BD$ | 0,2 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| | $O_2E$ | 0,8 | 0,85 | 1,2 | 0,9 | 1,15 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,75 |
| | $DE$ | 0,6 | 0,55 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,35 | 0,3 | 0,65 | 0,3 | 0,45 |
| | $a$ | 0,45 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| | $b$ | 0,55 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,4 |
| | $c$ | 0,4 | 0,35 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | 0,25 | 0,6 | 0,5 | 0,3 |
| | $d$ | 0,12 | 0,15 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,2 | 0,2 | 0 | 0,1 | 0,2 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 20 | 30 | 45 | 60 | 115 | 145 | 215 | 240 | 295 | 330 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 160 | 190 | 150 | 250 | 170 | 200 | 200 | 140 | 240 | 240 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 55 | 50 | 45 | 40 | 48 | 40 | 35 | 55 | 50 | 40 |
| | $m_3$ | 30 | 25 | 30 | 15 | 30 | 30 | 25 | 30 | 35 | 30 |
| | $m_4$ | 30 | 27 | 30 | 20 | 35 | 18 | 15 | 33 | 15 | 22 |
| | $m_5$ | 90 | 85 | 120 | 110 | 100 | 80 | 120 | 100 | 75 | 100 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,23 | 0,25 | 0,35 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,25 | 0,35 | 0,2 | 0,24 |
| | $J_2$ | 0,8 | 4,0 | 3,4 | 1,6 | 3,9 | 1,9 | 0,7 | 4,5 | 3,2 | 1,7 |
| | $J_3$ | 0,9 | 0,6 | 1,1 | 0,14 | 1,1 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | 0,26 | 0,14 |
| | $J_4$ | 0,9 | 0,82 | 1,0 | 0,32 | 1,7 | 0,22 | 0,14 | 1,4 | 0,15 | 0,45 |
| | $J_5$ | 6,3 | 6,1 | 17,3 | 7,3 | 14,5 | 10,0 | 5,1 | 17,3 | 10,0 | 4,2 |
| Момент сил сопротивления, кН·м | $M_C$ | 4 | 8 | 30 | 9 | 20 | 10 | 7 | 35 | 2 | 15 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 3,8 | 4,7 | 6,3 | 4,0 | 4,5 | 4,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_B$ | 670 | 710 | 820 | 630 | 750 | 700 | 650 | 740 | 720 | 810 |

**Вариант задания № 9. Кулисный конвейер**

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 9




Механизм кулисного **конвейера** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, звена 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

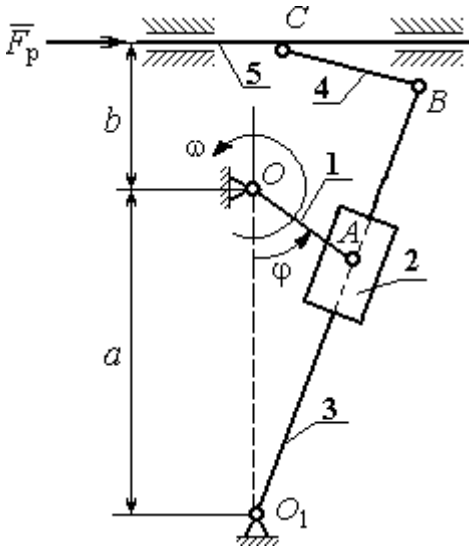
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

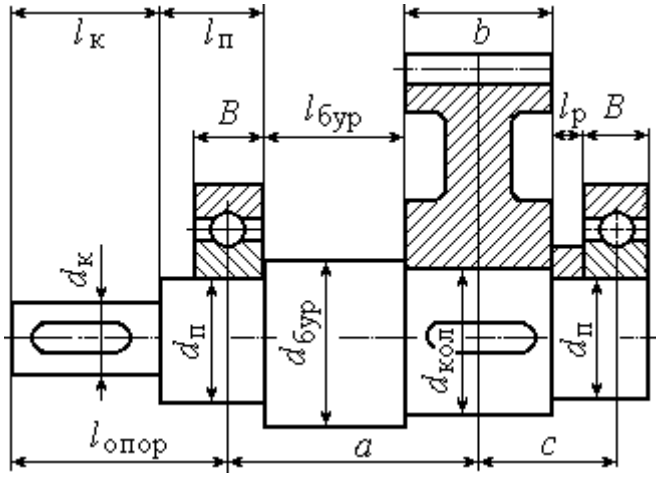
**Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 9**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,17 | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,0,9 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 |
| | $O_1B$ | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,25 | 1,45 |
| | $BC$ | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 1,75 | 1,65 | 1,45 | 1,5 | 1,85 | 1,95 |
| | $a$ | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 0,95 | 1,1 |
| | $b$ | 0,28 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,055 | 0,065 | 0,06 | 0,065 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 300 | 20 | 30 | 45 | 60 | 110 | 120 | 150 | 210 | 240 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 190 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 14 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | $m_3$ | 28 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 |
| | $m_4$ | 32 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| | $m_5$ | 280 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 3,0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,5 | 3,6 | 4,7 | 2,8 | 2,9 |
| | $J_2$ | 0,65 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,35 | 0,45 | 0,55 |
| | $J_3$ | 6,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 |
| | $J_4$ | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 6,5 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 14 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 7,3 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 560 | 520 | 680 | 650 | 730 | 750 | 820 | 800 | 740 | 700 |

**Вариант задания № 10. Строгальный станок**

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 10




Механизм строгального **станка** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и резца (вместе с суппортом) 5. Рабочий ход резца справа – налево. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, резца 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению резцу 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

**Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

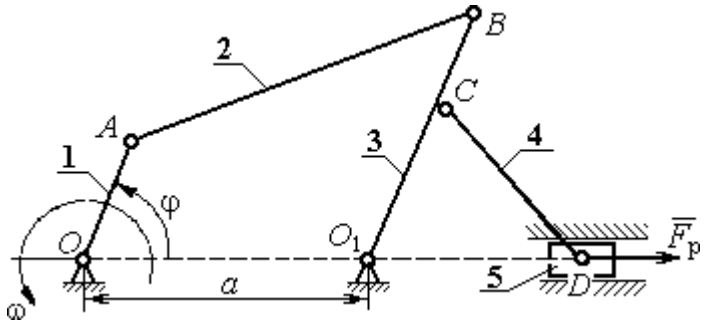
**Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 10**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |
| | $O_1B$ | 1,35 | 1,45 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,55 | 1,45 | 1,75 | 1,45 | 1,4 |
| | $BC$ | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,45 | 0,35 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,8 |
| | $a$ | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1,05 | 0,75 | 0,65 | 0,85 | 1,1 | 1,2 |
| | $b$ | 0,7 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1,05 | 0,6 | 0,5 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 20 | 35 | 60 | 75 | 120 | 150 | 210 | 240 | 295 | 330 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 110 | 100 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | $m_3$ | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| | $m_4$ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 5 |
| | $m_5$ | 25 | 28 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 43 | 45 | 49 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,1 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,32 |
| | $J_3$ | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 |
| | $J_4$ | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 6 | 5 | 4 | 4,5 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,5 | 10 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 2 | 3,1 | 4 | 5 | 6,3 | 7,1 | 4,5 | 5,6 | 3,3 | 3,9 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 670 | 770 | 870 | 600 |

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Рассмотрим последовательность выполнения расчетно-графической работы на примере условной схемы пятизвенного плоского механизма с симметричной компоновкой узла ведомого вала кривошипа (рис. 1).

**Пятизвенный механизм**



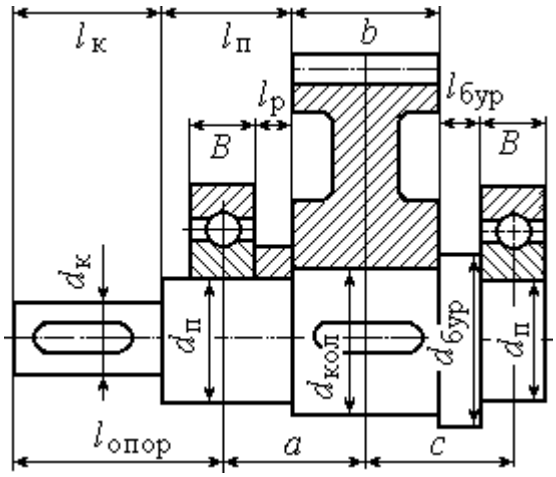




Рис. 1. Схемы пятизвенного механизма и компоновки узла ведомого вала кривошипа

Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и ползуна 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения, в точке *O*, центры масс звеньев 2 – 4 – посередине их длин, центр масс звена 5 – в точке *D*. Рабочий ход ползуна справа – налево. Сила сопротивления движению ползуна на

протяжении рабочего хода равна $F_р$. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинального значения.

**Ведомый вал редуктора привода кривошипа механизма** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

Данные для кинематического и динамического расчета механизма приведены в табл. 1 – 2.

Таблица 1

**Кинематические характеристики механизма**

| Размеры звеньев механизма | | | | | | Угол поворота кривошипа, φ, град | Частота вращения кривошипа, $n$, об/мин |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$, м | $OA$, м | $AB$, м | $O_1C$, м | $BC$, м | $CD$, м | | |
| 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,15 | 0,15 | 0,5 | 90 | 95,5 |

Таблица 2

**Параметры динамического расчёта**

| Массы звеньев, кг | | | | | Моменты инерции звеньев, кг·м$^2$ | | | | Сила полезного сопротивления, кН | Передаточное число редуктора | Предел прочности материала вала, МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ | $J_{01}$ | $J_{S2}$ | $J_{O_13}$ | $J_{S4}$ | $F_р$ | $u$ | $\sigma_В$ |
| 5 | 40 | 30 | 50 | 10 | 1 | 2 | 1 | 3 | 16,045 | 5 | 640 |

## 1. Структурный и кинематический анализ механизма

### Структурный анализ механизма

В рассматриваемом механизме (рис. 2, *а*) 5 подвижных звеньев и 7 кинематических пар:

– вращательная кинематическая пара $O$ (рис. 2, *b*) низшего типа 5-го класса образуется неподвижной стойкой 6 и кривошипом 1;

– вращательная кинематическая пара $A$ (рис. 2, $c$) низшего типа 5-го класса образуется кривошипом 1 и шатуном 2;

– вращательная кинематическая пара $B$ (рис. 2, $d$) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 2 и коромыслом 3;

– вращательная кинематическая пара $O_1$ (рис. 2, $e$) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и стойкой 7;

– вращательная кинематическая пара $C$ (рис. 2, $f$) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и шатуном 4;

– вращательная кинематическая пара $D$ (рис. 2, $g$) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 4 и ползуном 5;

– поступательная кинематическая пара $D_1$ (рис. 2, $h$) низшего типа 5-го класса образуется ползуном 5 и стойкой 8.

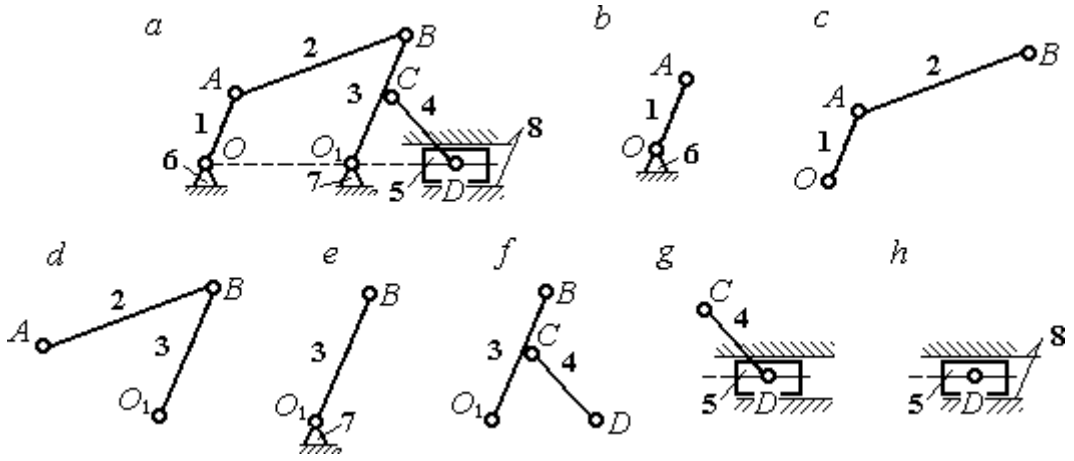



Рис. 2. Кинематические пары механизма:
*a* – схема механизма; *b* – *h* – звенья, составляющие кинематические пары

Высших кинематических пар в данном механизме нет, так как соединение всех звеньев осуществляется по поверхности. Кинематические пары и звенья, составляющие кинематические пары, показаны на рис. 2.

Степень подвижности плоского механизма определяется по формуле П. Л. Чебышева: $W = 3n - 2\,p_5 = 3\cdot 5 - 2\cdot 7 = 1$, где $n = 5$ – число подвижных звеньев механизма, $p_5 = 7$ – число кинематических пар 5-го класса. Следовательно, механизм имеет одно ведущее звено.

В рассматриваемом механизме можно выделить две группы Ассура и начальное звено (рис. 3):

– группа звеньев, состоящая из шатуна 4 и ползуна 5, является группой Ассура II класса, второго вида (ползун – поводок), рис. 3, *b*;

– группа звеньев, состоящая из коромысла 3 и шатуна 2, является группой Ассура II класса, первого вида (двухповодковая группа), рис. 3, *c*;

– кривошип 1 вместе со стойкой 6 образуют начальное звено или начальный механизм I класса, рис. 3, *d*.

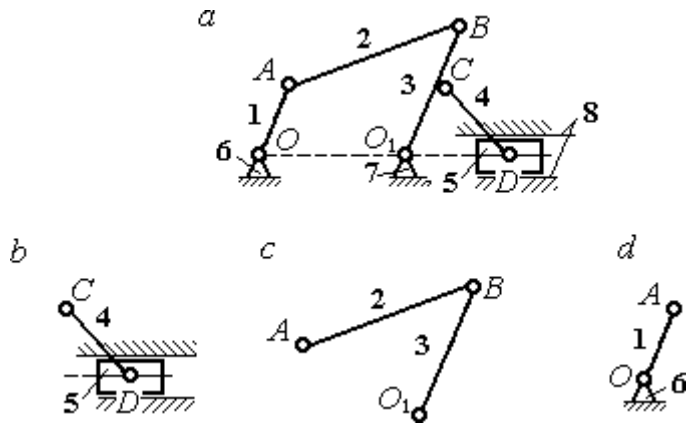



Рис. 3. Группы Ассура механизма:
*a* – схема механизма; *b*, *c* – группы Асура; *d* – начальное звено

Схема образования механизма группами Ассура:

$$(1) \rightarrow (2, 3) \rightarrow (4, 5).$$

К первому (ведущему) звену присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 2 и 3, образуя раму, имеющую ту же степень подвижности, что и исходный механизм. К группе Ассура, состоящей из звеньев 2 и 3, присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 4 и 5. При этом степень подвижности образованного механизма не увеличивается.

Представленный механизм включает начальный механизм I класса и две группы Ассура II класса, в результате чего является механизмом II класса.

Результаты структурного анализа механизма приводятся в табл. 3 – 4.

Таблица 3

**Анализ кинематических пар**

| Обозначение кинематической пары | $O$ | $A$ | $B$ | $O_1$ | $C$ | $D$ | $D_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Звенья, образующие пару | 1 – 6 | 1 – 2 | 2 – 3 | 3 – 7 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 8 |
| Наименование пары | Вращательная, низшая | | | | | | Поступательная, низшая |
| Класс пары | 5 класс | | | | | | |

Таблица 4

**Анализ групп Ассура**

| Группы Ассура | 4 – 5 | 2 – 3 | 1 |
|---|---|---|---|
| Наименование группы Ассура | Ползун-поводок | Двухповодковая | Начальное звено |
| Класс групп Ассура | II класс | II класс | I класс |
| Класс механизма | Механизм II класса | | |

## Построение плана механизма

Построение плана механизма начинается с определения масштабного коэффициента длины. Выберем для плана механизма стандартный масштаб, например 1:4. Масштаб выбирается таким образом, чтобы длина самого большого звена механизма на чертеже не превышала 100 – 150 мм. При выбранном масштабе длина отрезка $l_{CD}$, изображающего на чертеже звено $CD$ максимальной длины 0,5 м, составит: $l_{CD} = \frac{0{,}5}{4} = 0{,}125$ м = 125 мм и находится в пределах допустимых границ длин. Масштабный коэффициент длины рассчитывается как отношение $k_l = \frac{0{,}5}{125} = 0{,}004 \ \frac{\text{м}}{\text{мм}}$.

Определяем длины звеньев на чертеже с учётом масштабного коэффициента:

$$l_{OA} = \frac{OA}{k_l} = \frac{0{,}1}{0{,}004} = 25 \text{ мм}, \qquad l_{CD} = \frac{CD}{k_l} = \frac{0{,}5}{0{,}004} = 125 \text{ мм},$$

$$l_{AB} = \frac{AB}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм}, \qquad l_a = \frac{a}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм},$$

$$l_{O_1C} = \frac{O_1C}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}, \quad l_{BC} = \frac{BC}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}.$$

Порядок построения положения механизма таков:

1. Первоначально на чертеже фиксируем неподвижные точки $O$ и $O_1$. Поставим на свободном поле чертежа точку $O_1$, затем, отложив расстояние $a$, поставим точку $O_2$.

2. Радиусом $l_{OA}$ проведём окружность, по которой будет перемещаться точка $A$, лежащая на кривошипе. Установим заданное положение кривошипа под углом $\varphi = 90^\circ$ и получим положение точки $A$ (начальное положение и направление отсчёта угла показано на схеме механизма).

3. Из точки $A$ проводим дугу радиусом $l_{AB}$, затем из точки $O_1$ дугу радиусом $l_{O_1B} = l_{O_1C} + l_{CB}$. В точке пересечения ставим точку $B$. Прямая линия, соединяющая точки $A$ и $B$, определяет положение шатуна 2.

4. Из точки $C$, находящейся на средине коромысла 3, проводим дугу окружности радиусом $l_{DC}$ до пересечения её с продолжением линии $OO_1$. Точка пересечения $D$ определяет положение ползуна 5.

План механизма в масштабе 1: 4 показан на рис. 4.

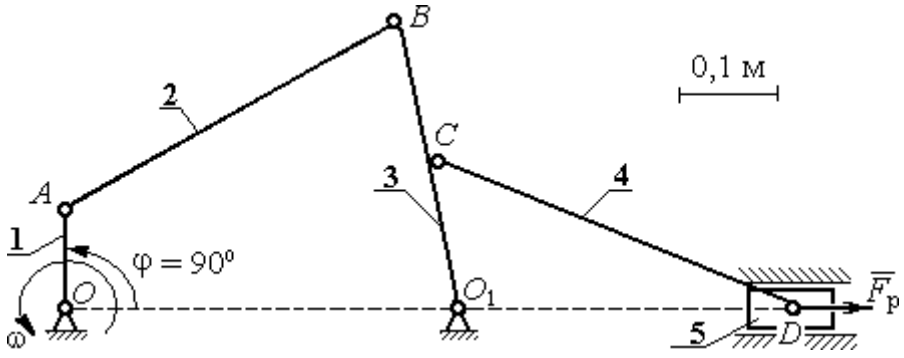



Рис. 4. План механизма в масштабе 1:4

## Построение плана скоростей механизма

Построение начинаем с определения модуля скорости точки *A* ведущего звена 1 – кривошипа.

Вычисляем угловую скорость кривошипа ω, рад/с, по заданной его частоте вращения *n*, об/мин: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 95{,}5}{30} = 10$ рад/с. Вычисляем модуль скорости точки *A* кривошипа: $V_A = \omega \cdot O_1A = 10 \cdot 0{,}1 = 1$ м/с. Длину вектора скорости $\vec{V}_A$ точки *A* на плане скоростей принимаем равной 100 мм. Вычисляем масштаб плана скоростей: $k_v = \frac{V_A}{100} = \frac{1}{100} = 0{,}01$ (мм/с)/м.

Точка *B* принадлежит как звену *AB* (шатун 2), совершающему плоскопараллельное движение, так и звену $O_1B$ (коромысло 3), вращающемуся вокруг неподвижного центра $O_1$ (см. рис. 4). Скорость точки *B* звена *AB*, равна векторной сумме скорости полюса, например точки *A*, и скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу. Тогда для определения скорости точки *B* имеем первое векторное равенство: $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$, где $\vec{V}_B$ – вектор скорости точки *B*; $\vec{V}_A$ – вектор скорости точки *A*, известный по величине и направлению; $\vec{V}_{BA}$ – вектор скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу *A*. Известно, что вектор скорости $\vec{V}_{BA}$ перпендикулярен линии *AB*.

С другой стороны, в силу того, что точка *B* принадлежит звену $O_1B$, вращающемуся вокруг неподвижного центра $O_1$, скорость точки *B* может быть найдена из второго векторного равенства $\vec{V}_B = \vec{V}_{BO_1}$, где $\vec{V}_{BO_1}$ – вектор скорости точки *B* при вращении звена $BO_1$ вокруг центра $O_1$. Вектор $\vec{V}_{BO_1}$ (и, следовательно, вектор $\vec{V}_B$) перпендикулярен линии $BO_1$.

Проведём построение векторов на плане скоростей (рис. 5). Выберем в качестве полюса плана скоростей точку $p_v$, которую изображаем на поле чертежа в удобном для построения месте. Изобразим вектор скорости $\vec{V}_A$, направив его из

точки $p_v$. При заданном положении кривошипа вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей горизонтален. Направление вектора $\vec{V}_A$ перпендикулярно кривошипу $O_1A$ в сторону его вращения. Длина вектора на чертеже устанавливается в соответствии с масштабным коэффициентом (100 мм). В конце построенного вектора поставим точку *a*. Таким образом, вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей изображается отрезком $p_v a$ (см. рис. 5).

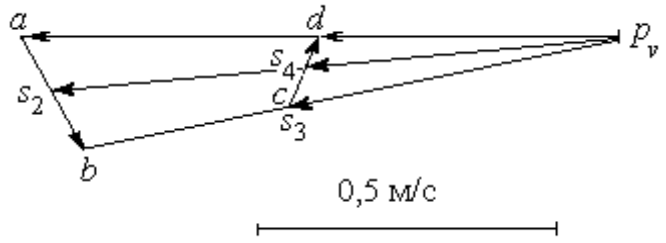



Рис. 5. План скоростей механизма для угла поворота кривошипа φ = 90°

Далее, из точки *a* направляем вектор $\vec{V}_{BA}$, перпендикулярно линии звена *AB*. Величина вектора $\vec{V}_{BA}$ неизвестна и потому вектор скорости $\vec{V}_B$ найти невозможно. Для того, чтобы его найти, построим вектор $\vec{V}_B$ в соответствии со вторым векторным уравнением. Из него следует, что величина и направление вектора $\vec{V}_B$ совпадает с величиной и направлением вектора $\vec{V}_{BO_1}$, который перпендикулярен линии звена $BO_1$. Проведём из полюса $p_v$ линию, перпендикулярную $BO_1$ до пересечения её с линией, вдоль которой направлен вектор $\vec{V}_{BA}$. Обозначим пересечение этих линий точкой *b*. Вектор, проведённый из полюса $p_v$ в точку *b*, равен вектору скорости $\vec{V}_B$. Модуль скорости точки *B* найдём измерив длину отрезка $p_v b$ на плане скоростей (в миллиметрах) и умножив её на масштабный коэффициент плана скоростей: $V_B = p_v b \cdot k_v = 92 \cdot 0{,}01 = 0{,}92$ м/с.

Скорость точки *B* во вращательном движении звена *AB* вокруг полюса *A* $V_{BA}$ найдём измерив длину отрезка *ab* на плане скоростей и умножив её на величину масштабного коэффициента $V_{BA} = ab \cdot k_v$.

Угловая скорость $\omega_2$ звена *AB* определяется как отношение $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{BA} = \frac{ab \cdot k_v}{BA} =$

$\frac{18 \cdot 0{,}01}{0{,}4} = 0{,}45$ рад/с.

Угловая скорость вращения коромысла $BO_1$: $\omega_3 = \frac{V_B}{BO_1} = \frac{0{,}92}{0{,}3} = 3{,}06$ рад/с.

Точка $C$ принадлежит коромыслу $BO_1$. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен линии $BO_1$ и по модулю равен: $V_C = \omega_3 \cdot CO_1 = 3{,}06 \cdot 0{,}15 = 0{,}46$ см/с.

Точке $C$ механизма, являющейся срединой коромысла $BO_1$, на плане скоростей соответствует точка $c$, лежащая на средине отрезка $p_v b$, изображающего скорость точки $B$ (так как скорость точки $C$ механизма направлена так же как скорость точки $B$, но по величине в два раза её меньше).

Величина и направление $\vec{V}_D$ скорости точки $D$ (ползуна 5) находится с учётом плоскопараллельного движения звена $CD$ на основании векторной формулы: $\vec{V}_D = \vec{V}_C + \vec{V}_{DC}$. По определению вектор $\vec{V}_{DC}$ скорости точки $D$ при вращении звена $CD$ вокруг полюса $C$ направлен перпендикулярно звену $CD$. Тогда на плане скоростей из точки $C$ проводим прямую, перпендикулярную линии $CD$, и так как точка $D$ (ползун 5) движется горизонтально из полюса $p_v$ проводим горизонтальную прямую, параллельную линии движения ползуна $OO_1$. Точка $d$ пересечения этих прямых на плане скоростей определяет конец вектора $\vec{V}_D$. Для того, чтобы найти модуль скорости, измерим расстояние $p_v d$ и умножим его на масштабный коэффициент скоростей. Получим $V_D = p_v d \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Угловая скорость звена 4 равна $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC}$. Модуль скорости точки $D$ $V_{DC}$ при вращении звена $CD$ вокруг полюса $C$ равен измеренному на плане скоростей расстоянию $dc$ и умноженному на масштабный коэффициент $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC} = \frac{dc \cdot k_v}{DC} =$

$\frac{8 \cdot 0{,}01}{0{,}5} = 0{,}16$ рад/с.

Найдём скорости центров масс звеньев механизма. Полагая, что центры масс звеньев механизма расположены в средине соответствующих отрезков, отметим

эти точки на плане скоростей. Для того, чтобы на плане скоростей найти скорость центра масс звена *AB* механизма, разделим пополам отрезок *ab*. Получим точку $s_2$. Скорость центра масс звена *AB* равна расстоянию $p_v s_2$, умноженному на масштабный коэффициент: $V_{S_2} = p_v s_2 \cdot k_v = 96 \cdot 0{,}01 = 0{,}96$ м/с.

Аналогично, разделив пополам отрезки $p_v b$, $cd$ на плане скоростей, получим точки $s_3$, $s_4$, которые определяют скорости центров масс, соответственно, звена 3 (коромысла) и звена 4 (шатуна). Измерив расстояния $p_v s_3$, $p_v s_4$ и умножив их на масштабный коэффициент, получим скорости центров масс: $V_{S_3} = p_v s_3 \cdot k_v = 46 \cdot 0{,}01 = 0{,}46$ м/с, $V_{S_4} = p_v s_4 \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Результаты расчётов скоростей центров масс звеньев механизма и угловых скоростей звеньев приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Абсолютные скорости центров масс и угловые скорости звеньев**

| Звено | *AB* | $BO_1$ | *CD* | Ползун |
|---|---|---|---|---|
| Обозначение скорости центра масс звена | $V_{S_2}$ | $V_{S_3}$ | $V_{S_4}$ | $V_D$ |
| Величина скорости, м/с | 0,96 | 0,46 | 0,44 | 0,44 |
| Обозначение угловой скорости звена | $\omega_2$ | $\omega_3$ | $\omega_4$ | – |
| Величина угловой скорости, рад/с | 0,45 | 3,06 | 0,16 | – |

## Построение плана ускорений механизма

Для определения значений линейных и угловых ускорений звеньев механизма построим план ускорений. Принимаем, что ведущее звено 1 движется с постоянной угловой скоростью. В этом случае касательное ускорение точки *A* равно нулю – $a_A^{\tau} = 0$, полное ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* совпадает с нормальным и потому направлено к оси вращения звена – точке $O_1$. По величине ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* будет: $a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot O_1 A = 10^2 \cdot 0{,}1 = 10$ м/с$^2$.

Перед началом построений выберем масштабный коэффициент. Примем

длину вектора ускорения точки $A$ на плане ускорений 100 мм, тогда масштабный коэффициент ускорения: $k_a = \frac{a_A}{100} = \frac{10}{100} = 0{,}1$ (м/с$^2$)/мм.

Чертёж плана ускорения начинаем с построения ускорения точки $A$.

Из некоторой точки $p_a$, называемой полюсом плана ускорений и взятой на чертеже в произвольном месте, направим вектор $\vec{a}_A$ вертикально вниз, что соответствует выбранному вертикальному положению кривошипа. С учётом масштабного коэффициента ускорений длина вектора ускорения точки $A$ на чертеже 100 мм. В конце вектора поставим стрелку и точку $a$ (рис. 6). Ускорение точки $B$ находим в соответствии с векторной формулой: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки $A$, выбранной за полюс; $\vec{a}^{\,n}_{BA}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $B$ во вращательном движении шатуна $AB$ относительно полюса $A$. Правило сложения векторов в векторной формуле определения ускорения точки $B$ на плане ускорений выглядит следующим образом. К концу вектора, изображающего на чертеже ускорение $\vec{a}_A$, присоединяем вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{\,n}_{BA}$, а к его концу – вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{\,\tau}_{BA}$. Тогда вектор, проведённый из начала первого вектора в конец последнего, представляет собой сумму векторов.

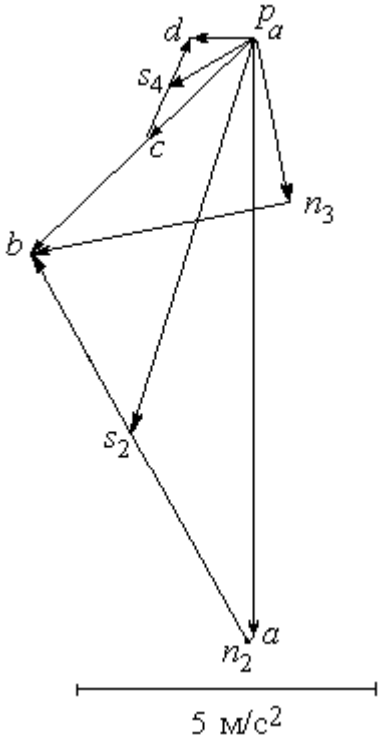


Рис. 6. План ускорений механизма для угла поворота кривошипа φ = 90º

Проведём необходимые построения для определения ускорения точки $B$. Ускорение $\vec{a}_A$ на чертеже изображается отрезком $p_a a$. Модуль вектора нормальной

составляющей ускорения точки $B$: $a^n_{BA} = \omega_2^2 \cdot AB = 0{,}45^2 \cdot 0{,}4 = 0{,}08$ м/с$^2$. На плане ускорений это будет отрезок длиной $\frac{a^n_{BA}}{k_a} = \frac{0{,}08}{0{,}1} = 0{,}8$ мм. Отложим на чертеже из точки $a$ отрезок длиной 0,8 мм вдоль линии, параллельной звену $AB$ механизма, в сторону, куда на плане механизма направлен вектор. В конце поставим точку $n_2$. Отрезок $an_2$ на плане ускорений изображает нормальную составляющую ускорения точки $B$ во вращательном движении шатуна $AB$ относительно полюса $A$. Здесь следует заметить, что расчётная величина отрезка $an_2$ настолько мала, что на чертеже показать его точно невозможно. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки $B$ $\vec{a}^n_{BA}$ и, следовательно, отрезок $an_2$ на плане ускорений равны нулю. На рис. 6 отрезок $an_2$ показан для того, чтобы сохранить правило последовательного построения суммы векторов.

Далее необходимо из конца отрезка $an_2$ провести линию, параллельную той, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{BA}$ – перпендикулярно линии звена $BA$ (то есть, перпендикулярно отрезку $an_2$). Однако вычислить ускорение точки $B$, пользуясь одним этим построением, невозможно, так как величина касательного ускорения $a^\tau_{BA}$ неизвестна. Воспользуемся тем, что точка $B$ принадлежит звену 3 – коромыслу, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра $O_1$. Следовательно, полное ускорение точки $B$ может быть представлено как сумма его нормального и касательного составляющих – $\vec{a}_B = \vec{a}^n_B + \vec{a}^\tau_B$, где величина нормальной составляющей ускорения равна $a^n_B = \omega_3^2 \cdot O_1B = 3{,}06^2 \cdot 0{,}3 = 2{,}84$ см/с$^2$, а направление – вдоль $BO_1$ от точки $B$ в сторону $O_1$. Относительно касательной составляющей $\vec{a}^\tau_B$ ускорения точки $B$ известно только, что она направлена перпендикулярно $BO_1$. Вычислим длину отрезка, изображающего на чертеже нормальную составляющую ускорения точки $B$, как отношение $\frac{a^n_B}{k_a} = \frac{2{,}84}{0{,}1} = 28{,}4$ мм и из полюса $p_a$ на чертеже отложим его

параллельно звену $BO_1$. В конце отрезка поставим точку $n_3$. В соответствии с правилом сложения векторов, из точки $n_3$ – конца отрезка $p_a n_3$, изображающего ускорение $\vec{a}_B^{\,n}$, проводим линию, перпендикулярную этому отрезку. Это линия перпендикулярна звену $BO_1$ и вдоль неё направлена касательная составляющая $\vec{a}_B^{\,\tau}$ ускорения точки *B*. Находим точку пересечения двух перпендикуляров – к отрезку $p_a n_3$ и к отрезку $an_2$ и обозначим её точкой *b*. Тогда отрезок, проведённый из полюса $p_a$ в точку *b*, изображает на плане ускорений полное ускорение $\vec{a}_B$ точки *B* механизма. Величину ускорения точки *B* найдём, измерив на чертеже длину отрезка $p_a b$ и умножив его на масштабный коэффициент: $a_B = p_a b \cdot k_a = 52 \cdot 0{,}1 = 5{,}2$ м/с$^2$.

Отрезок $n_3 b$ изображает на чертеже касательную составляющую ускорения $\vec{a}_B^{\,\tau}$ точки *B* . Измеряем длину отрезка $n_3 b$ ($n_3 b = 43$ мм), тогда угловое ускорение звена 3: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_B^{\tau}}{BO_1} = \dfrac{n_3 b \cdot k_a}{BO_1} = \dfrac{43 \cdot 0{,}1}{0{,}3} = 14{,}3$ рад/с$^2$. Угловое ускорение звена 2 находится аналогично. На чертеже измеряем отрезок $n_2 b$, который изображает ускорение $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ ($n_2 b = 74$ мм). Тогда угловое ускорение звена 2: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_{BA}^{\tau}}{BA} = \dfrac{n_2 b \cdot k_a}{BA} = \dfrac{74 \cdot 0{,}1}{0{,}4} = 18{,}5$ рад/с$^2$.

Точка *C* принадлежит звену 3, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра $O_1$. Направление ускорения точки *C* такое же как и у точки *B*, которое на плане ускорений показано отрезком $p_a b$. Так как точка *C* на плане механизма находится в средине звена $BO_1$, соответствующая ей точка *c* на плане ускорений находится на средине отрезка $p_a b$. Тогда отрезок $p_a c$ изображает ускорение точки *C*.

Ускорение точки *D* находим на основании векторной формулы $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}_{DC}^{\,n} + \vec{a}_{DC}^{\,\tau}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки *C*, выбранной за полюс; $\vec{a}_{DC}^{\,n}$, $\vec{a}_{DC}^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки *D* во вращательном движении шатуна *DC* относительно полюса *C*.

Проведём необходимые построения. Заметим сразу, что направление ускорения $\vec{a}_D$ точки *D* ползуна 5 известно. Ускорение направлено вдоль линии $OO_1$ на плане механизма. Это означает, что на плане ускорений ускорение точки *D* изображается горизонтальным отрезком, исходящим из центра $p_a$. Модуль вектора нормальной составляющей ускорения точки *D* $a^n_{DC} = \omega_4^2 \cdot DC = 0{,}16^2 \cdot 0{,}5 = 0{,}01$ м/с$^2$. На плане ускорений это будет отрезок, длиной $\frac{a^n_{DC}}{k_a} = \frac{0{,}01}{0{,}1} = 0{,}1$ мм. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки *D* $\vec{a}^n_{DC}$ и соответствующий ему отрезок на плане ускорений равны нулю. Тогда, исходя из векторной формулы сложения ускорений и с учётом нулевого вектора $\vec{a}^n_{DC}$, на плане ускорений из конца отрезка $p_a c$, изображающего вектор ускорения $\vec{a}_C$, необходимо провести линию, перпендикулярную звену *CD*, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{DC}$. Находим точку пересечения этой линии с горизонтальной прямой, проведённой из полюса ускорений, вдоль которой направлен вектор ускорения точки *D*. Обозначим точку пересечения *d*. Отрезок прямой $p_a d$ изображает на плане ускорений ускорение точки *D*. Замеряем длину отрезка $p_a d$ ($p_a d$ = 13 мм) и находим ускорение точки *D*: $a_D = p_a d \cdot k_a = 13 \cdot 0{,}1 = 1{,}3$ м/с$^2$.

Замеряем на плане ускорений длину отрезка *cd*, изображающего ускорение $\vec{a}^\tau_{DC}$ (*cd* = 18 мм), и находим угловое ускорение звена 4: $\varepsilon_4 = \frac{a^\tau_{DC}}{DC} = \frac{cd \cdot k_a}{DC} = \frac{18 \cdot 0{,}1}{0{,}5} = 3{,}6$ рад/с$^2$.

Определим ускорения центров масс звеньев механизма.

Разделим пополам отрезок *ab* на плане ускорений, обозначим середину отрезка точкой $s_2$ и соединим с полюсом $p_a$. Отрезок $p_a s_2$ изображает ускорение центра масс звена 2 – кривошипа *AB*. Длина отрезка $p_a s_2$ = 70 мм. Ускорение центра масс звена 2: $a_{S2} = p_a s_2 \cdot k_a = 70 \cdot 0{,}1 = 7$ м/с$^2$. Аналогично, точка $s_4$, лежащая на средине отрезка *cd*, изображает центр масс звена 4 шатуна *CD*. Ускорение центра

масс звена 4: $a_{S4} = p_a s_4 \cdot k_a = 18 \cdot 0{,}1 = 1{,}8$ м/с$^2$.

Все построения плана ускорений приведены на рис. 6.

Результаты вычислений ускорений центров масс звеньев, а также угловых ускорений звеньев механизма приводятся в табл. 6.

Таблица 6

**Ускорения центров масс звеньев механизма и угловые ускорения звеньев**

| Звено | $AB$ | $BO_1$ | $DC$ | Ползун |
|---|---|---|---|---|
| Обозначение ускорения центра масс звена | $a_{S_2}$ | $a_{S_3}$ | $a_{S_4}$ | $a_D$ |
| Величина ускорения, м/с$^2$ | 7 | 2,6 | 1,8 | 1,3 |
| Обозначение углового ускорения звена | $\varepsilon_2$ | $\varepsilon_3$ | $\varepsilon_4$ | – |
| Величина углового ускорения, рад/с$^2$ | 18,5 | 14,3 | 3,6 | – |

**Определение движущего момента, приведённого к валу кривошипа, по методу Н. Е. Жуковского**

Определим уравновешивающую силу, приведённую к крайней точке $A$ кривошипа.

Вычисляем силы тяжести звеньев.

$$G_2 = m_2 g = 40 \cdot 9{,}8 = 392 \text{ Н}, \quad G_3 = m_3 g = 30 \cdot 9{,}8 = 294 \text{ Н},$$

$$G_4 = m_4 g = 50 \cdot 9{,}8 = 490 \text{ Н}, \quad G_5 = m_5 g = 10 \cdot 9{,}8 = 98 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули сил инерции, действующих на механизм.

$$F_2^{\text{ин}} = m_2 a_{S2} = 40 \cdot 7 = 280 \text{ Н}, \quad F_3^{\text{ин}} = m_3 a_{S2} = 30 \cdot 2{,}6 = 78 \text{ Н},$$

$$F_4^{\text{ин}} = m_4 a_{S4} = 50 \cdot 1{,}8 = 90 \text{ Н}, \quad F_5^{\text{ин}} = m_5 a_D = 10 \cdot 1{,}3 = 13 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули моментов сил инерции.

$$M_2^{\text{ин}} = J_{S2} \varepsilon_2 = 2 \cdot 18{,}5 = 37 \text{ Н·м}, \quad M_3^{\text{ин}} = J_{S3} \varepsilon_3 = 1 \cdot 14{,}3 = 14{,}3 \text{ Н·м},$$

$$M_4^{\text{ин}} = J_{S4} \varepsilon_4 = 3 \cdot 3{,}6 = 10{,}8 \text{ Н·м}.$$

Построим «жёсткий рычаг» Жуковского. Изобразим план скоростей механизма, повернув его на 90º (рис. 3.7). Приложим в точках, изображающих на повернутом плане скоростей центры масс звеньев механизма, силы тяжести и силы инерции. Направление сил инерции противоположно направлению ускорений центров масс, показанных на плане ускорений. Моменты сил инерции, действующие на звенья механизма, раскладываем на две антипараллельные силы, приложенные к крайним точкам звена, перпендикулярно ему.

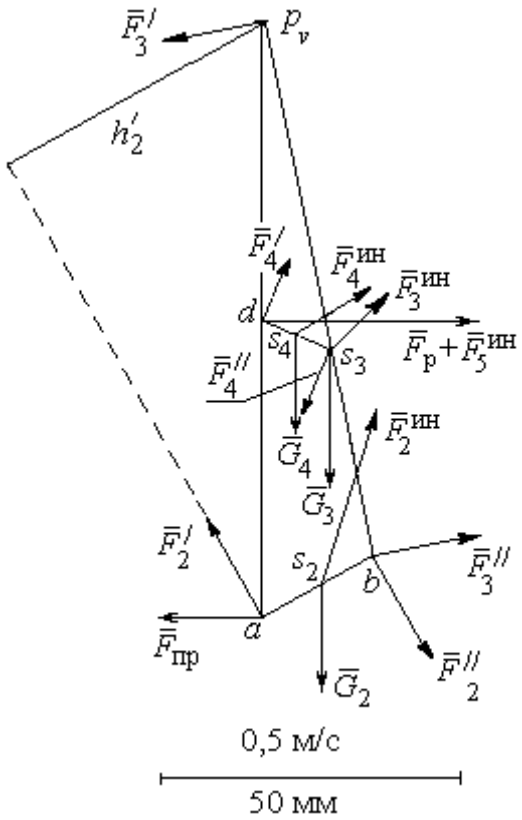



Рис. 3.7. «Жёсткий рычаг» Н. Е. Жуковского

$$F_2' = F_2'' = \frac{M_2^{ин}}{AB} = \frac{37}{0{,}4} = 92{,}5 \text{ Н},$$

$$F_3' = F_3'' = \frac{M_3^{ин}}{O_1B} = \frac{14{,}3}{0{,}3} = 48 \text{ Н},$$

$$F_4' = F_4'' = \frac{M_4^{ин}}{CD} = \frac{10{,}8}{0{,}5} = 21{,}6 \text{ Н}.$$

Заданное положение кривошипа осуществляется на рабочем ходу поршня. Сила полезного сопротивления $F_р$ направлена в сторону, противоположную движению поршня.

Рычаг Н. Е. Жуковского приведён на рис. 3.7. На рисунке отмечены силы тяжести и силы инерции звеньев, приложенные в точках плана скоростей $s_2$ – $s_4$, соответствующих положению центров масс этих звеньев. Показаны пары сил инерции $(\vec{F}_2', \vec{F}_2'')$, $(\vec{F}_3', \vec{F}_3'')$, $(\vec{F}_4', \vec{F}_4'')$, образующие главные моменты сил инерции $M_2^{ин}$, $M_3^{ин}$, $M_4^{ин}$, приложенные ко 2, 3 и 4 звеньям.

Применение «рычага Жуковского» для определения приведённой силы заключается в составлении уравнения равновесия в форме равенства нулю суммы моментов заданных сил относительно полюса $p_v$:

$$-F_{пр} \cdot h_{пр} - F_2' \cdot h_2' + F_2'' \cdot h_2'' - G_2 \cdot h_{G2} + F_2^{ин} \cdot h_2 + F_3'' \cdot h_3'' - F_4' \cdot h_4' + F_4'' \cdot h_4'' -$$

$$-G_4 \cdot h_{G4} - G_3 \cdot h_{G3} + (F_{\text{р}} + F_5^{\text{ин}})h_5 + F_4^{\text{ин}} \cdot h_4 + F_3^{\text{ин}} \cdot h_3 = 0.$$

При вычислении моментов сил плечи сил определяются графически с учётом масштабного коэффициента плана скоростей. Так при вычислении момента приведённой силы относительно полюса $p_v$ плечом $h_{\text{пр}}$ силы $\vec{F}_{\text{пр}}$ на плане рычага Жуковского является отрезок $p_v a$, равный, согласно масштабному коэффициенту плана скоростей, 100 мм. Тогда $h_{\text{пр}} = p_v a = 100$ мм.

На рис. 3.7, в качестве примера, показан способ вычисления плеча $h_2'$ силы $\vec{F}_2'$ – как кратчайшее расстояние от полюса $p_v$ до линии действия силы $\vec{F}_2'$. Измерив это расстояние, найдём $h_2' = 52$ мм. Аналогичным образом в уравнении равновесия вычисляются плечи остальных сил.

В результате получим равенство

$$F_{\text{пр}} \cdot 100 = -92{,}5 \cdot 52 + 92{,}5 \cdot 21 - 392 \cdot 6 + 280 \cdot 31 + 48 \cdot 92 - 21{,}6 \cdot 23 + 21{,}6 \cdot 33 -$$

$$-490 \cdot 3 - 294 \cdot 7 + (16045 + 13)44 + 90 \cdot 42 + 78 \cdot 36.$$

Откуда $F_{\text{пр}}$ =7177 Н. Величина движущего момента, приведенного к валу кривошипа, находится из формулы: $M_{\text{дв}} = F_{\text{пр}} \cdot O_1 A$ = 7177·0,1 = 717,7 Н·м.

Найденный движущий момент является исходной величиной для конструирования ведомого вала кривошипа.

## 2. Конструирование вала редуктора
## Предварительный расчет зубчатой передачи

Крутящий момент на валу $T_2 = M_{\text{дв}} = 717{,}7$ Н·м.

Твердость материала колеса по Бринеллю (приближённо)

$$HB = 0{,}285\sigma_{\text{в}} = 0{,}285 \cdot 640 = 182{,}4 \text{ МПа}.$$

Предел контактной выносливости при базовом числе циклов

$$\sigma_{H\,\text{lim}} = 2\,HB + 70 = 2 \cdot 182{,}4 + 70 = 434{,}8 \text{ МПа}.$$

При долговременной передаче принимаем:

– коэффициент долговечности $K_{HL} = 1{,}4$,

– коэффициент безопасности $S_H = 1{,}15$.

Допустимое контактное напряжение в зацеплении колеса

$$\sigma_{H\,adm} = \frac{\sigma_{H\,\lim}}{S_H} K_{HL} = \frac{434{,}8}{1{,}15} \cdot 1{,}4 = 529{,}3 \text{ МПа}.$$

Выберем средние значения коэффициента неравномерности нагрузки на венец зубчатого колеса $K_{H\beta}$ и коэффициента ширины колеса относительно межосевого расстояния $\psi_{ba}$. При симметричном расположении колеса принимаем:

$$K_{H\beta} = 1{,}1; \quad \psi_{ba} = 0{,}4.$$

Межосевое расстояние передачи

$$a_w = K_a (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{\psi_{ba} u^2 \sigma^2_{H\,adm}}} = 495(5+1) \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 1{,}1}{0{,}4 \cdot 5^2 \cdot 529{,}3^2}} = 194{,}7 \text{ мм}.$$

Округляем расчётное межосевое расстояние до ближайшего большего значения из ряда межосевых расстояний. Принимаем $a_w = 200$ мм.

Делительный диаметр колеса

$$d_2 = \frac{2a_w u}{u+1} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 5}{5+1} = 333{,}3 \text{ мм}.$$

Ширина ступицы колеса и длина распорной втулки

$$b = \psi_{ba} a_w = 0{,}4 \cdot 200 = 80 \text{ мм}, \quad l_р = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Полученные расчетные результаты ширины ступицы колеса $b$ и длины распорной втулки $l_р$ не требуют округления, так как совпадают со значениями ряда номинальных линейных размеров *R*-40.

Принимаем $b = 80$ мм, $l_р = 12$ мм.

## Конструирование вала

Примем допустимое касательное напряжение кручения вала $\tau_{к\,adm} = 20$ МПа.

Диаметр консольной части вала

$$d_{к} = \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0{,}2\tau_{к\,adm}}} = \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 20}} = 56{,}4 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра консольной части вала округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{к} = 60$ мм.

Длина консольной части вала пропорциональна его диаметру: $l_{к} = (1{,}5 \div 2{,}5)d_{к}$. Выбираем

$$l_{к} = 2d_{к} = 2 \cdot 60 = 120 \text{ мм}.$$

Результат расчёта не требует округления, так как является одним из значений ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_{к} = 120$ мм.

При диаметре консольной части вала$d_{к} = 60$ мм высота ступени $t = 3$ мм (приложение, табл. П2). Диаметр вала под подшипник

$$d_{п} = d_{к} + 2t = 60 + 2 \cdot 3 = 66 \text{ мм}.$$

Результат округляем до ближайшего большего числа, кратного 5.

Принимаем $d_{п} = 70$ мм.

Длина ступени вала в месте посадки подшипника пропорциональна диаметру этого участка вала. Выберем минимальный из заданных значений коэффициент пропорциональности. Длина ступеньки вала в месте посадки подшипника

$$l_{п} = 1{,}25d_{п} = 1{,}25 \cdot 70 = 87{,}5 \text{ мм}.$$

Расчётное значение длины ступеньки вала в месте посадки подшипника округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_{п} = 90$ мм.

При диаметре вала под подшипник $d_{п} = 70$ мм координата фаски подшипника $r = 3{,}5$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр вала под колесом

$$d_{кол} = d_{п} + 3{,}2r = 70 + 3{,}2 \cdot 3{,}5 = 81{,}2 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра вала под колесом округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{кол} = 85$ мм.

При диаметре вала под колесом $d_{кол} = 85$ мм фаска ступицы колеса $f = 3$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр упорного буртика

$$d_{бур} = d_{кол} + 3f = 85 + 3 \cdot 3 = 94 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра буртика округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{бур} = 95$ мм.

Длина упорного буртика при симметричном расположении колеса относительно опор вала – подшипников

$$l_{бур} = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Принимаем без округления $l_{бур} = 12$ мм.

При диаметре вала в месте посадки подшипника $d_{\text{п}} = 70$ мм ширина подшипника $B = 24$ мм (см. табл. 5).

При переходе от консольной части вала к участку вала под подшипником диаметры участков $d_{\text{к}} = 60$ мм, $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Величина ступеньки $t = 0{,}5(d_{\text{п}} - d_{\text{к}}) = 0{,}5(70 - 60) = 5$ мм.

Радиус галтели ступеньки вала пропорционален высоте ступеньки. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6t = 0{,}6 \cdot 5 = 3 \text{ мм}.$$

В месте установки распорной втулки при переходе от участка вала под левым подшипником к участку под колесом на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски распорной втулки, равной координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

При переходе от участка вала под колесом к буртику, где происходит упор ступицы колеса в буртик, на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален величине фаски ступицы колеса. Радиус галтели

$$R = 0{,}7f = 0{,}7 \cdot 3 = 2{,}1 \text{мм}.$$

Принимаем $R = 2$ мм.

В месте установки правого подшипника при переходе от буртика к участку вала под подшипником на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

### Проверка прочности шпоночного соединения

Диаметр консольной части вала $d_к = 60$ мм, длина $l_к = 120$ мм.

Выбираем размеры призматической шпонки в консольной части вала: ширина $b_ш = 18$ мм; высота $h_ш = 11$ мм; длина $l_ш = 80$ мм; глубина паза в вале $t_1 = 7$ мм (табл. П1).

Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 80 - 18 = 62$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_к (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{62 \cdot 60(11-7)} = 96{,}5 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

При выборе шпонки под колесом, где диаметр вала $d_{кол} = 85$ мм, ширина ступицы колеса $b = 80$ мм, принимаем по табл. П1 ширину шпонки $b_ш = 22$ мм; высоту $h_ш = 14$ мм; длину $l_ш = 63$ мм; глубину паза в вале $t_1 = 9$ мм. Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 63 - 22 = 41$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_{кол} (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{41 \cdot 85(14-9)} = 82{,}4 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

## 3. Проверочный расчёт вала редуктора

### Расчетная схема вала. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов

Схематическое изображение вала и действующей на него нагрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях приведено на рис. 8, *т*. Показаны предположительно опасные сечения вала: *А*, *Б* – сечения на участках вала, ослабленных вырезом под шпонку; *В*, *Г*, *Д* – сечения по ступенькам вала.

Рассмотрим силовую нагрузку вала при симметричном расположении колеса.

Консольная сила от муфты $F_{\text{м}}=125\sqrt{T_2}=125\sqrt{717,7}=3348,7$ Н.

Силы в зацеплении зубчатой передачи:

– окружная сила $F_t=\dfrac{2T_2\cdot10^3}{d_2}=\dfrac{2\cdot717,7\cdot10^3}{333,3}=4306,6$ Н,

– радиальная сила $F_r=F_t\text{tg}20^\circ=4306,6\cdot0,364=1567,6$ Н.

Для построения эпюр изгибающих моментов вычислим расстояния между точками приложения сил, отнесенных к оси вала

$$l_{\text{опор}}=l_{\text{к}}+l_{\text{п}}-(l_{\text{р}}+0,5B)=120+90-(12+0,5\cdot24)=186 \text{ мм},$$

$$a=0,5b+l_{\text{р}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм},$$

$$c=0,5b+l_{\text{бур}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм}.$$

**Эпюра изгибающих моментов $M_x$ в вертикальной плоскости**

Условия равновесия вала в вертикальной плоскости (рис. 8, *n*):

$$F_r c-R_{1y}(a+c)=0,\quad -F_r a+R_{2y}(a+c)=0.$$

Находим реакции опор подшипников в вертикальной плоскости:

$$R_{1y}=\frac{F_r c}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н},\quad R_{2y}=\frac{F_r a}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н}.$$

Проверка: $R_{1y}-F_r+R_{2y}=783,8-1567,6+783,8=0.$

На 1-м участке вала $0\le z_1\le l_{\text{опор}}$, $M_{1x}=0.$

Изгибающие моменты в сечении вала *A*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, и в сечении *B*, где имеется ступенька вала при переходе от консольной части к участку вала под подшипник, равны нулю: $M_{xA}=M_{xB}=0.$

На 2-м участке вала $0\le z_2\le a$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{2x}=R_{1y}z_2$$

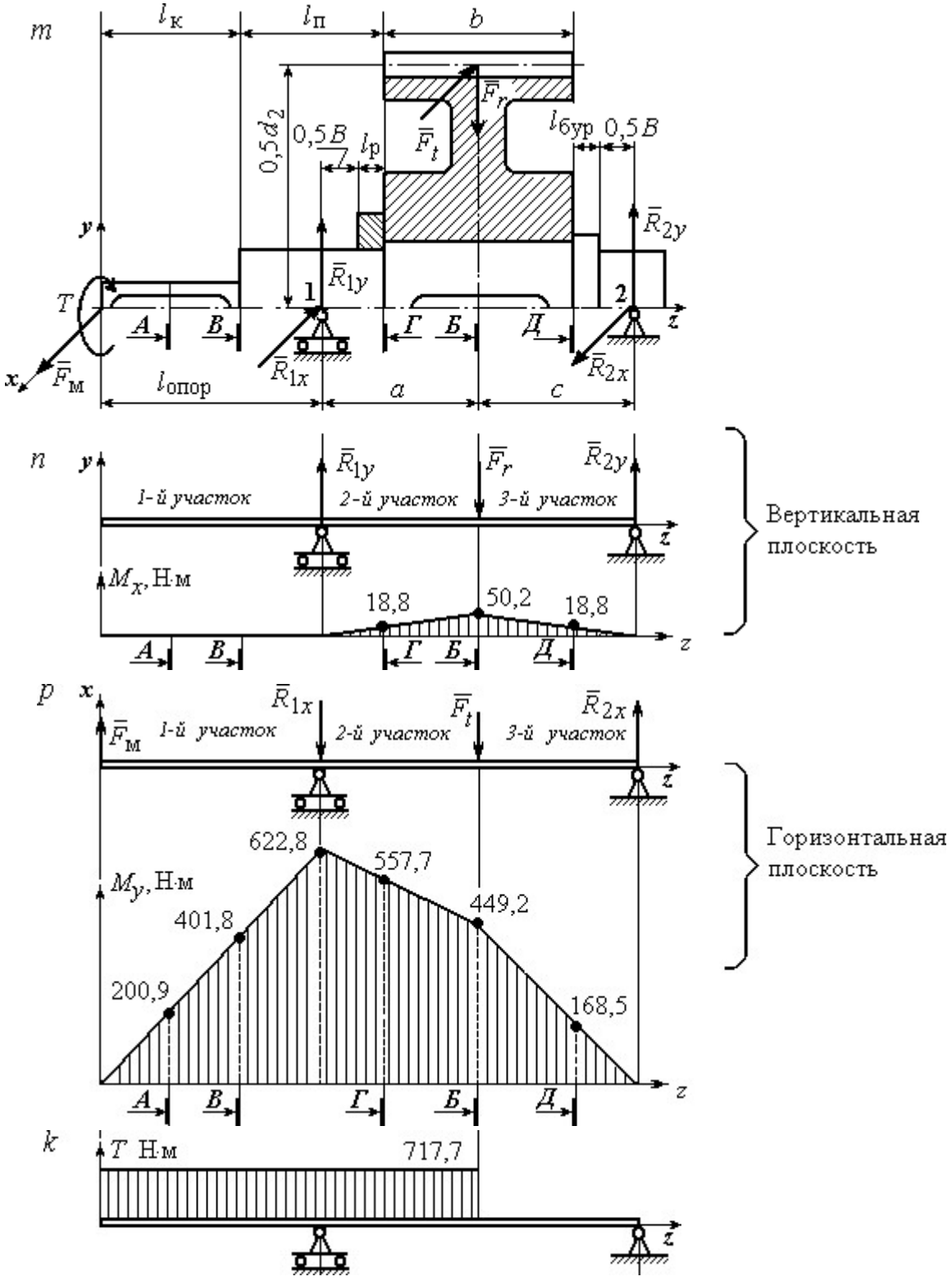



Рис. 8. Расчётная схема вала:
*m* – нагрузка вала; *n* – проекция нагрузки на вертикальную плоскость
и эпюра изгибающих моментов $M_x$; *p* – проекция нагрузки
на горизонтальную плоскость и эпюра изгибающих моментов $M_y$; *k* – эпюра крутящих моментов

В начале участка $z_2 = 0$, $M_{2x} = 0$. В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2x} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2 \text{ Н·м.}$$

Изгибающий момент в сечении *Г*, где у вала ступенька перехода от диаметра под подшипник к диаметру под колесо, при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{xГ} = R_{1y}(a - 0{,}5b) = 783{,}8 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м.}$$

Изгибающий момент в сечении *Б*, где вал ослаблен шпоночным вырезом под колесом, при $z_{2Б} = a = 64$ мм $M_{xБ} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3x} = R_{1y}(z_3 + a) - F_r z_3.$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$, $M_{3x} = 50{,}2$ Н·м. В конце участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м, $M_{3x} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д*, где у вала ступенька при переходе от участка под колесом к буртику, при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{xД} = R_{1y}(0{,}5b + a) - F_r 0{,}5b =$$

$$= 783{,}8(40 + 64)10^{-3} - 1567{,}6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м.}$$

Вид эпюры изгибающих моментов в вертикальной плоскости $M_x$ показан на рис. 8, *п*.

## Эпюра изгибающих моментов $M_y$ в горизонтальной плоскости

Условия равновесия вала в горизонтальной плоскости (рис. 8, *р*):

$$-F_м(l_{опор} + a + c) + F_t c + R_{1x}(a + c) = 0, \quad -F_м l_{опор} - F_t a + R_{2x}(a + c) = 0.$$

Реакции опор подшипников в горизонтальной плоскости

$$R_{1x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м(l_{опор} + a + c) - F_t c\right] =$$

$$= \frac{1}{(64 + 64)}\left[3348{,}7(186 + 64 + 64) - 4306{,}6 \cdot 64\right] = 6061{,}5 \text{ Н,}$$

$$R_{2x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м l_{опор} + F_t a\right] =$$

$$= \frac{1}{(64+64)}\left[3348{,}7 \cdot 186 + 4306{,}6 \cdot 64\right] = 7019{,}4 \text{ Н}.$$

Проверка: $F_{\text{м}} - R_{1x} - F_t + R_{2x} = 3348{,}7 - 6061{,}5 - 4306{,}6 + 7019{,}4 = 0.$

На 1-м участке вала $0 \le z_1 \le l_{\text{опор}}$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{1y} = F_{\text{м}} z_1.$$

В начале 1-го участка при $z_1 = 0$, $M_{1y} = 0$.

В конце участка при $z_1 = l_{\text{опор}}$

$$M_{1y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8 \text{ Н·м}.$$

Положим координату сечения вала *А*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, $z_{1A} = 0{,}5 l_{\text{к}} = 60$ мм. Изгибающий момент в сечении *А*

$$M_{yA} = F_{\text{м}} 0{,}5 l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 200{,}9 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *В* при $z_{1B} = l_{\text{к}} = 120$ мм

$$M_{yB} = F_{\text{м}} l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 401{,}8 \text{ Н·м}.$$

На 2-м участке вала $0 \le z_2 \le a$. Эпюра моментов

$$M_{2y} = F_{\text{м}} (l_{\text{опор}} + z_2) - R_{1x} z_2.$$

В начале участка при $z_2 = 0$, $M_{2y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8$ Н·м.

В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2y} = F_{\text{м}} (l_{\text{опор}} + a) - R_{1x} a =$$

$$= 3348{,}7(186+64)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Г* при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{yГ} = F_{\text{м}} \left(l_{\text{опор}} + a - 0{,}5b\right) - R_{1x} \left(a - 0{,}5b\right) =$$

$$= 3348{,}7\left(186 + 24\right)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 557{,}7 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Б* при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ равен изгибающему моменту в конце 2-го участка $M_{yБ} = 449{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3y} = F_{\text{м}} (l_{\text{опор}} + a + z_3) - R_{1x} (z_3 + a) - F_t z_3.$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$

$$M_{3y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a) - R_{1x}a = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

В конце 3-го участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м $M_{3y} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д* при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{yД} = F_{\text{м}}\left(l_{\text{опор}} + a + 0{,}5b\right) - R_{1x}\left(a + 0{,}5b\right) - F_t\, 0{,}5b =$$

$$= \left[3348{,}7\left(186 + 64 + 40\right) - 6061{,}5\left(64 + 40\right) - 4306{,}6 \cdot 40\right]10^{-3} = 168{,}5 \text{ Н·м}.$$

Эпюра изгибающих моментов в горизонтальной плоскости приведена на рис. 8, *p*.

Эпюра крутящих моментов показана на рис 8, *k*.

## Проверочный расчёт вала

Результаты расчётов изгибающих моментов в потенциально опасных сечениях показаны на рис. 8, *n*, *p* и приведены в табл. 7.

Среди сечений, ослабленных шпоночным пазом (сечение *А*, *Б*), наиболее опасным является сечение *Б* вала под колесом. Суммарный изгибающий момент в этом сечении $M_{\text{сум}\,Б} = 452$ Н·м.

Среди сечений в местах ступенчатого перехода вала (сечения *В*, *Г* и *Д*) наиболее опасным является сечение *Г* – ступенька вала при переходе от диаметра вала под подшипник к диаметру под колесо. В этом сечении суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}\,Г} = 558$ Н·м.

Таким образом, проверку вала на усталостную прочность необходимо проводить в двух наиболее опасных сечениях – *Г* и *Б*.

Таблица 7

**Изгибающие моменты в потенциально опасных сечениях вала при расчётах на сопротивление усталости**

| Параметр | Виды опасных сечений | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом | | сечения в местах ступенчатого перехода вала | | |
| Сечение на валу | *А* | *Б* | *В* | *Г* | *Д* |
| Изгибающий момент в вертикальной плоскости $M_x$, Н·м | 0 | 50,2 | 0 | 18,8 | 18,8 |
| Изгибающий момент в горизонтальной плоскости $M_y$, Н·м | 200,9 | 449,2 | 401,8 | 557,7 | 168,5 |
| Суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}}$, Н·м | 200,9 | 452,0 | 401,8 | 558,0 | 169,5 |

**Сечение Г.** При расчёте момента сопротивления сечения выбирается меньший из диаметров – диаметр вала под подшипник $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{\text{и}Г} = 0{,}1 d_{\text{п}}^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{aГ} = \frac{M_{\text{сум}\,Г} 10^3}{W_{\text{и}Г}} = \frac{558 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 16{,}3 \text{ МПа}.$$

В сечении *Г* отношение радиуса галтели к диаметру $\frac{R}{d_{\text{п}}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$.

Коэффициент концентрации напряжений изгиба в сечении *Г*: $K_\sigma = 2$ (рис. П2, приложение).

Для материала вала с пределом прочности $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа при чистовой обработке поверхности коэффициент качества обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

При расчётном диаметре сечения $d_{\text{п}} = 70$ мм масштабный фактор для напряжений изгиба $\varepsilon_\sigma = 0{,}77$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа $\psi_\sigma = 0{,}05$ (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mГ} = 0$.

Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба

$$\sigma_{-1} = 0{,}43\sigma_{в} = 0{,}43 \cdot 640 = 275{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Г*

$$n_{\sigma Г} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta\varepsilon_\sigma}\sigma_{aГ} + \psi_\sigma \sigma_{mГ}} = \frac{275{,}2}{\frac{2}{0{,}83 \cdot 0{,}77}16{,}3} = 5{,}4.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений пропорционален пределу прочности материала вала. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности

$$\tau_{-1} = 0{,}25\sigma_{в} = 0{,}25 \cdot 640 = 160 \text{ МПа}.$$

Полярный момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{pГ} = 0{,}2d_{п}^3 = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aГ} = \tau_{mГ} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pГ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 68{,}6 \cdot 10^3} = 5{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений в сечении *Г* при отношении радиуса галтели к диаметру вала $\frac{R}{d_{п}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$, $K_\tau = 1{,}49$ (рис. П2, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений при диаметре сечения $d_{п} = 70$ мм $\varepsilon_\tau = 0{,}65$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_{в} = 640$ МПа $\psi_\tau = 0$ (табл. П3, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Г*

$$n_{\tau Г} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aГ} + \psi_\tau \tau_{mГ}} = \frac{160}{\frac{1{,}49}{0{,}83 \cdot 0{,}65}5{,}2} = 11{,}1.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Г*

$$n_Г = \frac{n_{\sigma Г} n_{\tau Г}}{\sqrt{n_{\sigma Г}^2 + n_{\tau Г}^2}} = \frac{5{,}4 \cdot 11{,}1}{\sqrt{5{,}4^2 + 11{,}1^2}} = 4{,}8 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Г* вал удовлетворяет условию прочности.

**Сечение Б.** Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба $\sigma_{-1} = 275{,}2$ МПа.

Момент сопротивления сечения *Б* при изгибе с учетом шпоночного паза

$$W_{иБ} = 0{,}1 d_{кол}^3 - \frac{b_ш t_1 (d_{кол} - t_1)^2}{2 d_{кол}} = 0{,}1 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 54{,}7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{аБ} = \frac{M_{сум\,Б} 10^3}{W_{иБ}} = \frac{452 \cdot 10^3}{54{,}7 \cdot 10^3} = 8{,}3 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации напряжений изгиба для сечения *Б*, ослабленного шпоночным пазом, $\sigma_в = 640$ МПа, $K_\sigma = 1{,}85$ (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для напряжений изгиба вала при $d_{кол} = 85$ мм $\varepsilon_\sigma = 0{,}72$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_в = 640$ МПа $\psi_\sigma = 0{,}05$ (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mБ} = 0$.

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Б*

$$n_{\sigma Б} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta \varepsilon_\sigma} \sigma_{аБ} + \psi_\sigma \sigma_{mБ}} = \frac{275{,}2}{\frac{1{,}85}{0{,}83 \cdot 0{,}72} 8{,}3} = 10{,}7.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений $\tau_{-1} = 160$ МПа.

Полярный момент сопротивления сечения *Б* с учетом шпоночного паза

$$W_{рБ} = 0{,}2 d_{кол}^3 - \frac{b_ш t_1 (d_{кол} - t_1)^2}{2 d_{кол}} = 0{,}2 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 116{,}1 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aБ} = \tau_m = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pБ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 116{,}2 \cdot 10^3} = 3{,}1 \text{ МПа.}$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений для сечения *Б* при $\sigma_в$ = 640 МПа $K_\tau$ = 1,6 (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала при $\sigma_в$ = 640 МПа $\beta$ = 0,83 (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений вала при $d_{кол}$ = 85 мм $\varepsilon_\tau$ = 0,62 (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_в$ = 640 МПа $\psi_\tau$ = 0 (табл. П4, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Б*

$$n_{\tau Б} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aБ} + \psi_\tau \tau_{mБ}} = \frac{160}{\frac{1{,}6}{0{,}83 \cdot 0{,}62}3{,}1} = 16{,}6.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Б*

$$n_Б = \frac{n_{\sigma Б} n_{\tau Б}}{\sqrt{n_{\sigma Б}^2 + n_{\tau Б}^2}} = \frac{10{,}7 \cdot 16{,}6}{\sqrt{10{,}7^2 + 16{,}6^2}} = 8{,}9 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Б* вал удовлетворяет условию прочности.

## Расчёт на статическую прочность

При расчёте на статическую прочность опасное сечение вала проходит через средину подшипника 1. В этом сечении суммарный изгибающий момент максимальный, равный $M_{сум1}$ = 622,8 Н·м.

Диаметр сечения $d_п$ = 70 мм. Вал сплошной. Осевой и полярный моменты сопротивления сечения при изгибе и кручении

$$W_{и1} = 0{,}1 d_п^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3, \quad W_{p1} = 0{,}2 d_п^3 = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Напряжения изгиба и кручения в опасном сечении

$$\sigma_{и1} = \frac{M_{сум1} \cdot 10^3}{W_{и1}} = \frac{622{,}8 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 18{,}2 \text{ МПа,}$$

$$\tau_{к1} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{W_{p1}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{68{,}6 \cdot 10^3} = 10{,}5 \text{ МПа}.$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_{и1}^2 + 3\tau_{к1}^2} = \sqrt{18{,}2^2 + 3 \cdot 10{,}5^2} = 25{,}7 \text{ МПа}.$$

Коэффициент перегрузки $k = 2$. Предел текучести материала вала

$\sigma_т = 380$ МПа.

Запас статической прочности

$$n_т = \frac{\sigma_т}{k\sigma_{экв}} = \frac{380}{2 \cdot 25{,}7} = 6{,}2 > n_{т\,adm} = 1{,}2 \div 1{,}8.$$

Результаты проверочного расчёта вала на прочность приведены в табл. 8.

Эскизный чертёж вала дан на рис. 9.

Таблица 8

**Результаты расчета вала на прочность**

| Параметр | Виды расчётов | | |
|---|---|---|---|
| | сопротивление усталости | | статическая прочность |
| | сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом | сечения в местах ступенчатого перехода вала | сечение, где суммарный изгибающий момент максимальный |
| Наиболее опасное сечение вала | *Б* | *Г* | средина опоры 1 |
| Суммарный изгибающий момент $M_{сум}$, Н·м | 452 | 558 | 622,8 |
| Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу, $n_\sigma$ | 10,7 | 5,4 | – |
| Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению, $n_\tau$ | 16,6 | 11,1 | – |
| Общий коэффициент запаса сопротивления усталости, $n$ | 8,9 | 4,8 | – |
| Коэффициент запаса статической прочности | – | – | 6,2 |

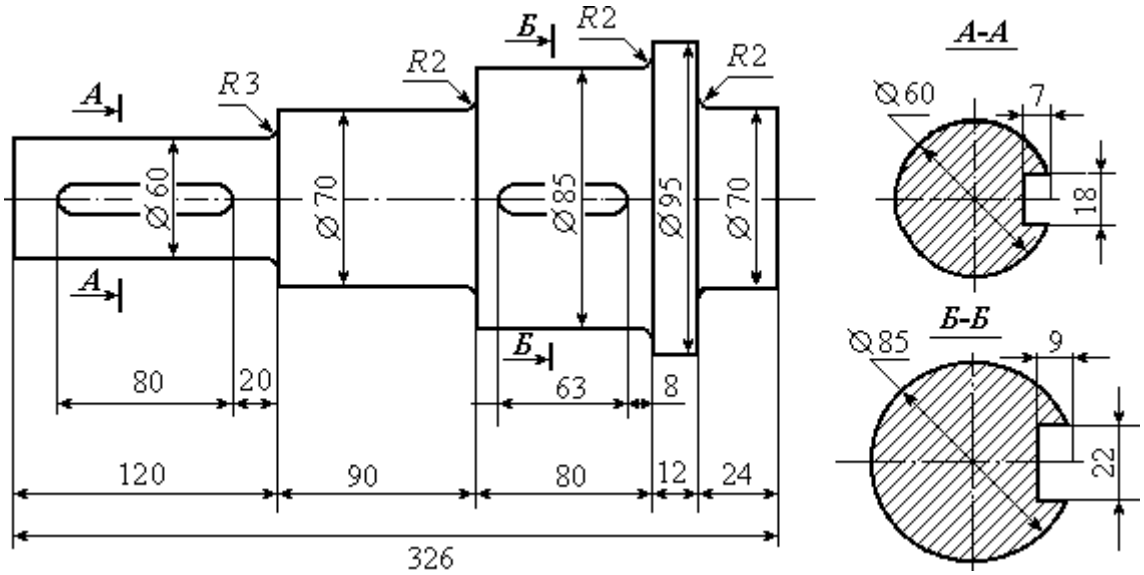
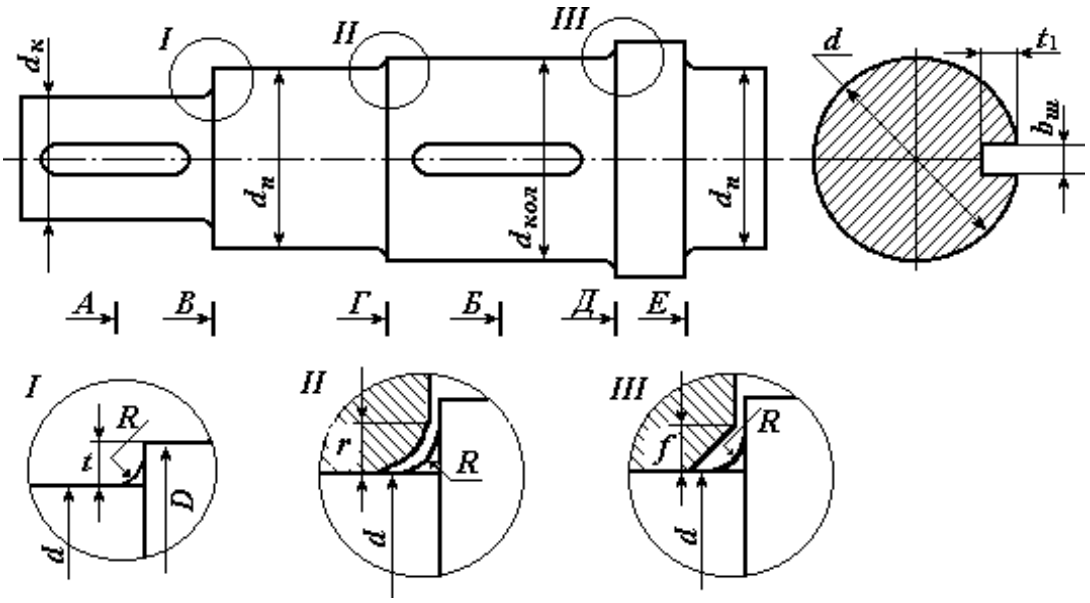



Рис. 9. Эскизный чертёж вала

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Рис. П1.







Элементы конструкций вала:
*R* – радиус галтели; *t* – высота ступеньки; *r* – координата фаски подшипника;
*f* – величина фаски ступицы

Таблица П1

**Шпонки призматические (ГОСТ 23360-78)**

| Диаметр вала, мм | Сечение шпонки, мм | | | Глубина паза, мм | Диаметр вала, мм | Сечение шпонки, мм | | | Глубина паза, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *d* | $b_ш$ | $h_ш$ | $l_ш$ | $t_1$ | *d* | $b_ш$ | $h_ш$ | $l_ш$ | $t_1$ |
| 17÷22 | 6 | 6 | 14÷70 | 3,5 | 58 ÷ 65 | 18 | 11 | 50÷200 | 7 |
| 22÷30 | 8 | 7 | 18÷90 | 4 | 65 ÷75 | 20 | 12 | 56÷220 | 7,5 |
| 30 ÷ 38 | 10 | 8 | 22÷110 | 5 | 75 ÷85 | 22 | 14 | 63÷250 | 9 |
| 38 ÷ 44 | 12 | 8 | 28÷140 | 5 | 85 ÷95 | 25 | 14 | 70÷280 | 9 |
| 44 ÷ 50 | 14 | 9 | 36÷160 | 5,5 | 95 ÷110 | 28 | 16 | | 10 |
| 50 ÷ 58 | 16 | 10 | 45÷180 | 6 | 110÷130 | 32 | 18 | | 11 |

*Примечание.* Длина шпонки $l_ш$ (мм) выбирается из стандартного ряда длин: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125

Таблица П2

**Значения высоты *t* ступеньки вала, координаты *r* фаски подшипника и величины *f* фаски ступицы колеса в зависимости от диаметра *d* вала, мм**

| $d$ | 17–24 | 25–30 | 32–40 | 42–50 | 52–60 | 63–70 | 75–85 | 85–95 | 95–105 | 105–115 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 3 | 3,3 | 3,5 | 3,8 | 4 | 4 |
| $r$ | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 3 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4 | 4 |
| $f$ | 1 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2 | 2 | 2,2 | 2,6 | 2,6 |

Таблица П3

**Эффективные коэффициенты концентрации напряжений для сечений валов, ослабленных шпоночными пазами**

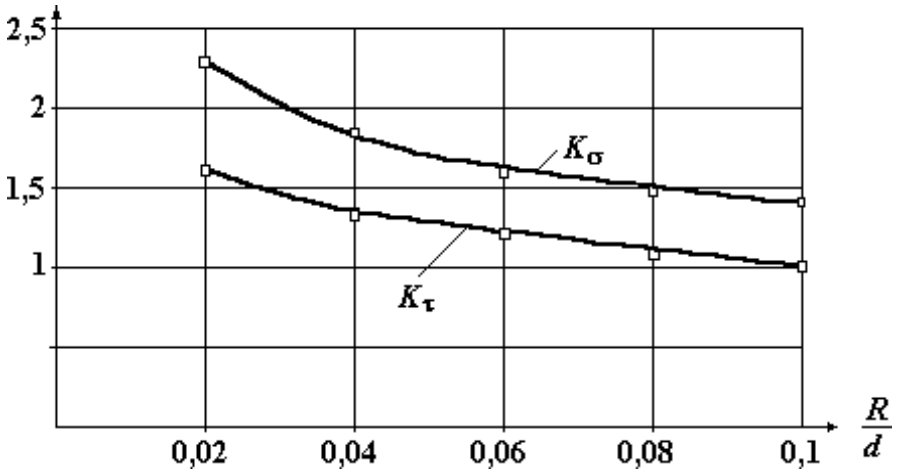
| $\sigma_в$, МПа | 500 | 700 | 900 |
|---|---|---|---|
| $K_\sigma$ | 1,6 | 1,9 | 2,15 |
| $K_\tau$ | 1,4 | 1,7 | 2,05 |

Таблица П4

**Коэффициенты чувствительности асимметрии цикла**

| $\sigma_в$, МПа | 350 – 520 | 520 – 720 | 720 – 1000 | 1000 – 1200 |
|---|---|---|---|---|
| $\psi_\sigma$ | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,2 |
| $\psi_\tau$ | 0 | 0 | 0,05 | 0,1 |

Рис. П2. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений $K_\sigma$ и $K_\tau$ в зависимости от отношения радиуса галтели к диаметру вала



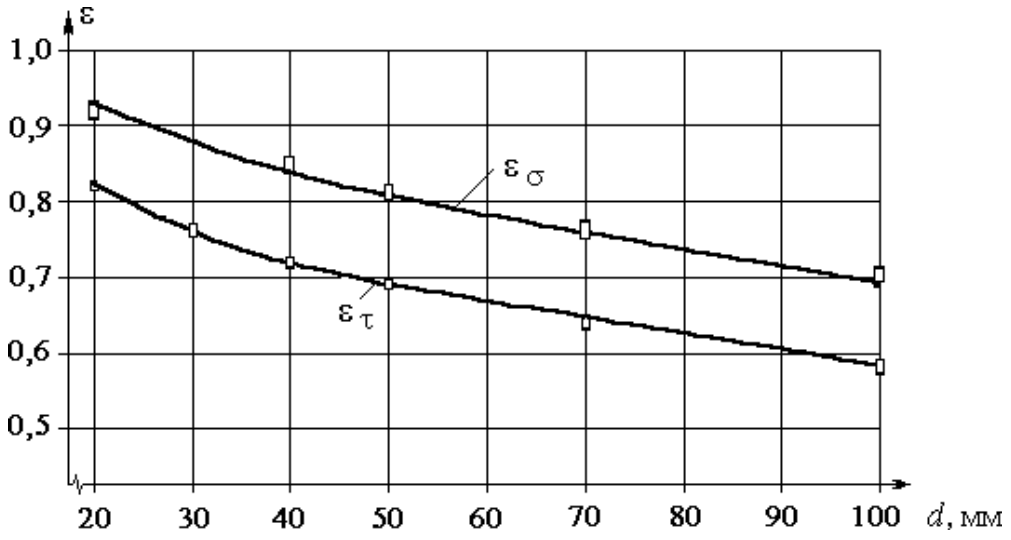



Рис. П3. Зависимость значений масштабных факторов $\varepsilon_\sigma$ и $\varepsilon_\tau$ от диаметра вала

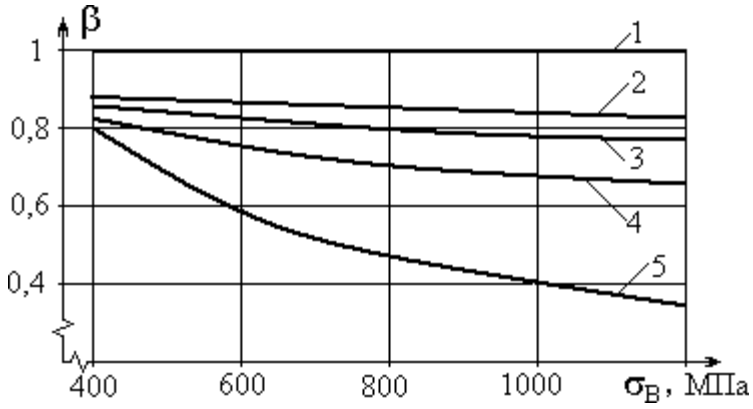



Рис. П4. Зависимость коэффициента β качества обработки поверхности от предела выносливости материала и вида обработки:

1 – полированная поверхность; 2 – шлифование; 3 – тонкая (чистовая) обработка; 4 – грубое точение; 5 – окалина

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Афанасьев А. И., Ляпцев С. А.* Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2005.

*Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: учебн. пособие для студ. техн. спец. вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 496 с.*

*Краснов М. М., Вереина Л. И.* Техническая механика. М.: – Academia, 2010. – 288 с.

*Левитский И. И.* Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 2007.

*Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А.* Лекции по сопротивлению материалов. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2012.

Сопротивление материалов в примерах и задачах. *Под ред*. *Мокрушина Н. В.*– Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2010.

*Олофинская В. П.* Техническая механика. – М.: Форум, 2009.

*Смеляпин А. И.* Теория механизмов и машин. – М.: Инфра, 2009.

*Степин П. А.* Сопротивление материалов. – М.: Лань, 2010.

УДК 621.01
ФГБОУ ВО «УГГУ»

**В. М. Таугер, А. А. Леонтьев**

# ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Учебное пособие

2020

УДК 621.01

Рецензент: А. П. Котельников, канд. техн. наук (доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» УрГУПС)

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета

**Таугер В. М., Леонтьев А. А.**

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН: учебное пособие / В. М. Таугер, А. А. Леонтьев; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 128 с.: ил.

Изложены методы структурного анализа и синтеза, кинематического и динамического расчёта наиболее распространённых в промышленности механизмов и машин.

Учебное пособие предназначено для студентов направлений, программа которых включает дисциплину «Теория механизмов и машин».

УДК 621. 01

© Таугер В. М., Леонтьев А. А.

© Урал. гос. горный ун-т. 2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……...4
1. Основные понятия и определения ТММ……..…….5
2. Основные стадии проектирования и создания новой техники…….8
3. Структурная классификация и виды механизмов…..……..10
4. Кинематический анализ рычажных механизмов…….……19
5. Динамический анализ рычажных механизмов……..…….....28
6. Синтез рычажных механизмов…….48
7. Кулачковые механизмы…….57
8. Фрикционные и зубчатые механизмы…...……...72
9. Трение в кинематических парах……110
10. Уравновешивание масс в механизмах и машинах……...120
Библиографический список……..……..128

# ВВЕДЕНИЕ

Теория механизмов и машин (ТММ) является одним из разделов механики, в котором изучается строение, кинематика и динамика механизмов и машин в связи с их анализом и синтезом.

Прикладная механика, которая в настоящее время объединяет такие дисциплины, как ТММ, сопротивление материалов, и детали машин, является одной из старейших областей знаний. Известно, например, что еще при строительстве египетских пирамид использовались простейшие механизмы (рычаги, блоки и т. д.). ТММ как наука выделилась около 200 лет тому назад. Существенный вклад в её развитие внесли такие ученые и изобретатели, как М.В. Ломоносов, И.И. Ползунов – создатель паровой машины, И.П. Кулибин – создатель часов-автоматов, механизма протеза и т. п., отец и сын Черепановы, построившие первый в России паровоз, Л. Эйлер, разработавший теорию плоского зацепления и предложивший эвольвентный профиль зубьев колес, который используется в настоящее время.

Внесли свой вклад в развитие науки академики П.Л. Чебышев, И.А. Вышнеградский, Н.П. Петров, В.П. Горячкин, М.В. Остроградский; профессора Н.Е. Жуковский – отец русской авиации, В.Л. Кирпичев, Н.И. Мерцалов, Л.А. Ассур, И.В. Мещерский, физик Д. Максвелл, а также современные ученые, такие как И.И. Артоболевский, Н.Г. Бруевич, Д.Н. Решетов и другие.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ведущей отраслью современной техники является машиностроение, развитие которого неразрывно связано с созданием новых машин и механизмов, повышающих производительность труда и заменяющих ручной труд машинным.

В технике широко используются подвижные механические системы, подразделяемые на машины, машинные агрегаты и механизмы.

В обобщенном виде *машина* – это устройство, создаваемое человеком для использования законов природы с целью облегчения физического и умственного труда.

По функциональному назначению машины условно можно разделить на энергетические, транспортные, технологические, контрольно-управляющие, логические (ЭВМ).

Устройства, включающие ряд машин и механизмов, называются машинными агрегатами (МА). Обычно МА состоит (рис. 1) из двигателя (*D*), передаточного механизма (ПМ), рабочей машины (РМ) и, в ряде случаев, контрольно-управляющего устройства, или системы автоматического регулирования (САР).

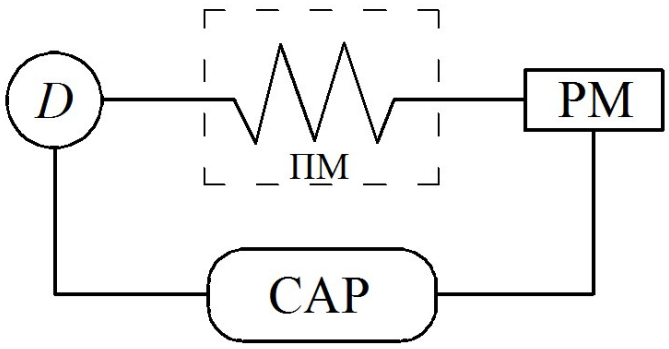



Рис. 1. Схема машинного агрегата

В состав каждой отдельной машины входит один или несколько механизмов.

*Механизмом* называется система материальных тел, предназначенных для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения остальных.

Состав механизмов разнообразен и включает механические, гидравлические, электрические и другие устройства.

Несмотря на разницу в назначении механизмов их строение, кинематика и динамика имеет много общего, поэтому исследование механизмов проводится на базе основных принципов современной механики.

Всякий механизм состоит из отдельных тел (деталей), соединенных между собой.

*Деталь* – это изделие, изготовленное из однородного материала без сборочных операций.

Детали, соединенные между собой неподвижно или с помощью упругих связей, образуют отдельное *звено*.

Выполнение звеньев из нескольких деталей обеспечивается их *соединением*. Различают соединения неразъемные (сварные, заклепочные, клеевые) и разъемные (шпоночные, шлицевые, резьбовые).

Звенья в зависимости от вида их материала могут быть твердые и гибкие (упругие).

Два звена, соединенных друг с другом подвижно, образуют *кинематическую пару*.

Неподвижное звено, состоящее из одной или нескольких деталей, называется *стойкой*.

Таким образом, каждый механизм имеет стойку и подвижные звенья, среди которых выделяют входные, выходные и промежуточные звенья.

*Входным* (*ведущим*) звеньям сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения *выходных* (*ведомых*) звеньев с помощью *промежуточных* звеньев. В простых механизмах имеется одно входное и одно выходное звено.

Но в некоторых случаях имеют место механизмы с несколькими входными или выходными звеньями, например, дифференциал автомобиля.

Развитие техники осуществляется в направлении совершенствования ранее известных механизмов и путем создания принципиально новых их видов.

# 2. ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ

При проектировании новой техники возникает необходимость проведения работ, связанных с анализом и синтезом новой конструкции.

*Анализ* осуществляется при заданных размерах и массе звеньев, когда необходимо определить: скорости, ускорения, действующие силы, напряжения в звеньях и их деформации. В результате может быть произведен проверочный расчет на прочность, выносливость и т. д.

*Синтез* осуществляется при заданных скоростях, ускорениях, действующих силах, напряжениях или деформациях. При этом требуется определить необходимые размеры звеньев, их форму и массу.

При синтезе часто решается задача оптимального проектирования конструкции, когда находятся необходимые показатели работы машины при наименьших затратах труда.

Обычно основными этапами создания новой конструкции являются:

1) разработка принципиальной схемы;

2) проектирование и расчет машины и отдельных ее узлов;

3) экспериментальные исследования и доводка опытного образца.

Проектирование новой техники включает следующие основные этапы:

а) разработка технического задания, включающего основные исходные данные;

б) разработка эскизного проекта, включающего выбор схемы и компоновку основных узлов конструкции;

в) разработка технического проекта, где осуществлены основные расчеты и представлены сборочный чертеж и др. документация.

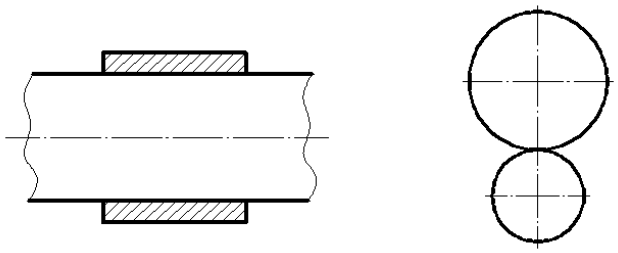
При проектировании сложных механизмов обычно стремятся выделить из общей схемы отдельные, более простые типовые механизмы, проектирование которых имеет свои закономерности. К таким широко используемым в технике механизмам относятся рычажные (стержневые),

кулачковые, фрикционные, зубчатые и т. д., причем с точки зрения строения, кинематики и динамики любой механизм можно заменить условным рычажным механизмом с последующим его анализом, поэтому структура, кинематика и динамика рычажных механизмов рассматривается наиболее подробно.

# 3. СТРУКТУРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДЫ МЕХАНИЗМОВ

## 3.1. Классификация кинематических пар

Подвижные соединения двух звеньев, называемые кинематической парой (КП), классифицируются по разным признакам. Например, по характеру соприкосновения звеньев различают низшие КП, когда контакт происходит по поверхности (рис. 2, *а*), и высшие, когда контакт звеньев осуществляется по линии или в точке (рис. 2, *б*).



*а* *б*

Рис. 2. Кинематические пары:
*а* – низшая; *б* – высшая

Преимуществом низших КП является возможность передачи значительных усилий при малом износе, а достоинством высших кп возможность воспроизводить достаточно сложные относительные движения.

Низшие КП могут быть поступательными, вращательными, плоскими и пространственными, а также классифицироваться по числу условий связи, накладываемых на звенья при формировании КП.

Любое тело в декартовой системе координат (рис. 3) имеет 6 степеней свободы, или подвижности ($W = 6$), часть из которых уничтожается в КП. При этом класс КП определяется числом $S$ накладываемых связей, а число её степеней подвижности равно

$$W = 6 - S. \qquad (3.1)$$

На рис. 4 приведены КП различных классов.

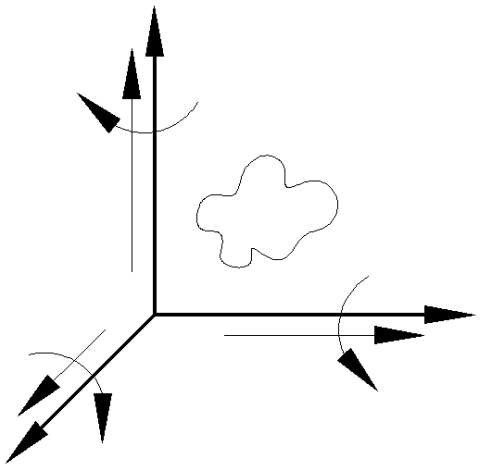


Рис. 3. Степени свободы в декартовой системе координат

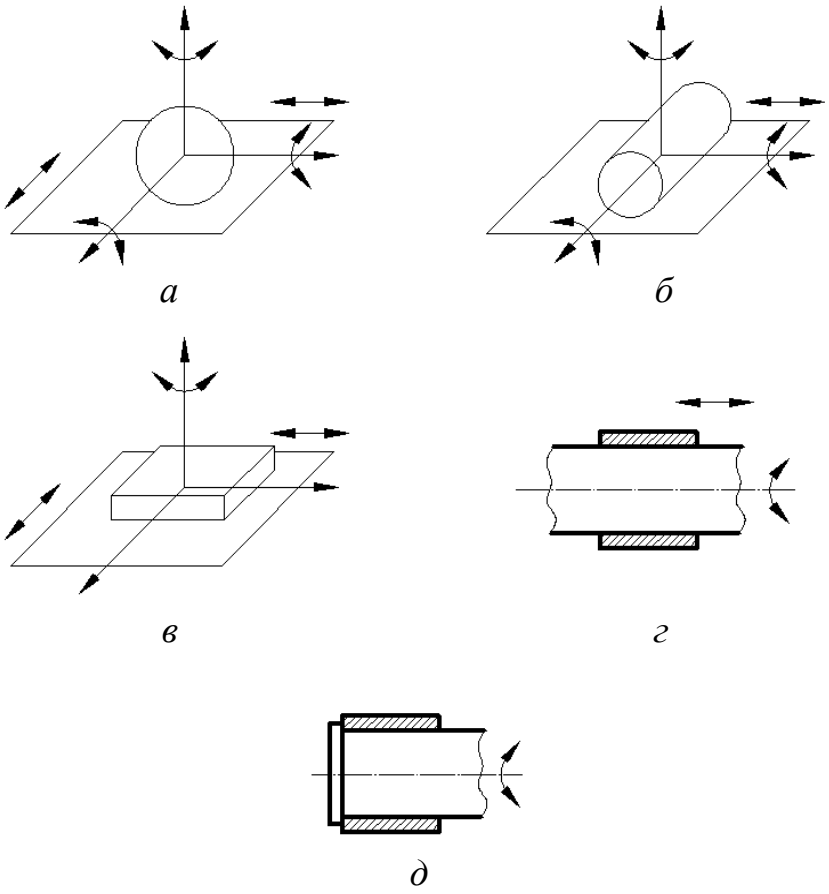



Рис. 4. Классификация КП по числу условий связи:
*а* – КП 1 класса, S = 5; *б* – КП 2 класса, S = 4; *в* – КП 3 класса, S = 3;
*г* – КП 4 класса, S = 2; *д* – КП 5 класса, S = 1

Кинематические пары и звенья механизмов изображаются упрощенно (рис. 5) при соблюдении стандарта на обозначения звеньев и КП.

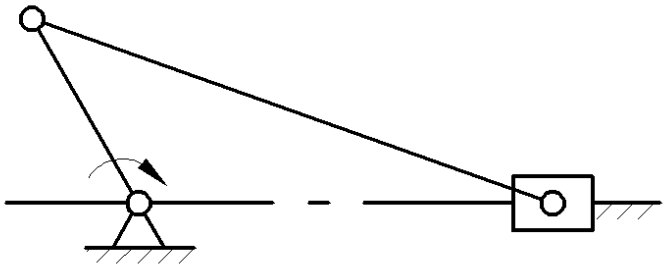


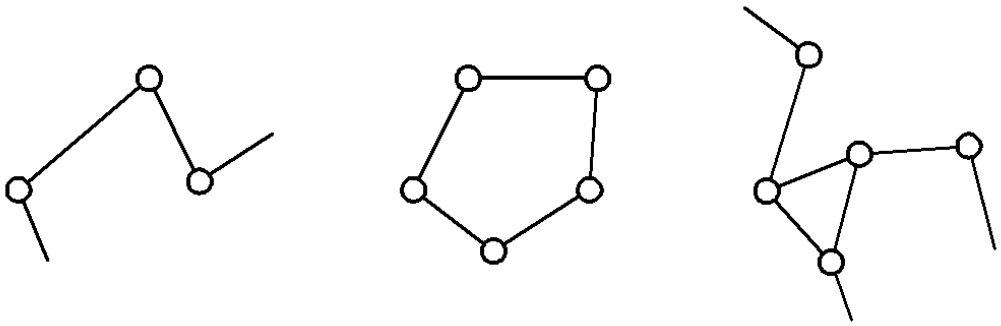
Рис. 5. Упрощенное изображение КП

### 3.2. Кинематические цепи и их классификация

Любой механизм представляет собой *кинематическую цепь* (КЦ) звеньев, соединенных в КП. КЦ могут быть простыми и сложными, открытыми и замкнутыми, плоскими и пространственными.

В *простой* КЦ каждое из ее звеньев входит в состав одной или двух КП, а в *сложной* КЦ имеются звенья, входящие в состав трех и более КП.

В *открытой* КЦ имеются звенья, входящие в состав одной КП, а в замкнутой цепи каждое звено входит в состав двух и более КП (рис. 6).



*а* *б* *в*

Рис. 6. Классификация КЦ:
*а* – простая открытая; *б* – простая замкнутая; *в* – сложная открытая

Если точки всех звеньев двигаются в одной или параллельных плоскостях, то КЦ называется *плоской*, в противном случае КЦ –

*пространственная* (точки звеньев описывают плоские кривые в непараллельных плоскостях или пространственные кривые).

### 3.3. Понятие о степени подвижности механизма

Если в пространственной КЦ, состоящей из $n$ подвижных звеньев, имеются КП 1, 2,… 5 класса, число которых, соответственно, $p1$, $p2$,… $p5$, то КЦ имеет число степеней свободы, определяемое формулой А.П. Малышева:

$$W = 6n - 5p5 - 4p4 - 3p3 - 2p2 - p1. \qquad (3.2)$$

Так как любой механизм имеет одно неподвижное звено (стойку) и $n$ подвижных звеньев, то формула (3.2) может использоваться для определения $W$ пространственного механизма, где $n$ – число подвижных звеньев, а $W$ – степень подвижности механизма, показывающая, сколько нужно иметь ведущих звеньев (двигателей) для получения определенного движения остальных его звеньев.

Для плоского механизма степень подвижности определяется по формуле Чебышева:

$$W = 3n - 2p5 - p4, \qquad (3.3)$$

причём КП 5 класса существуют в виде поступательных, вращательных и винтовых пар.

Например, кривошипно-ползунный плоский механизм (рис. 7), в котором $n = 3$; $p5 = 4$; $p4 = 0$, имеет степень подвижности

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1.$$

При определении $W$ необходимо учитывать возможность наличия так называемых *пассивных* звеньев, т.е. звеньев, которые могут быть исключены без формального ущерба для кинематики анализируемого механизма (рис. 8).

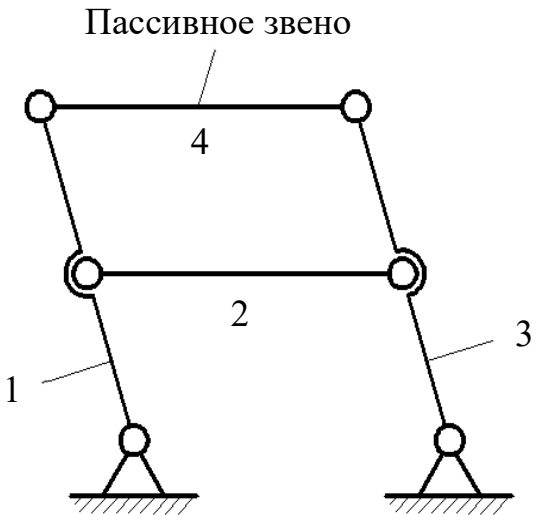
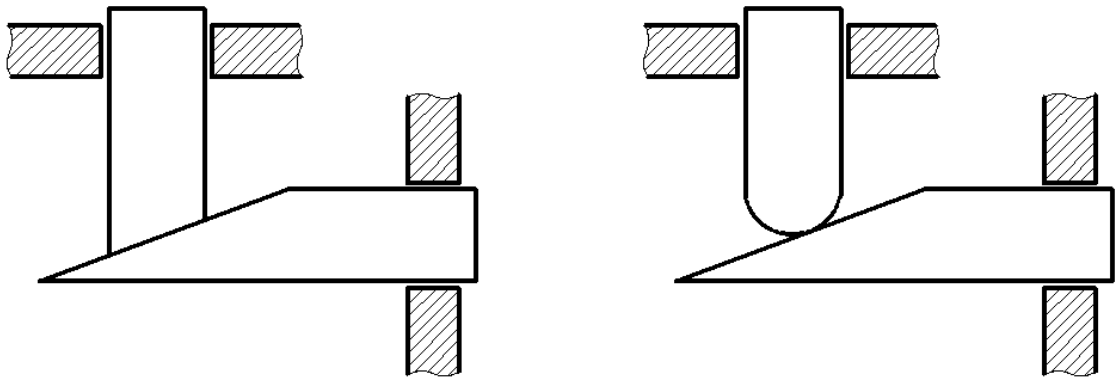



Рис. 8. Механизм с пассивным звеном

Кроме того, необходимо учитывать возможность наличия избыточных связей, которые не реализуются в реальном механизме, а их число $q$ определяется разностью между числом связей в КП действительного и формально возможного механизмов.

На рис. 9, *а* показан действительный механизм, а на рис. 9, *б* – формально возможный механизм, имеющий функциональное назначение, аналогичное действительному механизму, но все связи в котором, в отличие от действительного механизма, реализованы.



*а* *б*

Рис. 9. Примеры механизмов:
*а* – действительный механизм; *б* – формально возможный механизм

Степень подвижности действительного механизма с учётом избыточных связей равна

$$W = 3n - 2p5 - p4 + q. \tag{3.4}$$

В общем случае пространственного механизма

$$W = 6n - ipi + q, \tag{3.5}$$

где $i$ от 1 до 5.

### 3.4. Структурный анализ механизмов

Основной принцип образования рычажных механизмов был сформулирован в 1914 г. профессором Л. В. Ассуром и заключается в следующем.

Схема любого механизма может быть составлена последовательным присоединением к входным (начальным) звеньям и стойке КЦ с нулевой степенью подвижности. Такие КЦ называются структурными группами Ассура. Примеры различных групп Ассура показаны на рис. 10.

Начальное звено со стойкой образует простейший механизм 1-ого класса (рис. 11).

Путем присоединения к таким механизмам различных групп Ассура можно получить механизм любой сложности.

Группы Ассура классифицируются по числу КП, которыми они присоединяются к основному механизму. Это число определяет *порядок* группы. Кроме того, группа Ассура имеет *класс*, определяемый числом КП, образующих наиболее сложный замкнутый контур.

Состав и последовательность присоединения групп Ассура в механизме можно выразить его формулой строения. Механизм в целом классифицируется по группе наивысшего класса. Для показанного на рис. 12 механизма формула строения выглядит следующим образом:

$$1(1,6) \rightarrow 2(2,3) \rightarrow 2(4,5), \qquad (3.6)$$

и означает, что механизм 1 класса, состоящий из звена 1 и стойки 6, взаимодействует с группой 2 класса из звеньев 2 и 3, которая, в свою очередь, взаимодействует с группой 2 класса из звеньев 4 и 5.

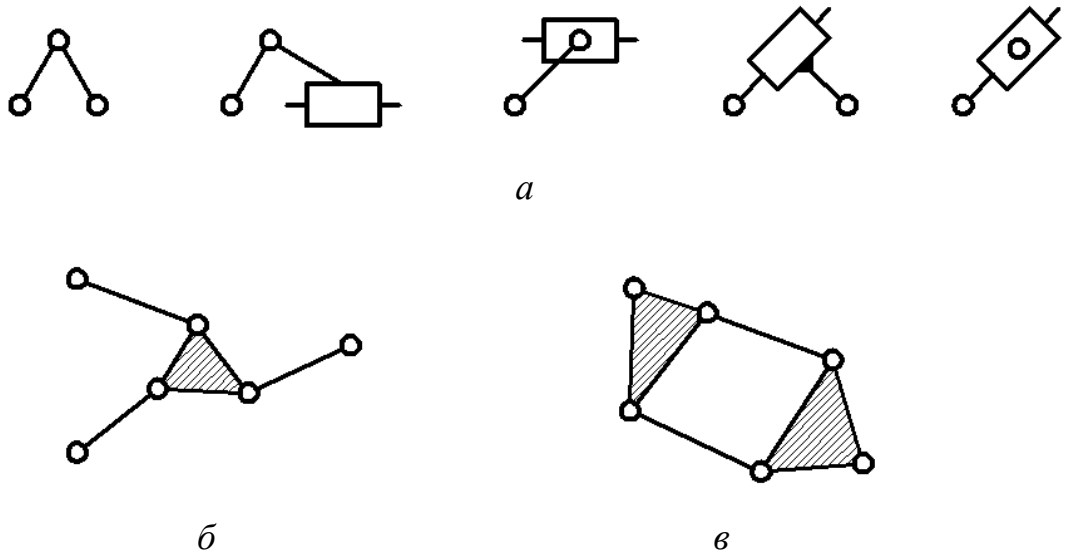



Рис. 10. Примеры групп Ассура:
*а* – двухповодковая группа 2 класса, 2 порядка, $W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$;
*б* – трёхповодковая группа 3 класса, 3 порядка, $W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 0 = 0$;
*в* – группа 4 класса, 2 порядка, $W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 0 = 0$

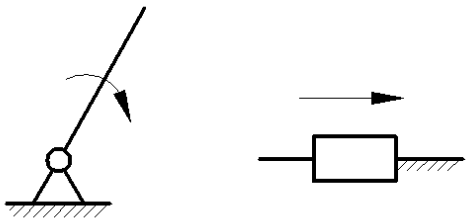


Рис. 11. Простейшие механизмы 1 класса

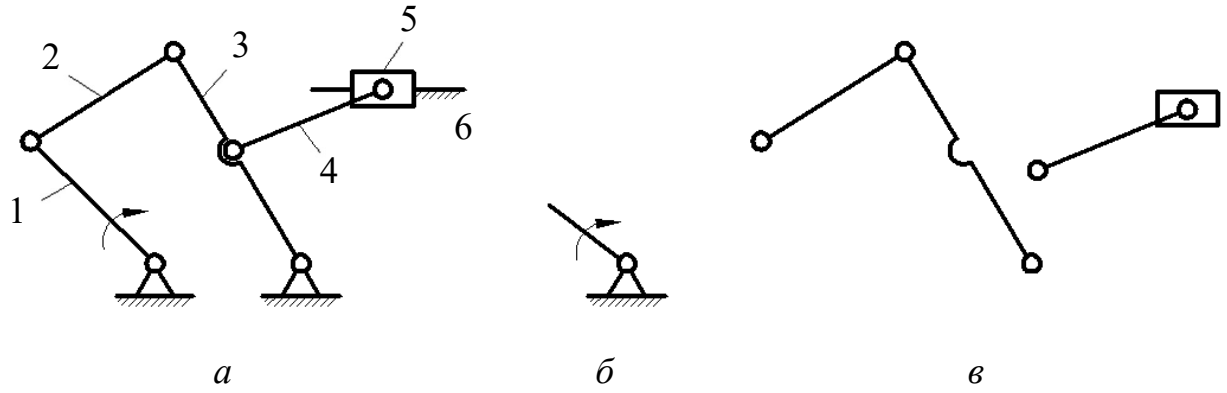



Рис. 12. Классификация механизма по группам Ассура:
*а* – схема полного механизма; *б* – механизм 1 класса;
*в* – группы Ассура 2 класса, 2 порядка

### 3.5. Виды механизмов и их структурные схемы

Среди всего многообразия конструкций механизмов различают: стержневые (рычажные), кулачковые, фрикционные, зубчатые механизмы, механизмы с гибкими звеньями (например, ременные передачи) и другие виды.

Менее распространенные классификации подразумевают наличие механизмов с низшими или высшими парами в плоском или пространственном исполнении и т. д.

Учитывая возможность условного превращения практически любого механизма с высшими парами в рычажный, в дальнейшем наиболее подробно рассматривается именно эти механизмы, а структурные схемы других механизмов изложены в соответствующих разделах.

Среди рычажных механизмов наиболее распространены так называемые четырехзвенные, примеры которых представлены на рис.13.

В этих механизмах встречаются однотипные звенья: *кривошип* 1 –звено, совершающее полноповоротное вращательное движение вокруг неподвижной оси; *коромысло* 3 (рис. 13, *б*) – звено, совершающее неполноповоротное вращательное движение вокруг неподвижной оси; *ползун* 3 (рис. 13, *а*) – звено, совершающее поступательное движение относительно стойки; *камень* 2 –

звено, совершающее поступательное движение относительно подвижной направляющей, называемой *кулисой* 3 (рис. 13, *в*, *г*); *шатун* 2 (рис. 13, *а*, *б*) – звено, совершающее плоскопараллельное движение.

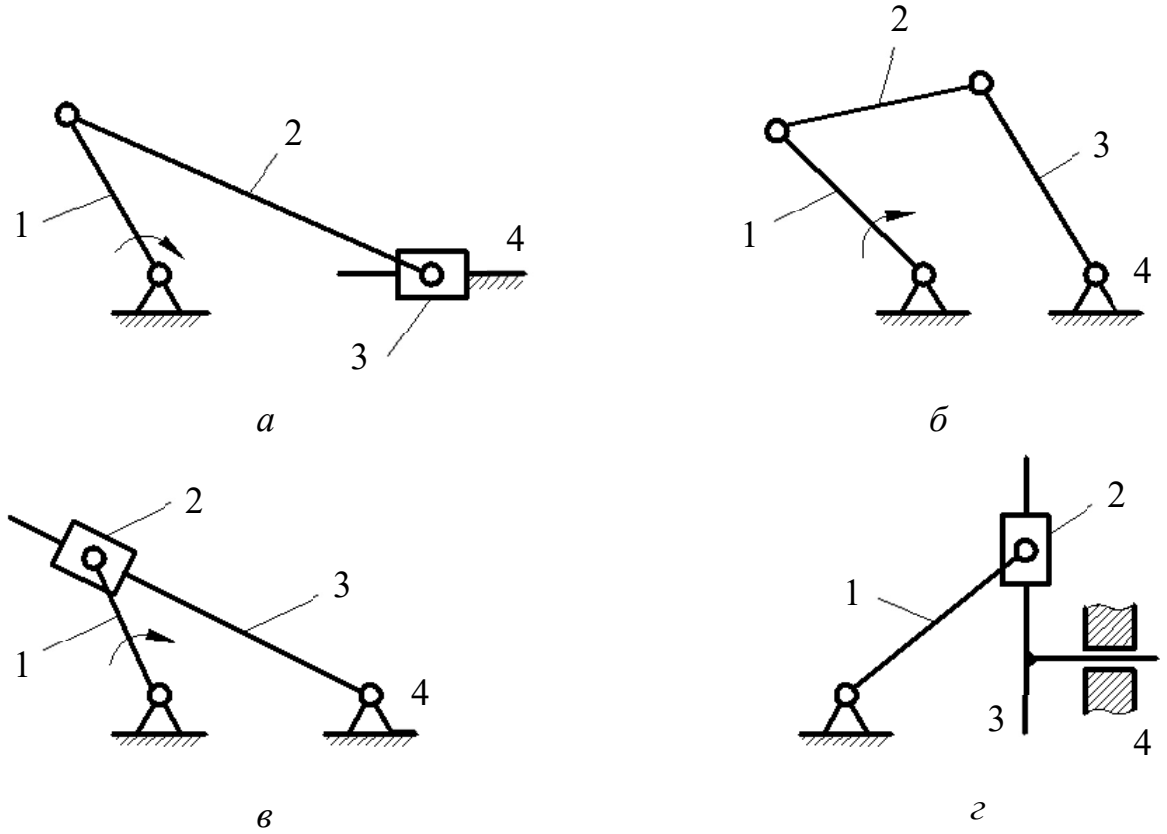



Рис. 13. Виды четырехзвенных рычажных механизмов:
*а* – кривошипно-ползунный механизм; *б* – четырехшарнирный механизм;
*в* – кулисный механизм; *г* – синусный механизм

# 4. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

## 4.1. Построение планов положения механизма

Кинематический анализ механизмов включает вопросы изучения звеньев с геометрической точки зрения, т. е. без учета действующих сил. Для этого используются графические, аналитические и экспериментальные методы исследования.

Одним из наглядных методов является графоаналитический, который включает:

а) построение планов положения механизма; б) определение скоростей и ускорений характерных точек или звеньев механизма.

При графических построениях на чертеже изображаются длины звеньев, скорости, ускорения и другие величины в определенном масштабе, характеризуемом масштабным коэффициентом μ:

$$\mu = \frac{\text{значение параметра}}{\text{длина отрезка}}. \qquad (4.1)$$

Например, вектор ***ра*** длиной 10 мм изображает скорость $v$ = 20 м/с. Тогда

$$\mu = \frac{20}{10} = 2\,\text{м}\cdot\text{с}^{-1}/\,\text{мм}.$$

Графическое изображение взаимного расположения звеньев механизма, соответствующее заданному моменту времени, называется *планом положений* или *планом механизма*.

Планы положения строятся в определенном масштабе методом засечек в соответствии с формулой строения механизма. Линейные размеры всех звеньев должны быть заданы (рис. 14).

После построения нескольких совмещенных планов механизма при необходимости можно определить графически траектории характерных точек звеньев, имеющих сложное движение, например, центра тяжести *S* шатуна АВ.

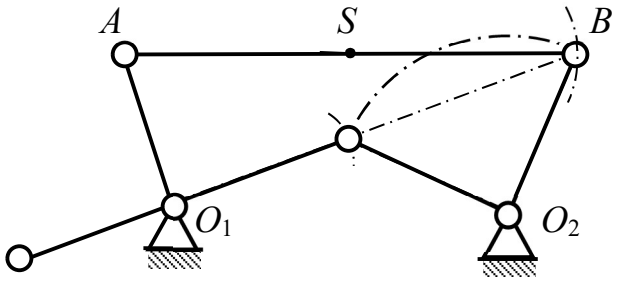



Рис. 14. План положений (план механизма)

### 4.2. Определение скоростей и ускорений механизма методом планов

Метод планов является одним из самых наглядных. Определению подлежат линейные скорости и ускорения точек и угловые скорости и угловые ускорения звеньев. При этом предварительно составляются векторные уравнения для скоростей и ускорений точек звеньев, совершающих сложное движение.

Пусть звено совершает плоскопараллельное движение, состоящее из переносного, т. е. поступательного со скоростью полюса и относительного вращательного вокруг полюса (рис. 15).

Принимая за полюс т. *A*, получим векторное уравнение скоростей точек:

$$\overline{v}_B = \overline{v}_A + \overline{v}_{BA}, \tag{4.2}$$

где $\overline{v}_B$ – скорость точки *B*; $\overline{v}_A$ – скорость точки *A*; $\overline{v}_{BA}$ – скорость точки *B* относительно точки *A*.

Относительная скорость по модулю равна

$$v_{BA} = \omega l_{AB}, \tag{4.3}$$

где ω – угловая скорость звена; $l_{AB}$ – длина звена (длина отрезка *AB*).

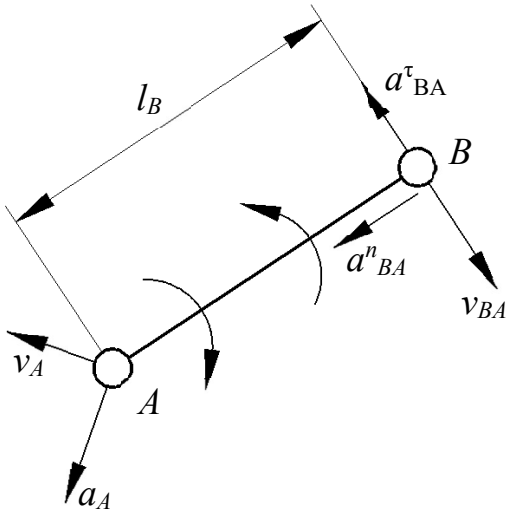



Рис. 15. Векторы скоростей и ускорений для механизма (пример 1)

Векторное уравнение ускорений точек выглядит следующим образом:

$$\overline{a}_B = \overline{a}_A + \overline{a}_{BA}, \qquad (4.4)$$

где $\overline{a}_B$ – ускорение точки $B$; $\overline{a}_A$ – ускорение точки $A$; $\overline{a}_{BA}$ – ускорение точки $B$ относительно точки $A$.

Относительное ускорение равно

$$\overline{a}_{BA} = \overline{a}^{n}_{BA} + \overline{a}^{\tau}_{BA}, \qquad (4.5)$$

где $\overline{a}^{n}_{BA}, \overline{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения $\overline{a}_{BA}$ соответственно.

Нормальное и касательное составляющие по модулю равны

$$a^{n}_{BA} = \omega^2 l_{AB}; \qquad (4.6)$$

$$a^{\tau}_{BA} = \varepsilon l_{AB}, \qquad (4.7)$$

где ε – угловое ускорение звена.

Пусть звено 1 совершает сложное движение, состоящее из переносного вращательного вместе со звеном 2 и относительного поступательного вдоль звена 2 (рис. 16). Точку на звене 1 обозначим $B_1$, а точку на звене 2, лежащую под точкой $B_1$, обозначим $B_2$. Тогда для скорости $\overline{v}_{B1}$ справедливо векторное уравнение

$$\overline{v}_{B1} = \overline{v}_{B2} + \overline{v}_{B1B2}, \qquad (4.8)$$

где $\overline{v}_{B2}$ – окружная скорость точки $B_2$ (т. е. переносная скорость); $\overline{v}_{B1B2}$ – скорость точки $B_1$ относительно точки $B_2$.

Величина переносной скорости

$$v_{B2} = \omega l_{AB}. \qquad (4.9)$$

Векторное уравнение для ускорения точки $B_1$:

$$\overline{a}_{B1} = \overline{a}_{B2} + \overline{a}^{t}_{B1B2} + \overline{a}^{k}_{B1B2}, \qquad (4.10)$$

где $\overline{a}_{B2}$ – ускорение точки $B_2$; $\overline{a}^{t}_{B1B2}$ – ускорение точки $B_1$ относительно точки $B_2$; $\overline{a}^{k}_{B1B2}$ – ускорение Кориолиса, которое равно

$$a^{k}_{B1B2} = 2v_{B1B2}\omega \qquad (4.11)$$

и совпадает с направлением вектора $\overline{v}_{B1B2}$, повернутого на 90° в сторону переносного вращения.

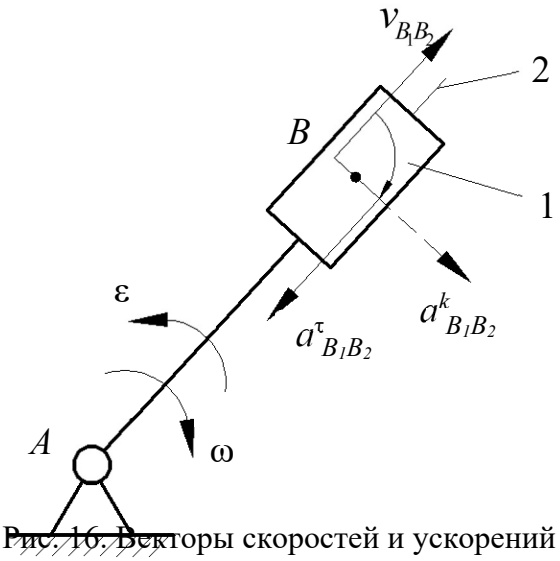



Рис. 16. Векторы скоростей и ускорений для механизма (пример 2)

Решение векторных уравнений осуществляется графически путем построения так называемых *планов скоростей и ускорений*, на которых абсолютные скорости и ускорения откладываются от одной точки, называемой полюсом, в определенном масштабе.

Пример расчета кривошипно-ползунного механизма рассмотрен на рис. 17, где план положений показан на рис. 17, *а*, план скоростей – на рис. 17, *б* и план ускорений – на рис. 17, *в*.

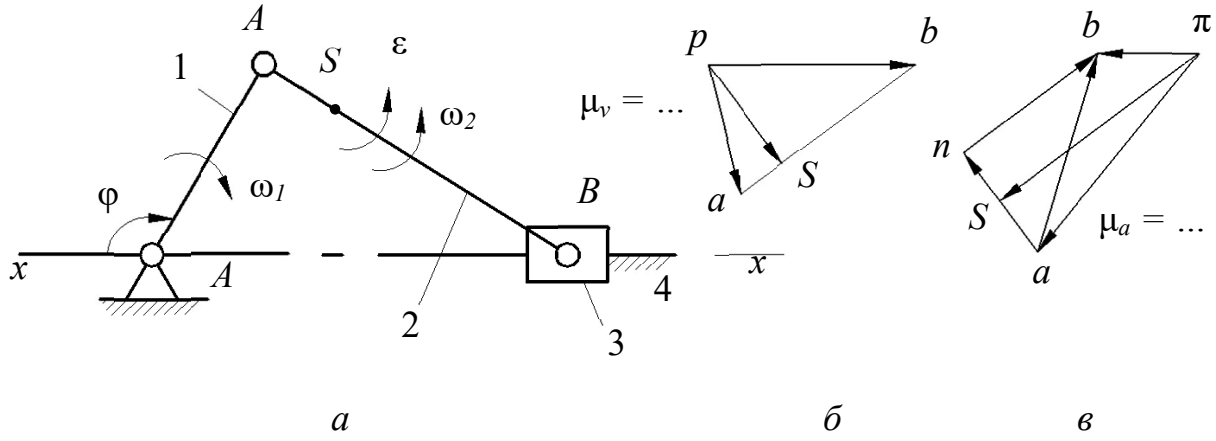



Рис. 17. Пример расчета кривошипно-ползунного механизма:
*а* – план положений; *б* – план скоростей; *в* – план ускорений

Векторное уравнение для скорости точки $B$ записывается в виде:

$$\overline{v}_B = \overline{v}_A + \overline{v}_{BA}, \tag{4.12}$$

где $v_A = \omega_1 l_{OA}; v_{BA} \perp AB; v_B \parallel x - x.$

План скоростей строится в масштабе

$$\mu_v = \frac{v_A}{pa}, \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{мм}}, \tag{4.13}$$

где $pa$ – отрезок произвольной длины.

На плане скоростей вектор $\overline{v}_B$ отображается отрезком $pb$, а вектор $\overline{v}_{BA}$ – отрезком $ab$, поэтому $pb \parallel x - x$; $ab \perp AB$.

Величины скоростей определяются по формулам:

$$\begin{aligned} v_{BA} &= \mu_v \cdot ab; \\ v_B &= \mu_v \cdot pb; \\ \omega_2 &= \frac{v_{BA}}{l_{AB}}. \end{aligned} \tag{4.14}$$

Векторное уравнение для ускорения точки $B$ при $\omega_1 = const$ записываются в виде:

$$\overline{a}_B = \overline{a}_A + \overline{a}^n_{BA} + \overline{a}^\tau_{BA}, \tag{4.15}$$

где $a_A = \omega_1^2 l_{OA}; a^n_{BA} = \omega_2^2 AB; a_A \parallel AB; a^\tau_{BA} \perp AB; a_B \parallel x - x.$

Все ускорения представлены на рис. 17 в выбранном масштабе $\mu_a$, равном

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi a}, \frac{\text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{мм}}, \tag{4.16}$$

где $\pi a$ – отрезок произвольной длины.

При определении скоростей и ускорений промежуточных точек звеньев, например, точки $S$, можно использовать так называемую теорему подобия, согласно которой точки на плане положений звеньев и соответственные точки на планах скоростей и ускорений образуют подобные фигуры или пропорциональные отрезки. Рассмотрим доказательство данной теоремы.

На рис. 18 показано звено $ABC$ и планы скоростей и ускорений для точек этого звена:

– отрезок *ca* на плане скоростей соответствует $v_{CA} \perp CA$;

– отрезок *ab* на плане скоростей соответствует $v_{AB} \perp AB$;

– отрезок *bc* на плане скоростей соответствует $v_{BC} \perp BC$;

т. е. треугольник *abc* подобен треугольнику *ABC*.

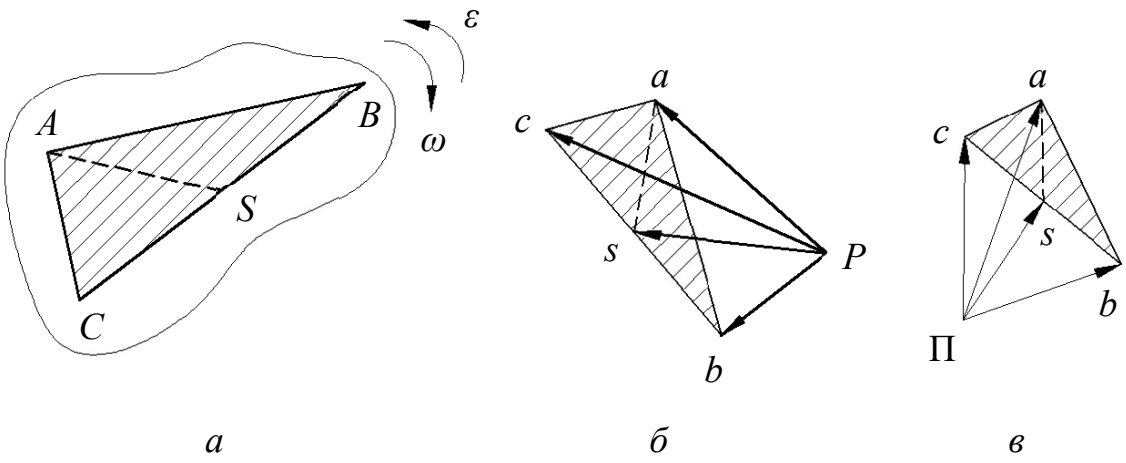



Рис. 18. Теорема подобия

Ускорения относительного (вращательного) движения равны:

$$\begin{aligned} a_{CA} &= l_{CA}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}; \\ a_{AB} &= l_{AB}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}; \\ a_{BC} &= l_{BC}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}, \end{aligned} \qquad (4.17)$$

т. е. $a_{CA}/l_{CA} = a_{AB}/l_{AB} = a_{BC}/l_{BC}$, или $ca/CA = ab/AB = bc/BC$.

Следовательно, $\triangle abc \sim \triangle ABC$.

Аналогично выполняется построение фигур для любой промежуточной точки, например, точки S (рис. 18, *а*, *б*).

### 4.3. Исследование рычажных механизмов методом кинематических диаграмм

*Кинематической диаграммой* называется графическая зависимость какого-либо параметра движения звена от времени или от перемещения входного звена, представленные в определенной системе координат.

Если известна одна кинематическая диаграмма, то можно получить остальные зависимости путем графического дифференцирования или интегрирования.

На рис. 19, *а*, *б* показана последовательность построения кинематической диаграммы перемещения ползуна кривошипно-ползунного механизма от угла поворота кривошипа $S(\varphi)$ и от времени $S(t)$, а также элементы графического дифференцирования с получением диаграммы скоростей $v(t)$ методом хорд.

Если диаграмма $v(t)$ первична, то процесс, обратный интегрированию, обеспечит получение диаграммы $S(t)$ и называется *графическим интегрированием*.

Следует отметить, что графические методы часто приводят к искажениям результатов из-за неточности графических построений, поэтому необходимо контролировать расположение характерных точек, соответствующих экстремумам на диаграммах.

### 4.4. Кинематическое исследование рычажных механизмов аналитическим методом

Аналитические методы исследования позволяют проводить анализ с заданной степенью точности. Кроме того, создание математических моделей механизмов позволяет решать задачи их оптимального синтеза при использовании ЭВМ.

Рассмотрим пример кинематического исследования синусного механизма (механизм двойного ползуна), где кривошип 1 вращается с угловой скоростью ω и угловым ускорением ε (рис. 20).

Тогда скорость и ускорение точки $A$ равны:

$$\begin{aligned} v_A &= \omega l_{OA}; \\ a_A &= l_{OA}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \end{aligned} \qquad (4.18)$$

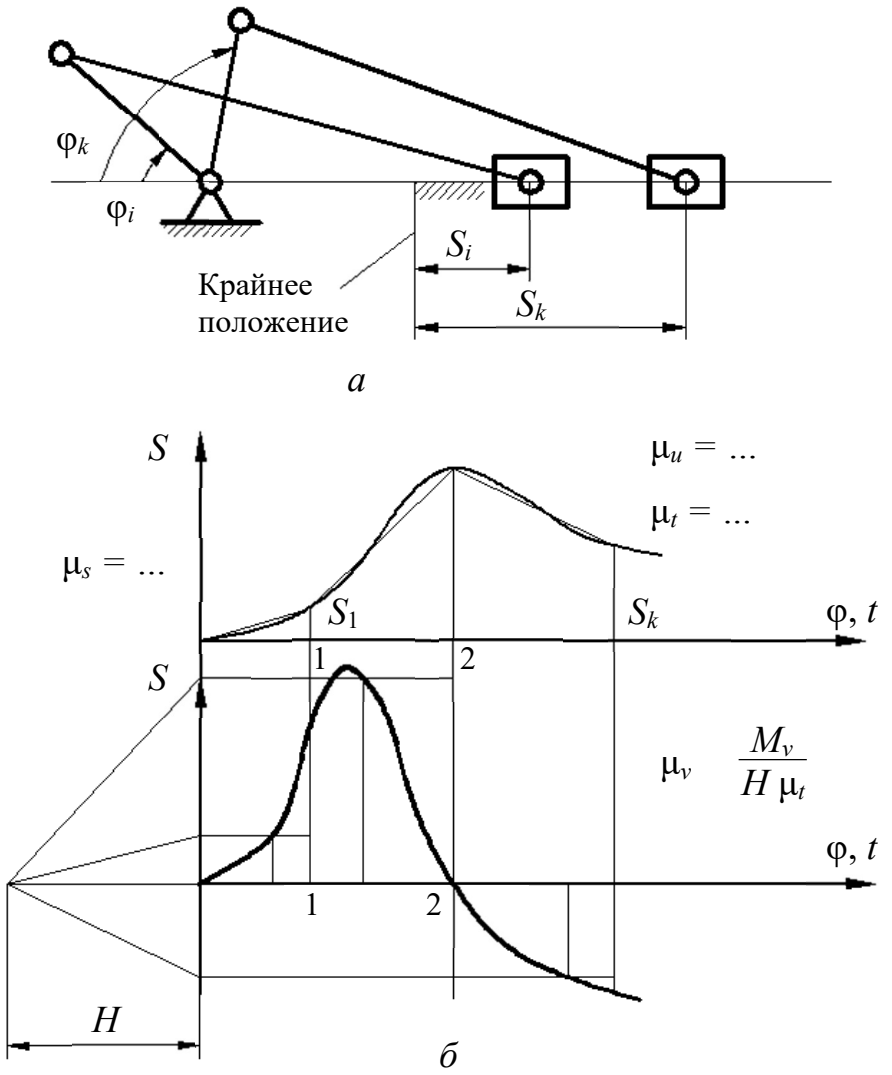



Рис. 19. Последовательность построения кинематической диаграммы перемещения ползуна кривошипно-ползунного механизма:
*а* – план механизма; *б* – кинематическая диаграмма перемещения ползуна

Рассмотрим пример кинематического исследования синусного механизма (механизм двойного ползуна), где кривошип 1 вращается с угловой скоростью ω и угловым ускорением ε (рис. 20).

Тогда скорость и ускорение точки *A* равны:

$$v_A = \omega l_{OA};$$
$$a_A = l_{OA}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \qquad (4.18)$$

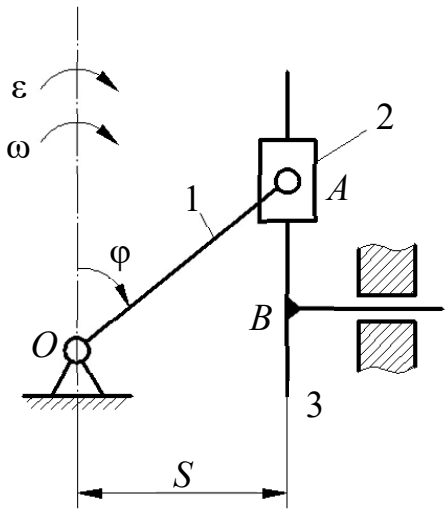


Рис. 20. Синусный механизм

Все точки звеньев 1 и 2 описывают окружности, а точки звена 3 движутся поступательно, причём их перемещения, скорости и ускорения равны:

$$S_B = l_{OA} \sin \varphi = l_{OA} \sin \omega t; \qquad (4.19)$$

$$v_B = \frac{dS_B}{dt} = \frac{dS_B}{dt} \cdot \frac{d\varphi}{d\varphi} = l_{OA} \omega \cos \varphi; \qquad (4.20)$$

$$a_B = \frac{d^2 S_B}{dt^2} = l_{OA} (\varepsilon \cos \varphi - \omega^2 \sin \varphi). \qquad (4.21)$$

В случае равномерного вращения кривошипа при $\varepsilon = 0$

$$a_B = -l_{OA} \omega^2 \sin \varphi. \qquad (4.22)$$

При исследовании многих механизмов получаются достаточно громоздкие формулы, что не является препятствием при использовании ЭВМ.

В исследовании пространственных механизмов используются элементы векторной алгебры и векторного анализа. Положения, скорости и ускорения точек механизма выражаются в векторной форме, при необходимости вычисляются проекции на оси и плоскости. Примеры таких исследований изложены в учебной литературе.

# 5. ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

## 5.1. Классификация действующих сил

Среди сил, действующих на механизм, различают:

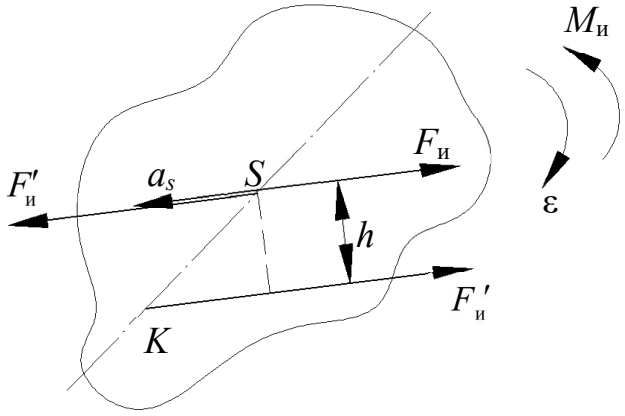
а) движущие силы $F_д$ или моменты $M_д$, ускоряющие движение входных (начальных) звеньев и совершающие положительную работу (например, силы давления газа на поршень в двигателе внутреннего сгорания, силы веса при опускании груза и т. д.);

б) силы сопротивления $F_с$ или моменты $M_с$, замедляющие движение входных звеньев и совершающие отрицательную работу. Они могут быть силами полезного сопротивления, дающими производственный эффект, и силами вредного сопротивления, не дающими такого эффекта (к первому типу относятся, например, силы тяжести при подъеме груза, а ко второму типу – силы трения);

в) силы реакции в кинематических парах $F_{ij}$, возникающие в опорах звеньев и являющиеся внутренними силами для механизма в целом и внешними для каждого отдельного звена;

г) силы инерции $F_и$ или моменты сил инерции $M_и$, возникающие при неравномерном движении звеньев механизма и могут быть как движущими, так и силами сопротивления (в зависимости от их направления относительно направления движения звеньев).

Фактически силы инерции действуют на тело, вызывающее ускорение другого тела. Однако условное приложения сил инерции к ускоряемому телу позволяет рассматривать его в равновесии. Этот способ называется **принципом Даламбера** и позволяет задачу динамики свести к статическому расчету.




Силы инерции относятся к категории распределенных по объёму или так называемых массовых сил, которые, как и другие аналогичные силы, могут быть приведены к главному вектору и главному моменту (рис. 21).

Рис. 21. Пояснение принципа Даламбера

На рис. 21 сила и момент сил инерции равны:

$$\begin{aligned} F_и &= -m\,a_s; \\ M_и &= -J_s\,\varepsilon, \end{aligned} \qquad (5.1)$$

где $m$, $J_S$ – масса и момент инерции звена относительно оси, проходящей через центр масс; $a_S$ – ускорение центра масс; ε – угловое ускорение звена; знаки минус показывают, что направления $F_и$ и $M_и$ противоположны соответствующим ускорениям.

Сила $F_и$ и момент $M_и$, могут быть заменены одной силой $F'_и = F_и$, линия действия которой проходит через так называемый центр качаний (точка $K$ на рис. 21) на оси звена и отстоит от линии действия $F_и$ на расстоянии $h = \dfrac{M_и}{F_и}$ при замене $M_и$ парой сил: $M_и = F'_и h$.

### 5.2. Приведение сил и масс в механизме

Для исследования закона движения механизма его удобно заменить одним условным звеном – звеном приведения, имеющим закон движения аналогичного звена реального механизма.

Для этого все внешние силы, действующие на звенья, заменяются одной

приведенной силой $F_{\text{пр}}$, мощность $P_{\text{пр}}$ которой равна сумме мощностей заменяемых сил $F_i$:

$$P_{\text{пр}} = \Sigma P_i = \Sigma F_i v_i \cos(F_i \hat{} v_i) = F_{\text{пр}} v \cos(F_{\text{пр}} \hat{} v),$$

(5.2)

или приведённым моментом $M_{\Sigma}^{\text{пр}}$, мощность $P_{\Sigma}^{\text{пр}}$ которого равна сумме мощностей заменяемых моментов сил $M_i$:

$$P_{\text{пр}} = \Sigma P_i = \Sigma M_i \omega_i = M_{\text{пр}} \omega. \qquad (5.3)$$

В формулах (5.2), (5.3) $v_i$ – скорость точки приложения $i$-ой силы; $v$ – скорость точки приложения приведённой силы на звене приведения; $\omega_i$ – угловая скорость $i$-го звена; $\omega$ – угловая скорость звена приведения.

Приведённую силу или приведённый момент удобно записывать в виде суммы составляющих, например:

$$M_{\text{пр}} = \Sigma M_{Fi\ \text{пр}} + \Sigma M_{Mi\ \text{пр}}, \qquad (5.4)$$

где $\Sigma M_{Fi\ \text{пр}}, \Sigma M_{Mi\ \text{пр}}$ – составляющие приведённого момента, обусловленные действием сил и моментов соответственно.

В кривошипно-ползунном механизме (рис. 22):

$$M_{\text{пр}} = M_{F\text{пр}} + M_{G\text{пр}}, \qquad (5.5)$$

где

$$M_{F\text{пр}} = \frac{F v_B}{\omega_1} = F l_{OA} \frac{pb}{pa};$$
$$M_{M\text{пр}} = \frac{G v_S}{\omega_1} \cos(G \hat{} v_S) = G l_{OA} \frac{ps}{pa} \cos(G \hat{} v_S), \qquad (5.6)$$

где $pa$, $pb$, $ps$ –вектора, взятые с плана скоростей (рис.22).

Как видно из формул, величина $F_{\text{пр}}$ ($M_{\text{пр}}$) зависит лишь от соотношения скоростей, а не от их абсолютной величины, что позволяет для приведения сил использовать планы скоростей без учета их масштабов.

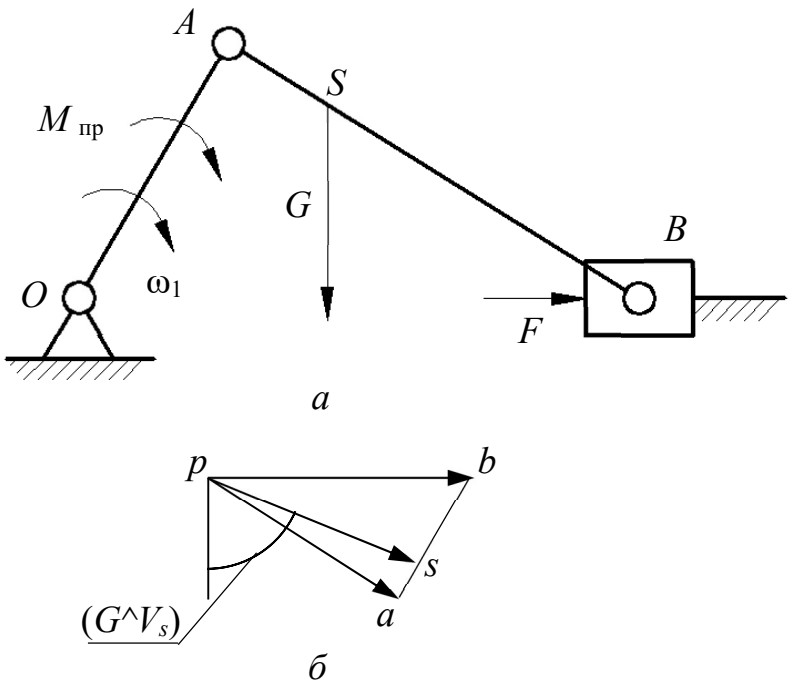



Рис. 22. Пример кривошипно-ползунного механизма:
*а* – схема; *б* – план скоростей

Каждое *i*-ое звено механизма обладает массой $m_i$ и моментом инерции $J_i$ относительно оси, проходящей через центр масс звена, при этом кинетическая энергия *i*-го звена плоского механизма равна:

$$E_i = \frac{m_i v_i^2}{2} + \frac{J_i \omega_i^2}{2}. \qquad (5.7)$$

Массы и моменты инерции всех звеньев механизма можно условно заменить некоторой массой $m_{\text{пр}}$, сосредоточенной в произвольно выбранной точке *A* звена приведения (рис. 23, *а*), или некоторым моментом инерции $J_{\text{пр}}$, приписанным звену приведения (рис. 23, *б*).

Замена должна производится из условия равенства кинетических энергий:

$$E_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пр}} v_A^2}{2} + \frac{J_{\text{пр}} \omega^2}{2}, \qquad (5.8)$$

где $E_{\text{пр}}$ – приведённая кинетическая энергия.

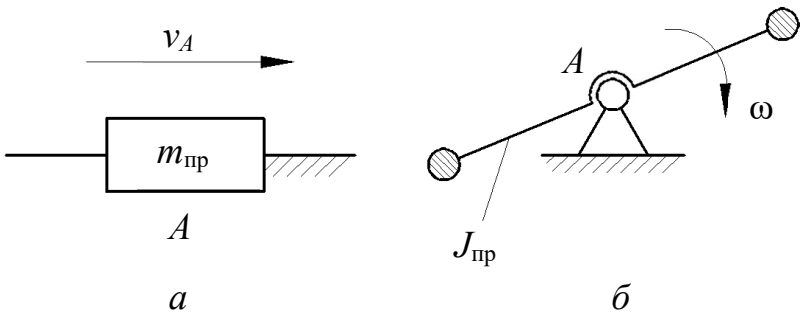



Рис. 23. Массы и моменты инерции звеньев приведения:
*а* – звено приведения – ползун; *б* – звено приведения - кривошип

Приведённые масса при поступательном движении звена приведения определяется по формуле

$$m_{пр} = \sum \left[ m_i \left( \frac{v_i}{v_A} \right)^2 + J_i \left( \frac{\omega_i}{v_A} \right)^2 \right], \tag{5.9}$$

а при вращательном движении звена приведения – по формуле

$$J_{пр} = \sum \left[ m_i \left( \frac{v_i}{\omega} \right)^2 + J_i \left( \frac{\omega_i}{\omega} \right)^2 \right]. \tag{5.10}$$

Приведённые масса и момент инерции являются функциями положения звена приведения, т.е. их величина может меняться при изменении положения звена в процессе его движения.

### 5.3. Уравнение движения машины

Работу машины можно разбить на три периода (рис. 24):

1) период пуска (разгона) $t_п$;

2) период установившегося движения $t_у$;

3) период остановки (выбега) $t_о$.

Аналитическая зависимость между действующими на звенья силами и кинематическими параметрами движения называется уравнением движения.

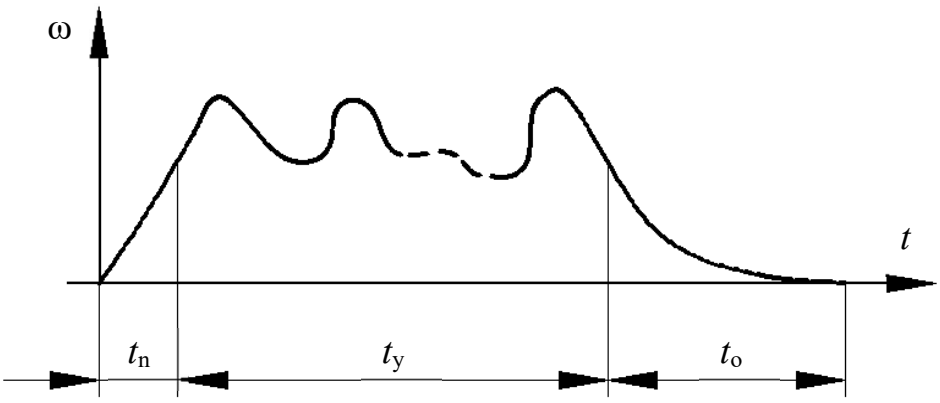



Рис. 24. Периоды работы машины

Это уравнение в общем случае имеет вид

$$\Delta E = E - E_0 = A_д - A_с, \qquad (5.11)$$

где $\Delta E$ – изменение кинетической энергии за рассматриваемый промежуток времени; $E$ и $E_0$ – величина кинетической энергии в конце и начале промежутка; $A_д$, $A_с$ – работа движущих сил и сил сопротивления.

В период пуска (разгона) $A_д > A_с$, т. е. происходит ускорение движения звеньев, движение является неустановившимся.

В период установившегося движения $A_д = A_с$, т. е. скорости звеньев в конечный и начальный моменты периода равны, и вся работа движущихся сил расходуется на преодоление сопротивлений.

В период остановки (выбега) $A_д < A_с$, движение продолжается некоторое время за счет накопленной кинетической энергии, поглощаемой силами сопротивления движению.

Уравнение движения может быть выражено в интегральной и дифференциальной форме, а для упрощения его решения исследование машины заменяют исследованием звена приведения, в котором изменение кинетической энергии равно

$$\Delta E_{пр} = A_д^{пр} - A_с^{пр}, \qquad (5.12)$$

где суммарная работа действующих на звено приведения сил может быть выражена:

а) в интегральной форме:

$$A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}} = \int F_{\text{пр}} ds \tag{5.13}$$

или

$$A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}} = \int M_{\text{пр}} d\varphi, \tag{5.14}$$

где $ds$ – элементарное перемещение точки приведения; $d\varphi$ – элементарный угол поворота звена приведения;

б) в дифференциальной форме:

$$d\Delta E_{\text{пр}} = d(A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}}) = F_{\text{пр}} ds \tag{5.15}$$

или

$$d\Delta E_{\text{пр}} = d(A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}}) = M_{\text{пр}} d\varphi. \tag{5.16}$$

Таким образом, уравнение движения машины приводится к тому или иному конкретному виду и решается графическим и графоаналитическим методами, а учитываемые силы и моменты сил, приведенные массы и моменты инерции могут быть как постоянными, так и переменными величинами, зависящими от того или иного фактора.

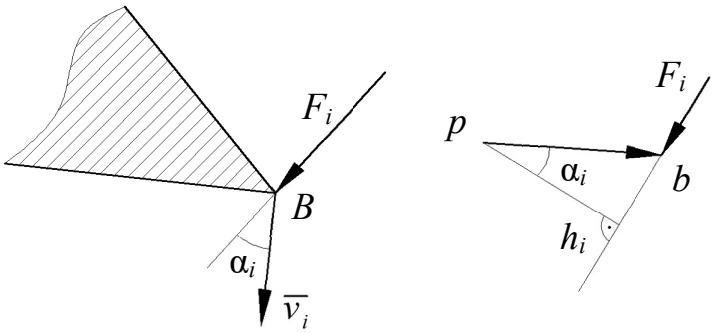
## 5.4. Понятие об уравновешивающей силе. Теорема Жуковского о жестком рычаге

Одним из способов определения приведенной силы $F_{\text{пр}}$ является способ, предложенный Н. Е. Жуковским. Уравнение, из которого может быть найдена $F_{\text{пр}}$, основано на равенстве мощностей (формула (5.2)).

Рассмотрим какое-либо звено механизма, в точке $B$ которого приложена сила $F_i$ под углом $\alpha_i$ к вектору скорости $v_i$ этой точки (рис.25, *а*).

Мощность силы $F_i$ равна

$$P_i = F_i v_i \cos\alpha_i. \tag{5.17}$$




*а* *б*

Рис. 25. Теорема Жуковского о жестком рычаге:
*а* – звено механизма; *б* – план скоростей

Если вектор скорости точки *B* (план скоростей) повернуть на 90° и силу $F_i$ приложить к концу вектора (к точке *b*), сохранив ее направление, то момент этой силы относительно полюса p будет равен (рис. 25, *б*)

$$M_i = F_i h_i = F_i v_i \cos\alpha_i = P_i, \tag{5.18}$$

т.е. равен мощности силы $F_i$. Таким образом, $F_i$ можно найти, повернув на 90° план скоростей и приложив к нему все внешние силы, включая силы инерции, в соответствующих точках и сохраняя их направления. Тогда из уравнения моментов такого рычага

$$F_{\text{пр}} h_{\text{пр}} = \Sigma F_i h_i \tag{5.19}$$

получим:

$$F_{\text{пр}} = \sum \frac{F_i h_i}{h_{\text{пр}}}, \tag{5.20}$$

где $h_i$ и $h_{\text{пр}}$ – кратчайшие расстояния от полюса плана скоростей до линий действия *i*-ой и приведенной сил.

Повернутый на 90° план скоростей с приложенными к нему силами называется жестким рычагом Жуковского.

Величина $F_{\text{пр}}$ или $M_{\text{пр}}$ зависит от положения механизма, поэтому можно построить диаграмму, например, $F_{\text{пр}}(\varphi)$, являющуюся функцией положения звена приведения. Для этого необходимо последовательно определить

значения $F_{пр}$ методом рычага Жуковского для целого ряда положений механизма в пределах цикла ($F_{1пр}$, $F_{2пр}$, …) и отложить их на диаграмме (рис. 26).

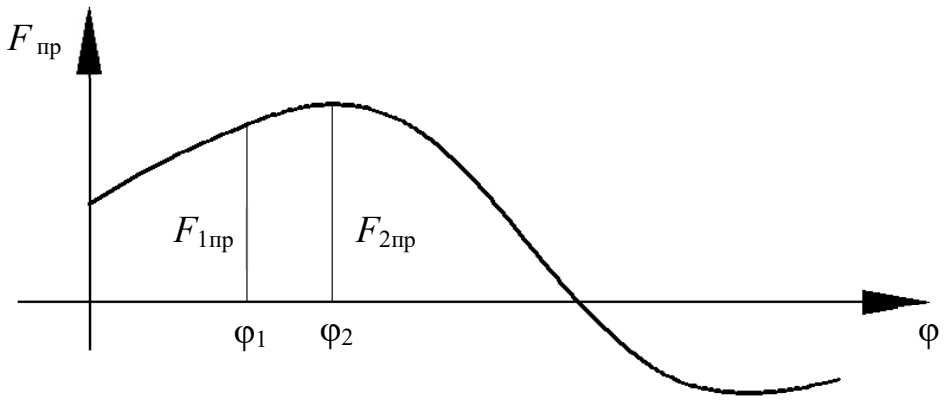



Рис. 26. Диаграмма приведенной силы

Приведенная сила $F_{пр}$ или момент $M_{пр}$ характеризуют реакцию механизма на движение его входного звена по определенному закону, задаваемому двигателем. Сила или момент, равные по величине приведенной силе или моменту, но противоположные им по направлению, называется уравновешивающей силой $F_у$ или уравновешивающим моментом $M_у$. Эти сила или момент развиваются двигателем и обеспечивают заданное движение входного звена.

Если к рычагу Жуковского приложить все внешние силы, включая силы инерции, а также $F_у$, то его можно рассматривать в равновесии, из условия которого

$$F_у h_у + \Sigma F_i h_i = 0 \qquad (5.21)$$

можно определить неизвестную $F_у$, а также найти мощность двигателя $P_{дв}$, требуемую для получения заданного движения входного звена в заданном положении:

$$P_{дв} = F_у v_A \cos(F_у \hat{} v_A) = M_у \omega. \qquad (5.22)$$

## 5.5. Графоаналитический метод решения уравнения движения машины

Данный метод позволяет не только наглядно иллюстрировать связь между динамическими и кинематическими параметрами движения, но и решать практические задачи синтеза, например, задачу уменьшения неравномерности вращения звеньев.

В качестве примера рассмотрим построение так называемой диаграммы энергомасс. Эта диаграмма строится на основе графиков $J_{\text{пр}}(\varphi)$ и

$$\Delta E_{\text{пр}}(\varphi) = E_{\text{пр}}(\varphi) - E_{0\text{пр}}, \tag{5.23}$$

где $E_{\text{пр}0}$ – энергия звена приведения в начале цикла.

График $\Delta E_{\text{пр}}(\varphi)$ может быть получен путем графического интегрирования графика $M_{\text{пр}}(\varphi)$.

На рис. 27 показана последовательность построения диаграммы энергомасс в координатах $\Delta E_{\text{пр}}(J_{\text{пр}})$, которая при установившемся движении является замкнутой кривой и строится на базе диаграмм $\Delta E_{\text{пр}}(\varphi)$ и $J_{\text{пр}}(\varphi)$ путем исключения параметра φ (угла поворота звена приведения).

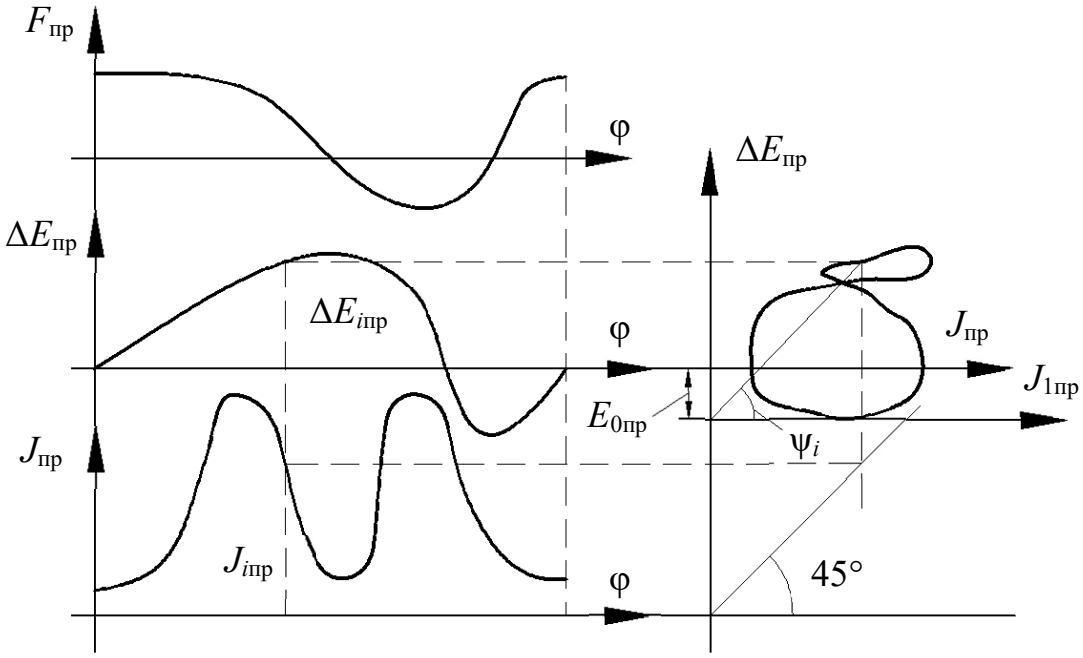



Рис. 27. Диаграмма энергомасс

Если известна угловая скорость вращения $\omega_0$ звена приведения в начале цикла, то можно определить начальную кинетическую энергию:

$$E_{0\text{пр}} = \frac{J_{0\text{пр}}\omega_0^2}{2}. \tag{5.24}$$

Тогда диаграмму энергомасс можно рассматривать в координатах $\Delta E_{\text{пр}}(J_{1\text{пр}})$, где ось $J_{1\text{пр}}$ отстоит от первоначальной оси $J_{\text{пр}}$ на величину $E_{0\text{пр}}$ (рис. 27).

Так как

$$E_{\text{пр}} = \frac{J_{\text{пр}}\omega^2}{2}, \tag{5.25}$$

то

$$\omega^2 = \frac{2E_{\text{пр}}}{J_{\text{пр}}} = 2\frac{\mu_E}{\mu_J}\operatorname{tg}\psi, \tag{5.26}$$

где $\mu_E$ и $\mu_J$ – масштабные коэффициенты, используемые для построения диаграмм.

Таким образом, диаграмма энергомасс позволяет при установившемся движении определить угловую скорость $\omega$ звена приведения в любой момент времени, т. е.

$$\begin{aligned} \omega &= \sqrt{2\frac{\mu_E}{\mu_J}\operatorname{tg}\psi}, \\ \operatorname{tg}\psi &= \frac{\mu_J\omega^2}{2\mu_E}. \end{aligned} \tag{5.27}$$

### 5.6. Неравномерное движение машин. Маховики

Одним из режимов движения машины при совершении полезной работы является режим равномерного или установившегося движения.

При равномерном движении угловая скорость $\omega$ вала двигателя постоянна, а при установившемся движении она периодически изменяется

(рис. 28), причём степень неравномерности можно оценить коэффициентом неравномерности δ:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_c}, \tag{5.28}$$

где $\omega_c$ – средняя угловая скорость за цикл:

$$\omega_c = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}. \tag{5.29}$$

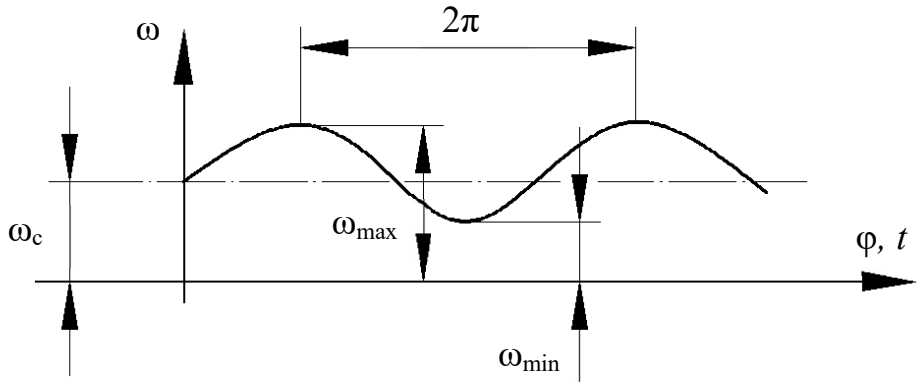



Рис. 28. Изменение угловой скорости ведущего звена

Неравномерность вредно сказывается на работе машин, т. к. вызывает дополнительные инерционные нагрузки, которые могут привести к поломке.

Практикой установлены значения δ, которые допустимы в различных условиях эксплуатации. Регулировать величину δ можно путем изменения величины момента инерции звена приведения, т. е. на быстро вращающийся вал закрепляется дополнительная масса, называемая маховиком.

При конструировании маховика стремятся к получению необходимого момента инерции маховика $J_м$ с наименьшим весом $G$ и заданным диаметром $D$. Для этой цели маховик изготавливается в виде тяжелого обода, соединенного со втулкой тонким диском с отверстием или спицами (рис. 29). Приближенно $J_м$ можно определить по формуле:

$$J_м = G\frac{D^2 + d^2}{8g}, \tag{5.30}$$

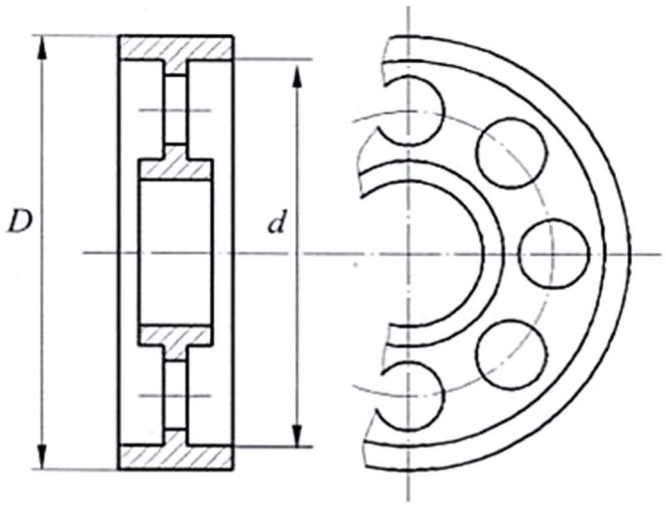


Рис. 29. Конструкция маховика

где $D$, $d$ – диаметры обода маховика; $g$ – ускорение свободного падения.

### 5.7. Подбор момента инерции $J_м$ маховика по заданному коэффициенту неравномерности δ

Обычно требуется определить параметры маховика при заданных значениях $\omega_c$ и δ. Существуют различные методы определения $J_м$, наиболее точным из которых является метод Ф. Виттенбауэра, в соответствии с которым предварительно строится диаграмма энергомасс $\Delta E_{пр}(J_{пр})$.

Согласно этой диаграмме (рис. 30):

$$\omega^2_{max(min)} = 2\frac{\mu_E}{\mu_J}\operatorname{tg}\psi_{max(min)};$$

$$\operatorname{tg}\psi_{max(min)} = \frac{\omega^2_{max(min)}\mu_J}{2\mu_E}. \qquad (5.31)$$

С другой стороны, из уравнений (5.28), (5.29):

$$\omega_{max(min)} = \omega_c\left(1 \pm \frac{\delta}{2}\right). \qquad (5.32)$$

Таким образом, найдя $\psi_{max}$, $\psi_{min}$ и проведя касательные к диаграмме энергомасс под этими углами к горизонтали (рис. 30), получим в точке их

пересечения начало новой системы координат с осями $E_{пр}$ и $J_{1пр}$, отстоящими от принятых ранее осей на искомую величину $J_м$ и $E_{0пр}$.

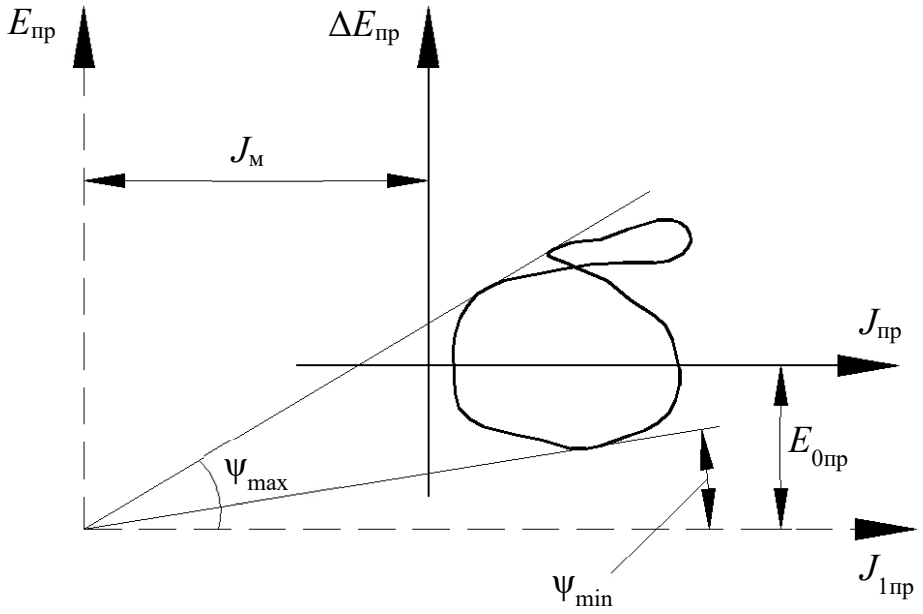



Рис. 30. Определение момента инерции маховика
по диаграмме Виттенбауэра

В целом последовательность определения $J_м$ включает следующие операции:

1) строится диаграмма $M_{пр}(\varphi)$ для установившегося движения;

2) строится диаграмма $\Delta E_{пр}(\varphi)$ путем графического интегрирования диаграммы $M_{пр}(\varphi)$;

3) строится график $J_{пр}(\varphi)$ и диаграмма энергомасс путем исключения параметра $\varphi$ из графиков $\Delta E_{пр}(\varphi)$ и $J_{пр}(\varphi)$;

4) определяются углы $\psi_{max}$, $\psi_{min}$, после чего находится $J_м$ в новых координатах $E_{пр}$ и $J_{1пр}$ диаграммы $E_{пр}(J_{1пр})$.

## 5.8. Регулирование непериодических колебаний скорости движения машин

В процессе выполнения работы приходится регулировать скорость рабочего органа машины. Например, в стационарных двигателях необходимо

поддерживать скорость рабочего органа постоянной, а в двигателях транспортных машин эта скорость должна изменяться в широких пределах.

Из уравнения движения машины следует, что изменения скорости рабочего органа можно достигнуть за счет изменения разности работ движущих сил и сил сопротивления ($A_д - A_с$). Устройства, обеспечивающие изменения работы сил сопротивления применяются в виде тормозов, например, в транспортных машинах, которые снабжаются также и приспособлениями для одновременного разобщения двигателя с исполнительным механизмом.

Другим способом регулирования является изменение работы движущих сил путем воздействия на орган, подающий энергию к входному звену (поршню у двигателя внутреннего сгорания, лопаткам турбины и т. д.).

Регулирование может осуществляться либо человеком-оператором, либо автоматически – с помощью устройств, называемых регуляторами.

Одним из них является центробежный регулятор (рис. 31), приводимый во вращение валом двигателя *B*. Ползун *A* соединяется с органом, подводящим рабочее тело (пар, топливо и т. д.). Регулятор за счёт изменения сил инерции $F_и$, действующих на шары *C*, автоматически поддерживает угловую скорость вала двигателя постоянной, т. к. ее увеличение приводит к уменьшению подачи рабочего тела и наоборот.

### 5.9. Силовой расчет рычажных механизмов

Зная активные силы, действующие на звенья механизма и силы инерции этих звеньев, можно произвести его кинетостатический расчет, т.е. определить реакции в кинематических парах и уравновешивающую силу (момент) на входном звене, причем эта сила (момент) является движущей при совпадении ее направления с направлением движения входного звена или силой

(моментом) сопротивления, если ее направление противоположно этому движению.

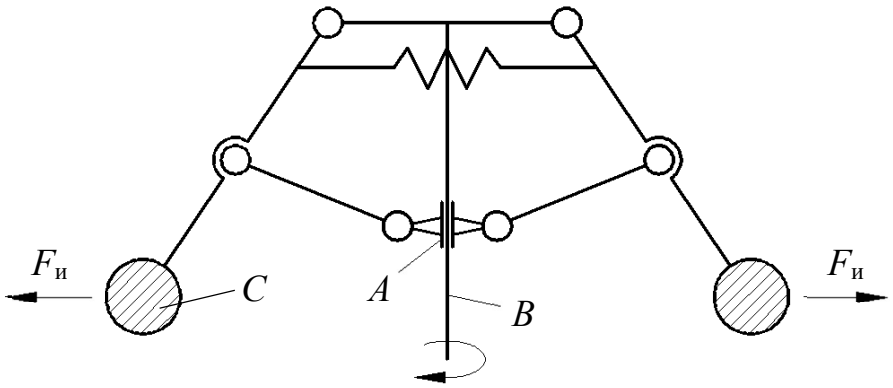



Рис. 31. Центробежный регулятор

При кинетостатическом расчете реакции в кинематических парах определяются путем статического расчета, который базируется на результатах кинематического анализа, включая ускорения, необходимые для определения сил (моментов) инерции.

При силовом расчете используется принцип Даламбера, позволяющий решение задачи динамики свести к статическому расчету (метод кинетостатики). Согласно этому принципу, приведение ускоренно движущейся системы в равновесие обеспечивается условным приложением к этой системе сил инерции. При этом неизвестные силы определяются из уравнений статики.

Силы взаимодействия между звеньями (реакции) можно считать направленными по нормали к контактирующим поверхностям, если расчет ведется без учета сил трения (рис. 32). Принято следующее обозначение реакций: $R_{12}$ – реакция со стороны звена 1 на звено 2; $R_{21}$ – реакция со стороны звена 2 на звено 1.

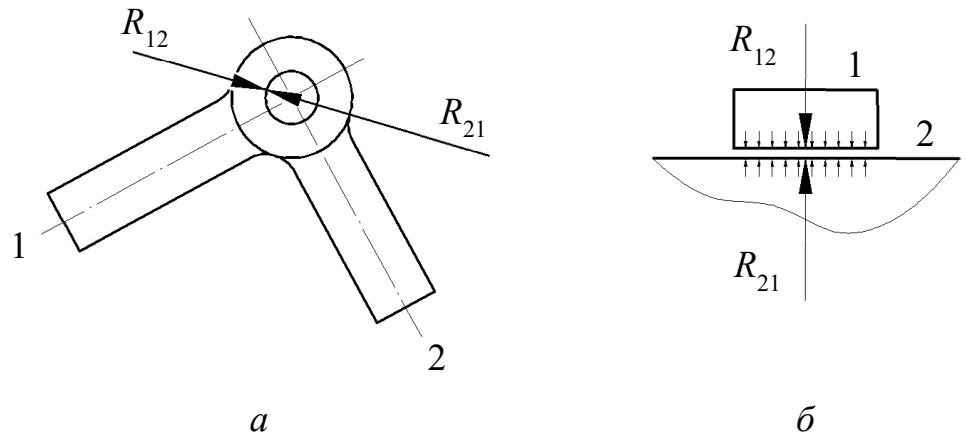



Рис. 32. Реакции в кинематических парах:
*а* – вращательной; *б* – поступательной

При графоаналитическом решении используется метод плана сил.

Механизм расчленяется на структурные группы Ассура и начальные звенья. Расчет ведется, начиная с последней структурной группы и заканчивается расчетом входного звена.

При расчете структурных групп к ним прикладываются все действующие силы, включая силы инерции и реакции отброшенных связей. Каждая из неизвестных реакций, при необходимости, может быть разложена на две составляющих по выбранным направлениям, например, вдоль оси звена (нормальная $R^n$) и перпендикулярно оси (тангенциальная $R^\tau$). При равенстве числа уравнений статики числу неизвестных реакций их можно определить аналитически и графически, построив многоугольник (план) сил. Неизвестные определятся из условия замкнутости векторной суммы сил.

Рассмотрим примеры.

Пример 1. Двухповодковая группа с вращательными парами (рис. 33).

Составляющая $R_{i1}^\tau$ определяется из уравнения моментов для звена 1 относительно точки $B$: $\Sigma M_{B1} = 0$ (рис.33, *а*).

Составляющая $R_{j2}^\tau$ определяется из уравнения моментов для звена 2 относительно точки $B$: $\Sigma M_{B2} = 0$ (рис.33, *а*).

При отрицательных значениях реакций необходимо изменить их направления на противоположные.

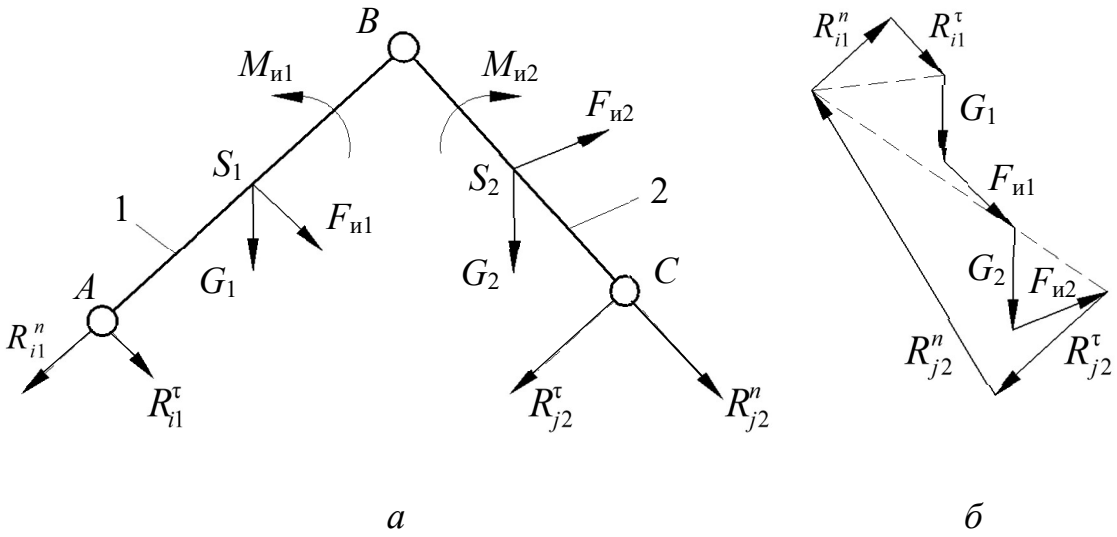



Рис. 33. Двухповодковая группа с вращательными парами:
*а* – план группы; *б* – план сил

Составляющие $R_{i1}^n, R_{j2}^n$ определяются из плана сил (рис. 33, *б*), полученного на основе векторного уравнения $\Sigma\overline{F}_k = 0$, где $\overline{F}_k$ – силы, действующие на структурную группу, включая найденные составляющие реакций.

Пример 2. Двухповодковая группа шатун-ползун (рис. 34).

Реакция $R_{j2}$ определяется из уравнения моментов $\Sigma M_A = 0$.

Реакция $R_{i1}$ определяется непосредственно из плана сил (рис. 34, *б*) на основе векторного уравнения $\Sigma\overline{F}_k = 0$. Вычислять для этого составляющую $R_{i1}^\tau$ нет необходимости.

Пример 3. Двухповодковая группа кулиса-камень (рис. 35) при $G_2 \approx 0$.

Реакция $R_{j2}$ определяется из уравнения моментов $\Sigma M_A = 0$.

Реакция $R_{i1}$ определяется непосредственно из плана сил (рис. 34, *б*) на основе векторного уравнения $\Sigma\overline{F}_k = 0$ по аналогии с примером 2.

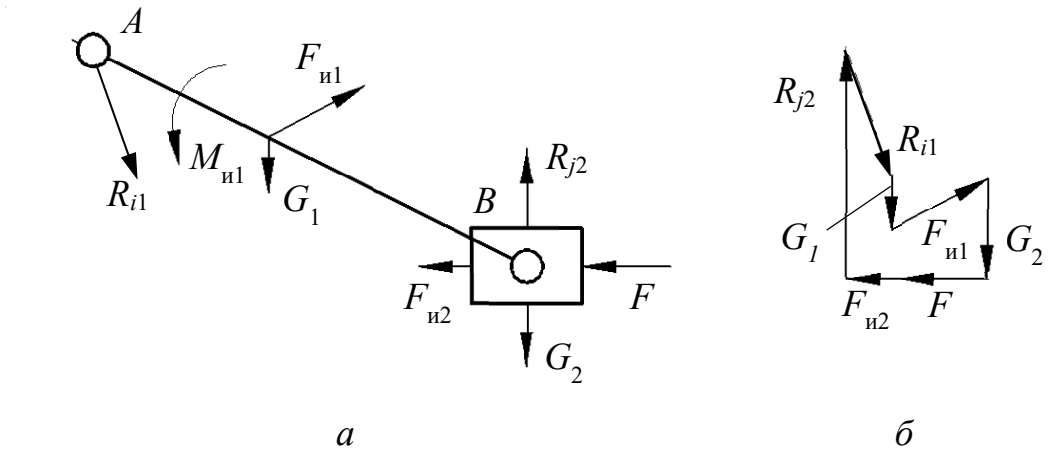



Рис. 34. Двухповодковая группа шатун-ползун:
*а* – план группы; *б* – план сил

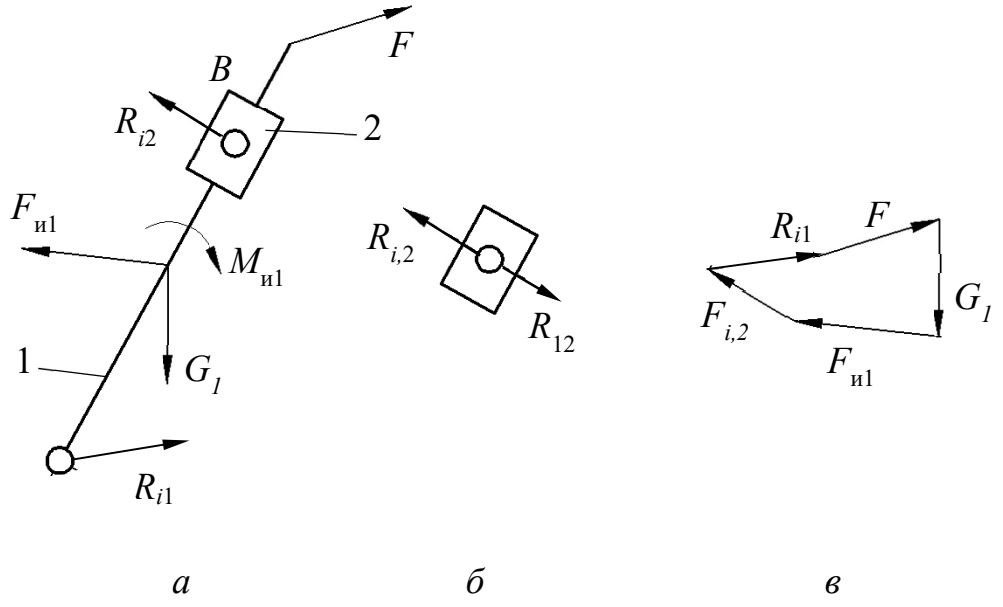
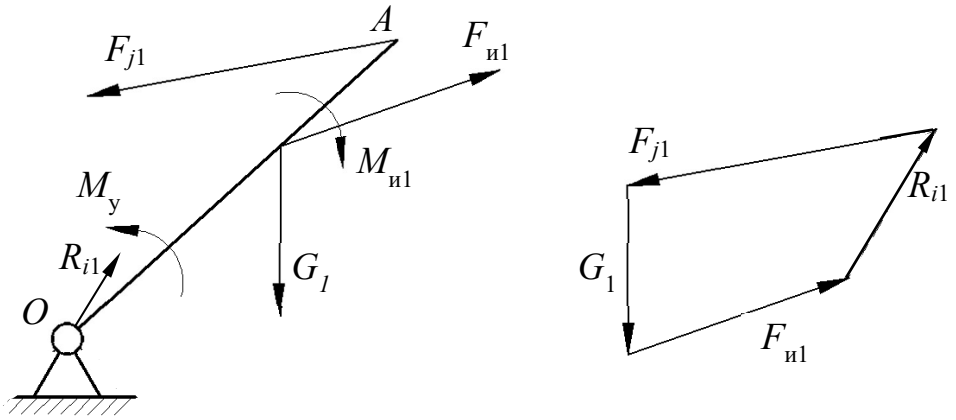



Рис. 35. Двухповодковая группа кулиса-камень:
*а* – план группы; *б* – силы на звене *B*; *в* – план сил

Особенность расчета данной группы Ассура состоит в возможности некоторого упрощения вычислений в случае, когда весом камня 2 можно пренебречь. Тогда реакция $R_{12}$ равна по модулю и противоположна реакции $R_{j2}$ (рис. 35, *б*).

4. Входное звено – кривошип (рис. 36).

Уравновешивающий момент $M_{\text{у}}$ определяется из уравнения моментов $\Sigma M_O = 0$.




*а* *б*

Рис. 36. Входное звено – кривошип:
*а* – план звена; *б* – план сил

Реакция $R_{i1}$ определяется непосредственно из плана сил (рис. 36, *б*) на основе векторного уравнения $\Sigma \overline{F}_k = 0$ по аналогии с примером 2.

# 6. СИНТЕЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

## 6.1. Постановка задачи, виды и способы синтеза

Задачи синтеза рычажных механизмов в общем случае являются сложными задачами оптимального проектирования, включающими этапы структурного, кинематического и динамического расчёта. Поэтому для упрощения решения рассматриваются частные задачи, в которых учитываются лишь некоторые (основные) условия проектирования.

В зависимости от исходных данных различают следующие виды синтеза:

– геометрический, когда заданы отдельные положения звеньев или траектории отдельных точек;

– кинематический, когда заданы некоторые скорости, ускорения или их соотношения;

– динамический, когда заданы действующие силы или наложены некоторые ограничения на динамические параметры.

К способам синтеза относятся:

а) опытный, когда экспериментальным путём подбираются размеры звеньев для реализации заданной траектории;

б) графический;

в) аналитический.

Возможны различные комбинации видов и способов синтеза, перечисленных выше.

## 6.2. Решение задач оптимального синтеза стержневых механизмов

При постановке задачи оптимального синтеза следует различать входные и выходные параметры.

*Входные* – это изначально заданные параметры (размеры звеньев, скорости, ускорения или их соотношения).

*Выходные* –это параметры, определяемые в результате решения задачи.

При синтезе необходимо учитывать ряд требований кинематического, конструктивного, технологического характера и т. д., среди которых одно, как правило, является главным, а остальные – второстепенными (дополнительными).

Если главное требование записать математически в виде функции $Z = f(x_1, x_2, ..., x_n)$, где $x_1, x_2, \ldots, x_n$ – выходные параметры, то такая функция называется *функцией цели* (целевой), при этом дополнительные условия, выраженные в виде $a_i \le g_i(x_1, x_2, ..., x_n) \le b_i$, называются ограничениями.

Задачей оптимального синтеза является обеспечение экстремального значения $Z$ при соблюдении всех ограничений.

Например, выразив вес механизма в виде функции $Z$ его параметров (длин звеньев), можно решать задачу минимизации Z при соблюдении условий его существования. К таким условиям относятся условия проворачивания кривошипа в шарнирном четырёхзвеннике, условие соблюдения заданного угла давления и ряд других.

При малом числе выходных параметров решение задачи оптимизации может быть получено в аналитической форме. В противном случае используются численные методы направленного, случайного или комбинированного поиска оптимальных решений.

### 6.3. Условия проворачиваемости кривошипа в шарнирном четырёхзвеннике

При проектировании (синтезе) механизма с ведущим звеном – кривошипом одним из учитываемых условий является проворачиваемость кривошипа. Данное условие иначе называется условием существования кривошипа.

Выполнение условия существования кривошипа обеспечивается определённым соотношением длин звеньев. Например, для того чтобы звено $AB$ четырёхзвенника (рис. 37) могло стать кривошипом, оно должно последовательно пройти через два крайних положения.

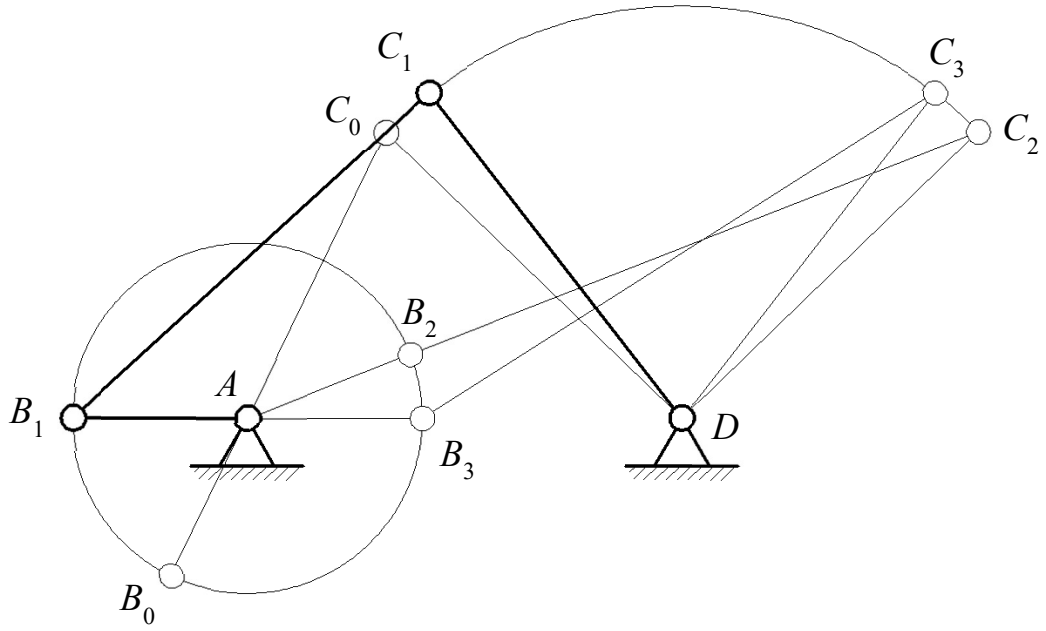



Рис. 37. Выполнение условия существования кривошипа

Используя три положения механизма, получим следующие условия для положений 1, 2, 3, предварительно обозначив длины звеньев $l_{AB} = a$; $l_{BC} = b$; $l_{CD} = c$; $l_{AD} = d$:

а) $a + d < b + c$ – положение 1;

б) $a + b < d + c$ – положение 2;

в) $c < b + d - a$ или $a + c < b + d$ – положение 3;

то есть сумма длин кривошипа и любого другого звена меньше суммы остальных звеньев.

Сложим попарно полученные неравенства и получим: $a < c$; $a < d$ ; $a < b$, то есть кривошип является самым коротким звеном.

А если данные условия не выполняются, то механизм будет либо двухкривошипным, либо двухкоромысловым. Эти условия используются при геометрическом синтезе.

## 6.4. Учёт углов давления в стержневых механизмах

Углы давления во многом определяют условия работы механизма. Угол давления (например, угол α на рис. 38) измеряется между вектором силы и вектором скорости в точке её приложения и влияет на трение и износ в кинематических парах.

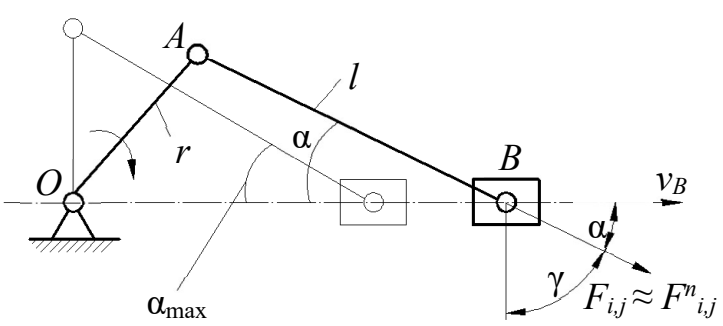



Рис. 38. Углы давления в стрежневом механизме

Поэтому максимальные значения углов давления при синтезе механизмов ограничивают допустимыми значениями [α] для исключения возможности заклинивания и предотвращения снижения КПД. Для упрощения расчётов, связанных с определением углов давления, обычно пренебрегают тангенциальными составляющими реакций, что позволяет находить наихудшие положения с точки зрения риска заклинивания и назначать длины звеньев $l_{min}$, обеспечивающие приемлемые условия работы при заданном [α], т. е. при выполнении условия $\alpha_{max} \leq [\alpha]$.

Углы $\gamma = 90° - \alpha$ называются углами передачи и ограничиваются при проектировании величиной $\gamma_{min}$.

## 6.5. Синтез четырёхзвенника по трём заданным положениям шатуна

Так как точки B и C шарнирного четырёхзвенника описывают дуги окружностей (рис. 39), то, проведя перпендикуляры через середины хорд, соединяющих концы шатуна в трёх положениях, получим центры вращения звеньев *AB* и *CD* (точки *A* и *D*). Вид синтеза – геометрический; способ синтеза – графический.

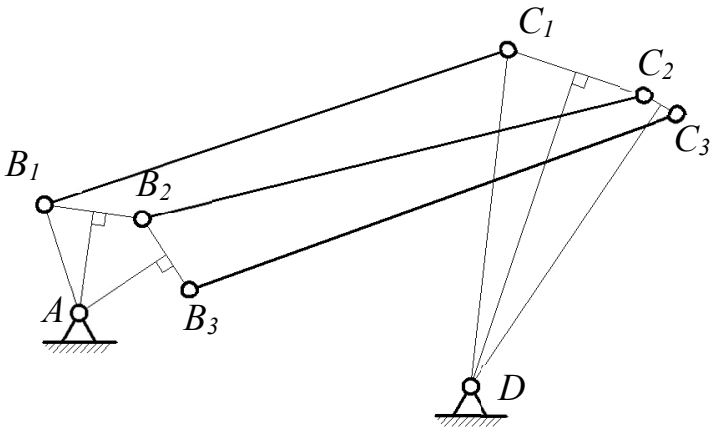



Рис. 39. Синтез четырёхзвенника

### 6.6. Синтез кривошипно-кулисного механизма по заданному коэффициенту изменения скорости хода

Схема кривошипно-кулисного механизма показана на рис. 40.

Одной из кинематических характеристик стержневого механизма может служить коэффициент изменения скорости хода $k_v$, представляющий собой отношение средней скорости холостого хода $v_{\text{х.х}}$ к средней скорости рабочего хода $v_{\text{р.х}}$.

При равномерном движении кривошипа коэффициент $k_v$ равен

$$k_v = \frac{v_{\text{х.х}}}{v_{\text{р.х}}} = \frac{s}{t_{\text{х.х}}} \cdot \frac{t_{\text{р.х}}}{s} = \frac{180° + \theta}{\omega} \cdot \frac{\omega}{180° - \theta} = \frac{180° + \theta}{180° - \theta}, \qquad (6.1)$$

где $s$ – ход ползуна; $t_{\text{р.х}}$ и $t_{\text{х.х}}$ – время рабочего и холостого хода; ω – угловая скорость кривошипа; θ – угол размаха кулисы.

При заданном $V$ $k$ можно определить  или наоборот. Используя дополнительные конструктивные соображения, можно определить размеры всех звеньев механизма.

Вид синтеза – кинематический; способ – графоаналитический.

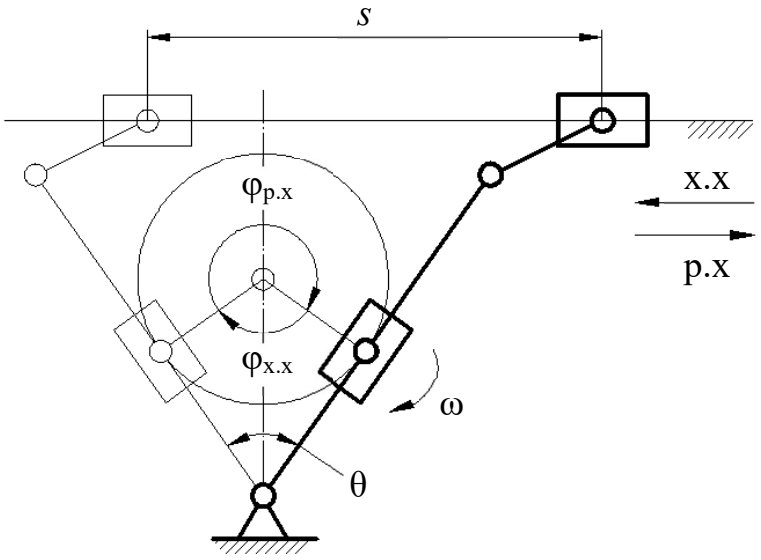



Рис. 40. Синтез кривошипно-кулисного механизма

## 6.7. Синтез кривошипно-ползунного механизма по некоторым заданным размерам

Кривошипно-ползунный механизм характеризуется пятью параметрами: $a$, $\varphi_1$, $\varphi_2$, $r = l_{OA}$, $l = l_{AB}$ (рис. 41), при этом можно записать два аналитических выражения, связывающие эти параметры:

$$\begin{aligned} \sin\varphi_1 &= \frac{a}{l+r}; \\ \sin\varphi_2 &= \frac{a}{l-r}. \end{aligned} \tag{6.2}$$

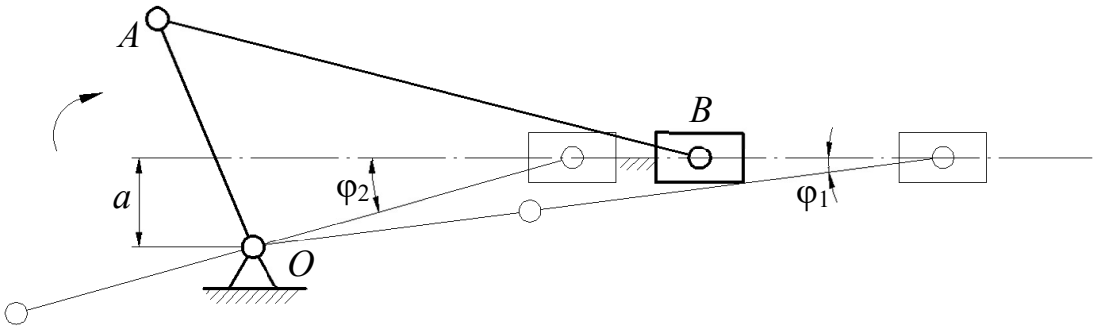



Рис. 41. Синтез кривошипно-ползунного механизма

Таким образом, задавая три параметра из пяти, можно определить два оставшихся из указанных выражений. Например, задав величины: $a$, $\varphi_1$ и $\varphi_2$, можно определить $r$ и $l$.

Вид синтеза – геометрический; способ – аналитический.

## 6.8. Понятие о синтезе механизма по заданному закону движения выходного звена

Пусть задан закон движения ведомого звена (угла поворота коромысла обозначен $\psi$) в зависимости от угла поворота кривошипа $\varphi$, например, в четырёхшарнирном механизме (рис. 42).

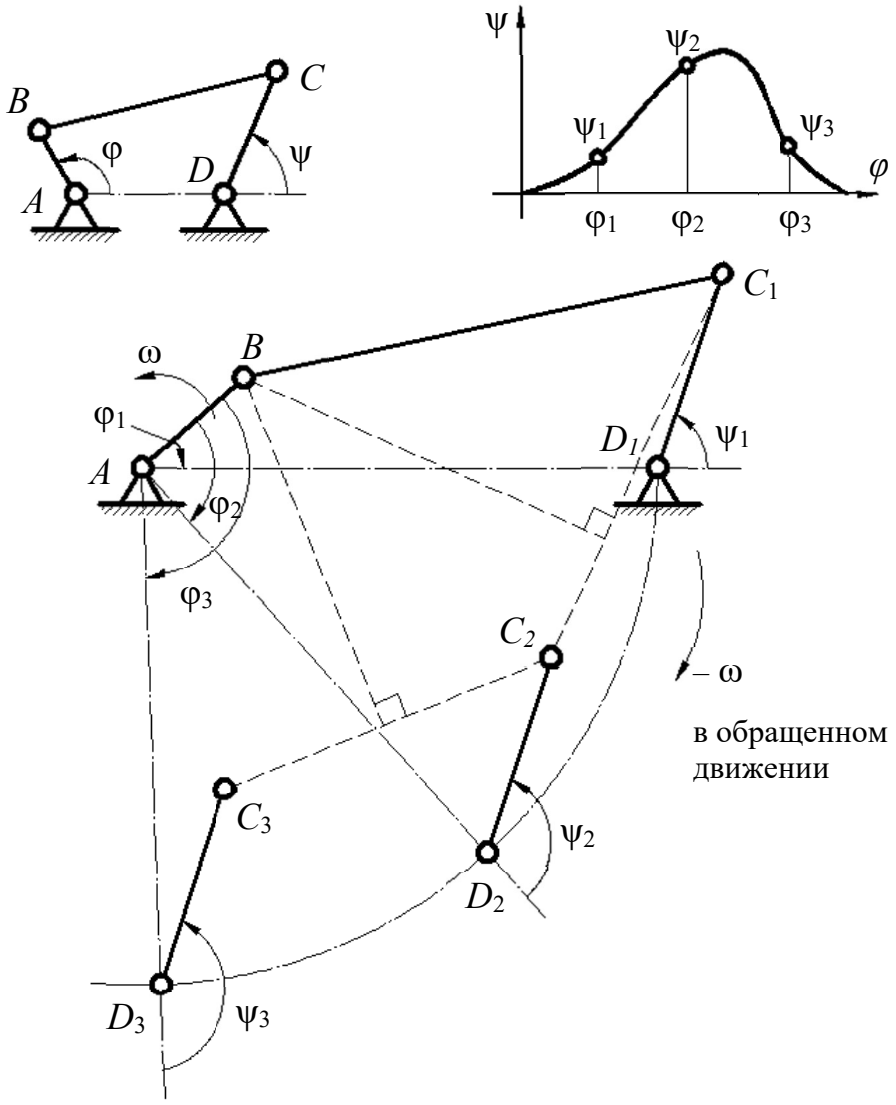



Рис. 42. Синтез механизма по заданному закону движения выходного звена

Приближенный синтез включает разбивку всего интервала по оси графика $\psi(\varphi)$ по оси абсцисс $\varphi$ на участки, соответствующие трём произвольным значениям $\varphi_1$, $\varphi_2$, $\varphi_3$. Используется метод обращения движения, когда механизму условно задаётся движение, обратное кривошипу. Если заданы длина коромысла и межцентровое расстояние, то по трём положениям в обращённом движении можно найти размеры шатуна и кривошипа согласно рис. 42, где точку *B* находят как центр вращения точки *C* в обращённом движении.

Существует постановка задачи, когда отыскивается оптимальный закон движения с точки зрения различных параметров: скорости, ускорения, работы динамических сил и т. д.

### 6.9. Понятие о синтезе механизма по заданной траектории

Часто требуется спроектировать механизм с заданной траекторией движения ведомого звена. Например, четырёхшарнирный механизм стрелы портального крана позволяет перемещать груз горизонтально при вращении стрелы в вертикальной плоскости (рис. 43).

Синтез таких механизмов осуществляется графическими и аналитическими методами с использованием теории функций с наибольшим приближением к заданной траектории. В этой области имеются работы Чебышева, который первым предложил решение задачи для лямбдообразного прямила Чебышева, положенного в основу конструкции стрелы портального крана.

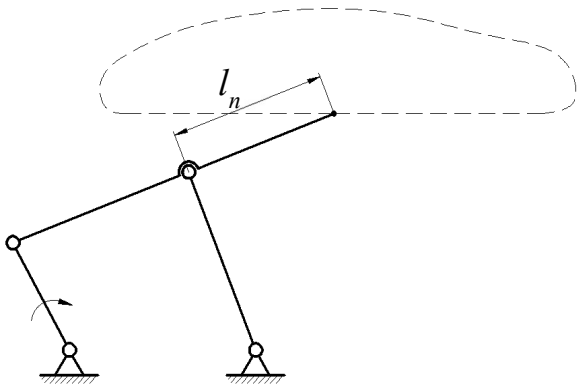



Рис. 43. Синтез механизма по заданной траектории

Искомыми параметрами являются длины звеньев, включая и $l_n$.

## 6.10. Общий порядок проектирования рычажного механизма

Процесс проектирования рычажного механизма включает следующие основные этапы:

1) производится синтез кинематической схемы (определяются длины звеньев по заданным условиям;

2) принимается упрощённый закон движения входного звена, определяются скорости и ускорения звеньев, производится приближённый силовой расчёт (определяются реакции в кинематических парах);

3) по найденным усилиям подбираются сечения звеньев и определяются их массы;

4) производится приведение сил и масс, подбор маховика и определение истинного закона движения звена приведения;

5) при найденном законе движения звена приведения находятся уточнённые значения скоростей и ускорений, определяются более точные величины реакций и производится проверка прочности и жёсткости звеньев. Размеры сечений и массы звеньев последовательно уточняются.

Иногда используют более простую последовательность, в которой расчёт ведётся при заданных длинах и массах звеньев, а также при упрощённом законе движения входного звена.

# 7. КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

## 7.1. Классификация кулачковых механизмов

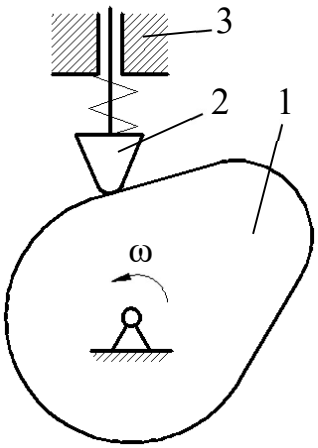



Рис. 44. Кулачковый механизм

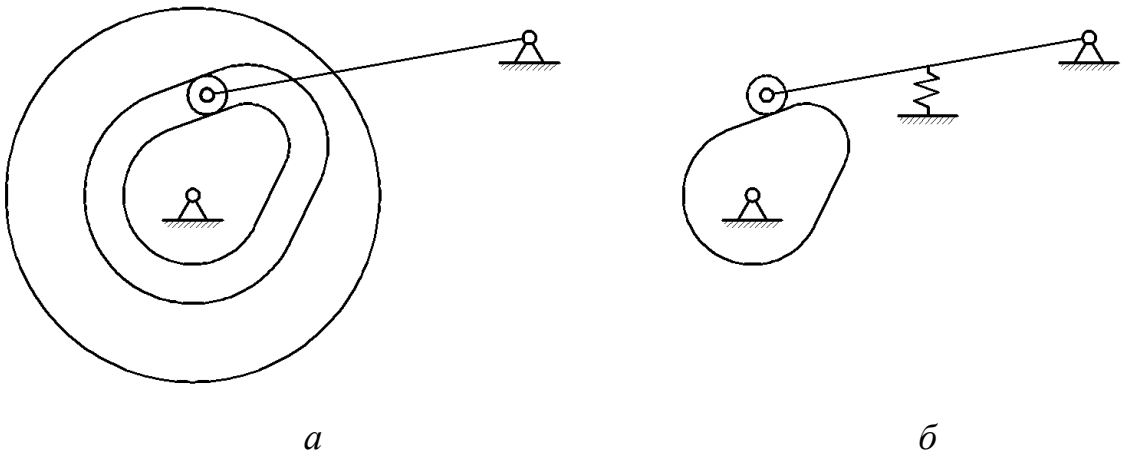
Кулачковые механизмы содержат хотя бы одну высшую кинематическую пару и состоят из кулачка 1, толкателя 2 и стойки 3 (рис. 44).

Степень подвижности такого механизма равна:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1. \qquad (7.1)$$

Основными достоинствами кулачковых механизмов является возможность получения заранее заданного закона движения толкателя с помощью кулачка. К недостаткам следует отнести большое удельное давление в точке контакта кулачка с толкателем, а также сложность изготовления профиля кулачка.

Постоянный контакт толкателя с кулачком обеспечивается с помощью кинематического (рис. 45, *а*) или силового замыкания (рис. 45, *б*).



*а* *б*

Рис. 45. Классификация кулачковых механизмов по типу контакта толкателя с кулачком: *а* – с кинематическим замыканием; *б* – с силовым замыканием

В зависимости от характера движения кулачка и толкателя возможно преобразование вращательного или поступательного движения кулачка во вращательное или поступательное движение толкателя (рис. 46). На рис. 46, *а* показан механизм с преобразованием поступательного движения в поступательное (плоский с тарельчатым толкателем); на рис. 46, *б* – с преобразованием вращательного движения в поступательное (плоский внеосный с плоским толкателем); на рис. 46, *в* – с преобразованием вращательного движения в поступательное (пространственный с роликовым толкателем).

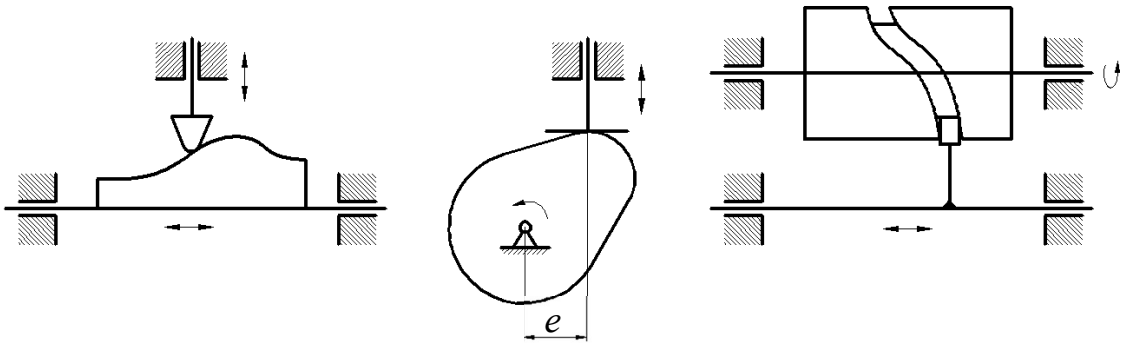



Рис. 46. Классификация кулачковых механизмов

Кулачковые механизмы могут быть плоскими (рис. 46, *а*, *б*) и пространственными (рис. 46, *в*), осевыми ($e = 0$) и внеосными ($e \neq 0$), с плоским, тарельчатым или роликовым толкателем. Назначение ролика – уменьшение трения и износа в контакте толкателя с кулачком.

Кулачковые механизмы, как правило, используются в машинах автоматического или полуавтоматического действия и обеспечивают функции «жёсткого» управления выполняемого процесса.

## 7.2. Кинематический анализ кулачковых механизмов

Основной задачей кинематического анализа является определение перемещений, скоростей и ускорений толкателя при заданных схеме механизма и профиле кулачка. Решение этой задачи может быть осуществлено аналитическими и графическими методами, первый из которых более точен, но сложен, а второй – менее точен, но более прост.

Рассмотрим графический метод на примере осевого механизма с роликовым толкателем. Анализ начинается с построения планов механизма. При этом используется метод обращения движения, когда всему механизму условно задают вращение с угловой скоростью (– ω), обратной скорости кулачка (рис. 47). Тогда толкатель в обращённом движении будет двигаться вокруг неподвижного кулачка, а центр ролика опишет кривую, отстоящую от профиля кулачка на расстояние радиуса *r* ролика и называемую *эквидистантой*. Построение профиля кулачка называется *профилированием.*

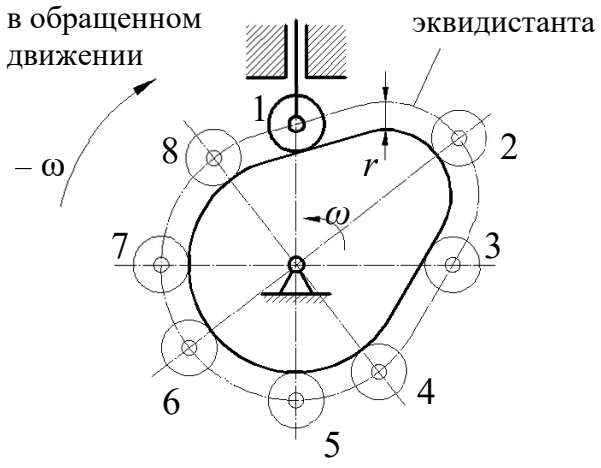


Рис. 47. Профилирование кулачка

Путь *s* любой точки толкателя при повороте кулачка на угол φ будет равен разности радиусов-векторов, соединяющих центр кулачка и соответствующие положения центра ролика.

На основе планов механизма можно построить диаграмму перемещений толкателя в координатах (*s*; φ) или (*s*; *t*), после чего определяются скорости *v*

(рис. 48) (аналоги скорости $\frac{ds}{d\varphi}$) и ускорения $a$ (аналоги ускорения $\frac{d^2s}{d\varphi^2}$) путём графического дифференцирования графиков $s(\varphi)$, $s(t)$, $v(t)$, $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$.

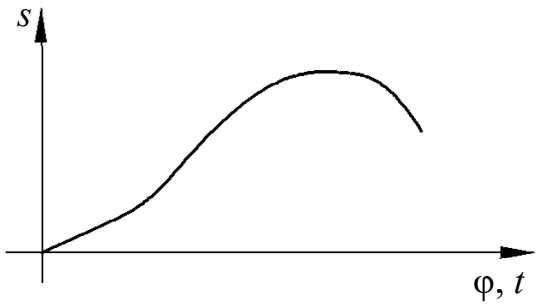



Рис. 48. Диаграмма перемещений толкателя

Движение толкателя имеет реверсивный характер за весь кинематический цикл, при этом наблюдаются четыре фазы движения толкателя (см. рис. 54), соответствующие четырём фазовым углам поворота кулачка: $\varphi_у$ – угол удаления (подъёма) толкателя; $\varphi_д$ – угол дальнего выстоя; $\varphi_в$ – угол возврата (опускания); $\varphi_б$ – угол ближнего выстоя.

С целью непосредственного определения скоростей и ускорений толкателя осуществляют условную замену высшей пары на низшую. Замена осуществляется так, что движение заменяемого механизма в момент замены соответствует движению заменяющего.

В общем случае мгновенный заменяющий механизм представляет шарнирный четырёхзвенник с подвижными шарнирами $A$ и $B$, расположенными в центрах кривизны, контактирующих в точке P профилей (рис. 49).

В частных случаях возможны различные варианты замены (рис. 50), при этом можно производить кинематический анализ кулачкового механизма как обычного стержневого.

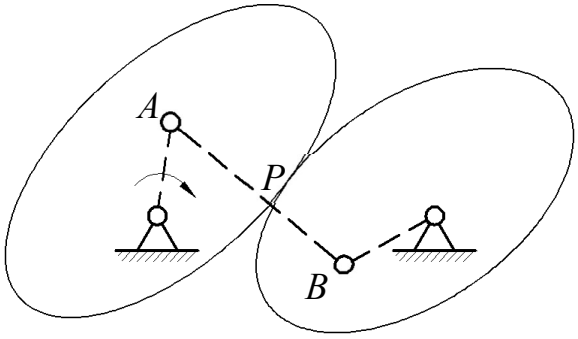



Рис. 49. Мгновенный заменяющий механизм

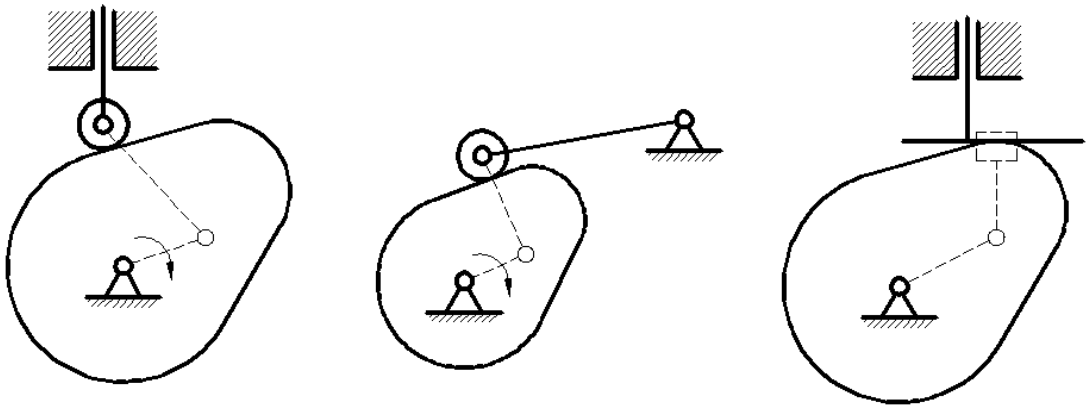


Рис. 50. Различные варианты замены кулачкового механизма

### 7.3. Некоторые вопросы динамического анализа кулачковых механизмов

Условия нормальной работы звеньев кулачкового механизма в существенной степени зависит от угла давления α между направлением усилия *F*, действующего на толкатель со стороны кулачка, и направлением скорости толкателя (рис. 51, *а*).

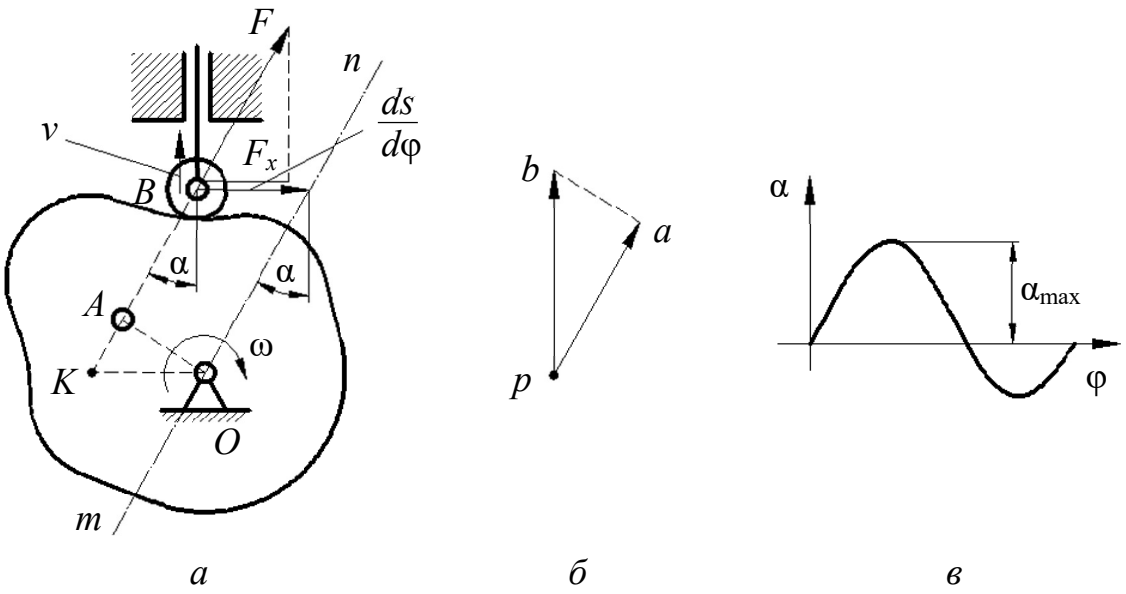
Угол давления – переменная величина, с увеличением которой возрастает опасность заклинивания механизма, т. к. увеличивается составляющая $F_x$, вызывающая трение в кинематических парах.

Обычно величину $\alpha_{max}$ ограничивают подбором размеров кулачка при условии, что

$$\alpha_{max} \le \begin{cases} 30° - \text{для механизмов с поступательным движением толкателя;} \\ 45° - \text{для механизмов с коромысловым толкателем.} \end{cases}$$

Рассмотрим задачу определения текущего угла α для любого положения механизма (рис. 51).

Построим заменяющий кривошипно-ползунный механизм *OAB*, где точка *A* совпадает с центром кривизны кулачка в точке его контакта с роликом (рис. 51, *а*).




*а* *б* *в*

Рис. 51. Динамический анализ кулачковых механизмов:
*а* – план положений; *б* – план скоростей заменяющего механизма; *в* – диаграмма изменения угла α

На рис. 51, *б* приведён план скоростей заменяющего механизма, где $\triangle pab \sim \triangle OAK$ (треугольники с взаимно перпендикулярными сторонами), поэтому

$$\frac{l_{OK}}{l_{OA}} = \frac{pb}{pa} = \frac{v_B}{v_A} = \frac{ds}{dt\omega l_{OA}} = \frac{ds}{dt} \cdot \frac{dt}{d\varphi l_{OA}}, \tag{7.2}$$

откуда

$$l_{OK} = \frac{ds}{d\varphi}. \tag{7.3}$$

Таким образом, отложив вектор $\frac{ds}{d\varphi}$ от точки *B* в направлении вектора скорости *v* толкателя, повёрнутого на 90° в сторону вращения кулачка, и проведя линию *mn* через точку *O* и конец вектора $\frac{ds}{d\varphi}$, получим угол α.

Можно решить обратную задачу, находя положение центра $O$ вращения кулачка при заданных значениях α и $\frac{ds_1}{d\varphi}, \frac{ds_2}{d\varphi}$ для двух положений толкателя (рис. 52).

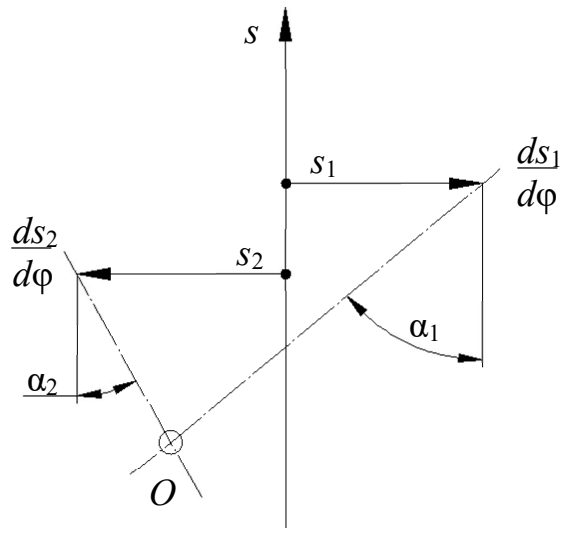



Рис. 52. Решение обратной задачи (нахождение положения центра вращения)

Из рис. 52 видно, что чем больших значений достигают углы давления α, тем меньшие габариты имеет механизм, но риск заклинивания при этом увеличивается.

## 7.4. Синтез кулачковых механизмов

### 7.4.1. Выбор закона движения толкателя

При проектировании кулачковых механизмов используются различные методы синтеза.

Если известен минимальный радиус ($r_{min}$) кулачка и закон его движения, то построение профиля – задача кинематического синтеза. Если $r_{min}$ должен определяться с условием отсутствия заклинивания, то построение профиля – задача динамического синтеза.

Вопрос о выборе закона движения толкателя отпадает в случае, если он полностью определяется той операцией, которую толкатель осуществляет, т. е. является исходно заданным. Однако во многих случаях заданы лишь частичные перемещения, скорости или ускорения толкателя и необходимо подобрать какой-либо закон движения на недостающих участках.

Например, может быть задано максимальное и минимальное перемещение толкателя по двум участкам $t_2$ и $t_4$ (рис. 53) в виде графика $s(t)$, показанного основной линией. На остальных участках $t_1$ и $t_3$ закон движения следует выбрать.

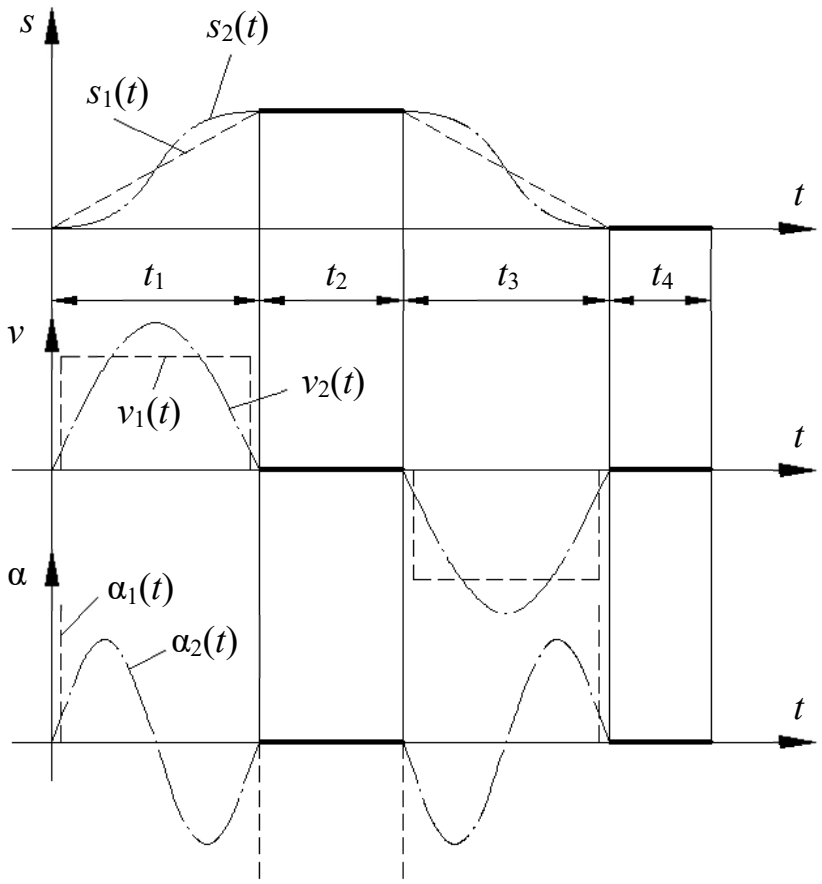


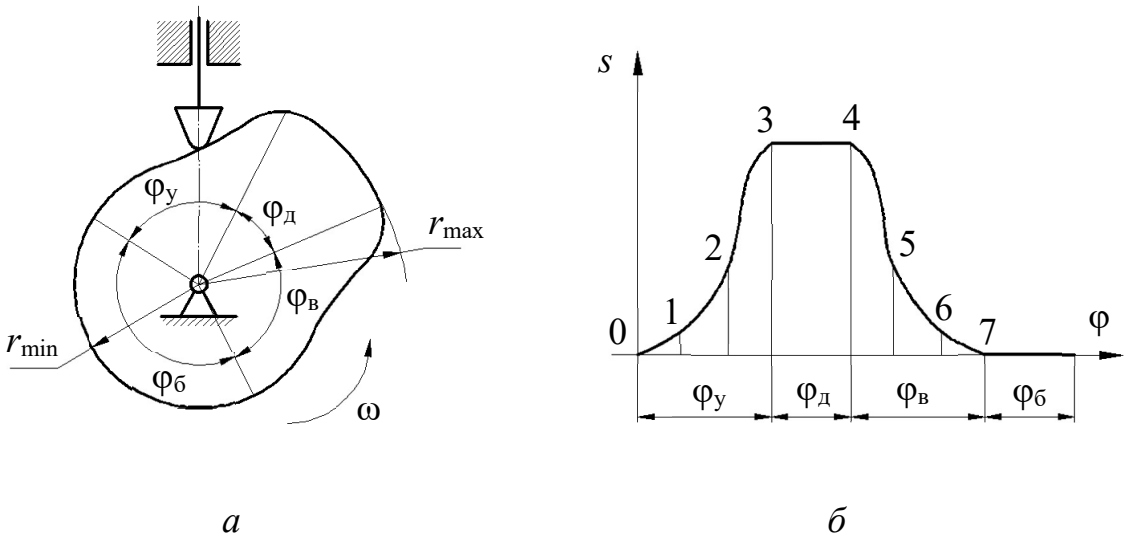

Рис. 53. Выбор закона движения толкателя

Из всех возможных законов движения необходимо выбирать оптимальный с точки зрения условий работы механизма. Одним из таких законов является синусоидальный закон $s_2(t)$, обеспечивающий плавную безударную работу механизма без резких изменений скорости и без больших значений ускорений, как, например, при выборе закона $s_1(t)$, где ускорения, а следовательно, силы инерции достигают больших величин, способных вызвать износ и поломку.

7.4.2. Профилирование кулачка

Рассмотрим графический метод получения профиля кулачка как задачу кинематического синтеза. В этом случае заданы схема кулачкового механизма, закон движения толкателя и $r_{min}$ кулачка. Профилирование осуществляется на основе закона движения толкателя. В качестве примера рассмотрим профилирование кулачка в осевом механизме с поступательно движущимся толкателем.

Схема механизма, диаграмма движения толкателя и $r_{min}$ кулачка даны (рис. 54).




*а* *б*

Рис. 54. Профилирование кулачка:
*а* – схема механизма; *б* – диаграмма движения толкателя

В начале размечаются основные размеры механизма в масштабе $\mu_l$, а также фазовые углы, причём углы $\varphi_у$ и $\varphi_в$ делятся на ряд равных частей в соответствии с диаграммой (рис. 54, *б*). Строятся начальное, а затем ряд последующих положений толкателя в обращённом движении (рис. 55, *а*), и полученные точки соединяются плавной кривой.

В случае построения профиля кулачка для механизма с роликовым толкателем сначала строится эквидистанта (центровой профиль) как и в

предыдущем случае, а затем и сам рабочий профиль кулачка, отстоящий от эквидистанты на величину радиуса ролика $r_{рол}$ (рис. 55, *б*).

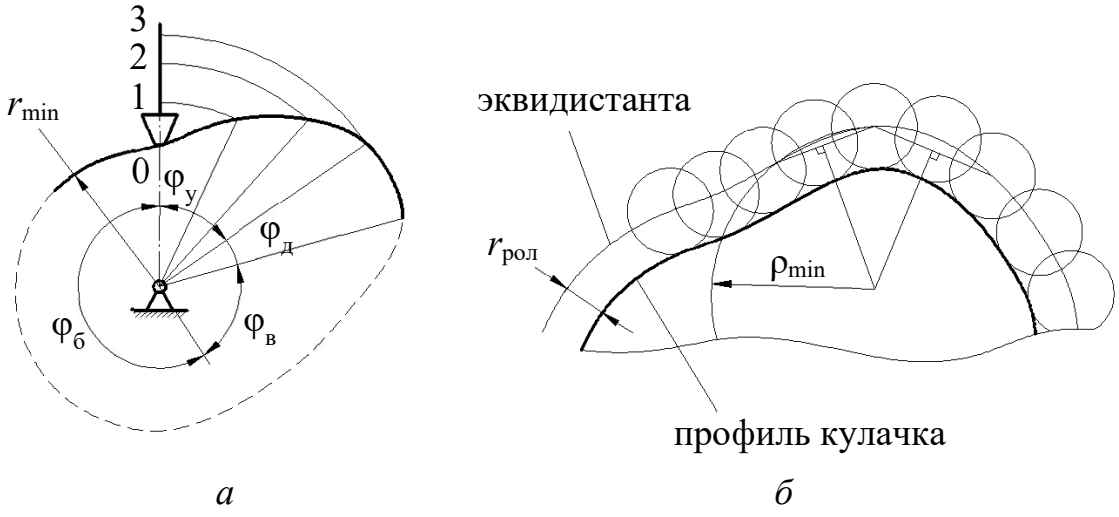


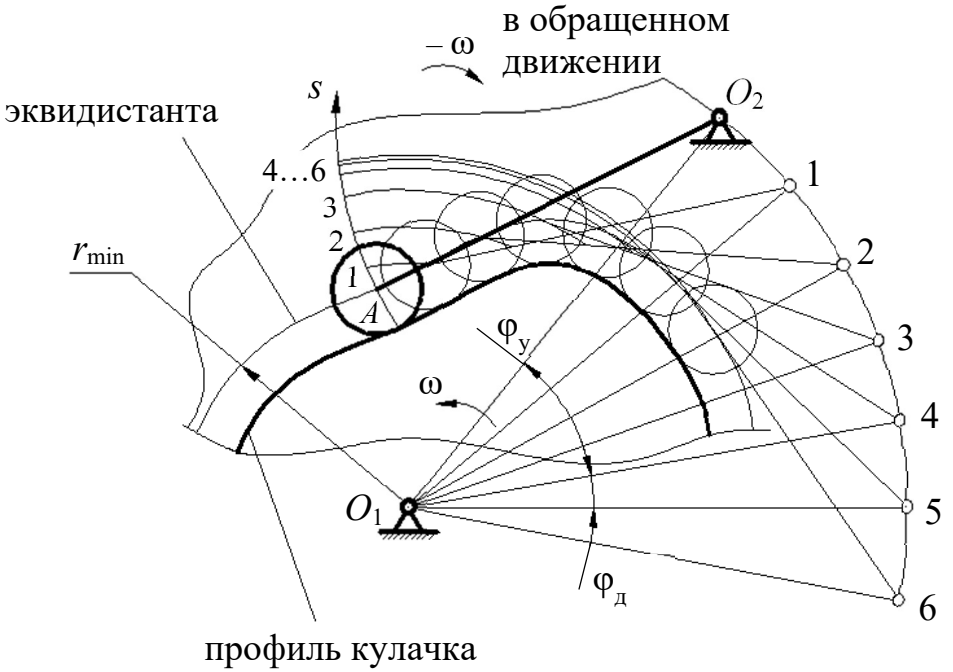

Рис. 55. Построение профиля кулачка:
*а* – ряд положений толкателя в обращенном движении; *б* – построение профиля кулачка для механизма с роликовым толкателем

Величина $r_{рол}$ выбирается из соотношения:

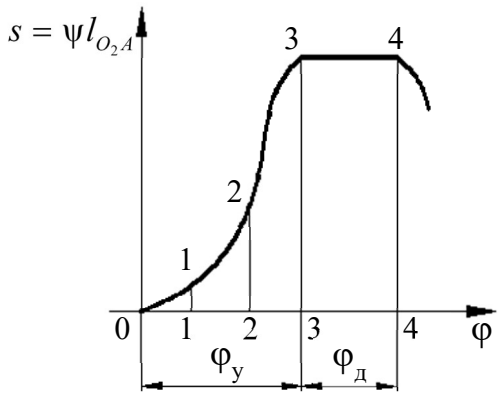
$$r_{рол} \le \min \begin{cases} 0{,}4 r_{min}; \\ 0{,}8 \rho_{min}, \end{cases} \qquad (7.4)$$

где $\rho_{min}$ – минимальный радиус центрового профиля кулачка, который можно определить графически по трём точкам в месте наибольшей кривизны эквидистанты (рис. 55, *б*).

Профилирование кулачка механизма с коромысловым толкателем состоит из аналогичных операций, т. е. после разметки межцентровых расстояний строится ряд положений коромысла в обращённом движении (рис. 56, *а*) в соответствии с заданной диаграммой $s(\varphi)$, часть которой показана на рис. 56, *б*.




*а*




*б*

Рис. 56. Профилирование кулачка механизма с коромысловым толкателем:
*а* – ряд положений коромысла в обращенном движении; *б* – диаграмма движения коромысла

### 7.4.3. Динамический синтез кулачкового механизма

Задача динамического синтеза заключается в нахождении центра вращения кулачка при условии минимизации размеров механизма, когда заданы закон движения толкателя и предельно допустимый угол давления $\alpha_{доп}$. В конечном итоге задача состоит в определении $r_{min}$ кулачка, после чего может быть выполнен кинематический синтез (профилирование).

Рассмотрим пример определения $r_{\min}$ кулачка для механизма с поступательно движущимся толкателем, когда заданы диаграммы перемещений $s(\varphi)$ и аналогов скоростей $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$, которые должны быть вычерчены в едином масштабе $\mu_s = \mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \ldots$

Путём исключения параметра φ вычерчивается совмещённая диаграмма $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$, как показано на рис. 57.

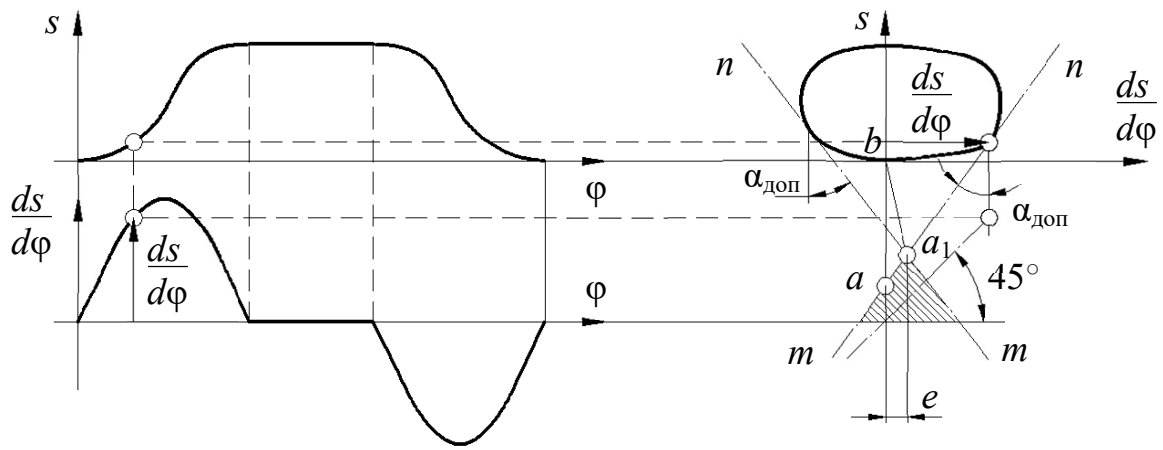



Рис. 57. Совмещенная диаграмма движения

Проведя касательные *mn* к диаграмме $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ под углами $\varphi_{доп}$, как показано на рис. 57, получим точку $a_1$ на их пересечении. Тогда отрезок $a_1b$ будет соответствовать в масштабе $\mu_s$ величине

$$r_{\min} = \mu_s \cdot (a_1 b) \tag{7.5}$$

для внеосного механизма со смещением оси толкателя $e \neq 0$ относительно центра вращения кулачка. Так как центр кулачка можно располагать в любой точке заштрихованной области, то при $e = 0$ получим

$$r = \mu_s \cdot (ab), \tag{7.6}$$

когда центр кулачка совпадает с осью толкателя.

Таким образом, габариты механизма уменьшаются при $e \neq 0$, т. к. центр кулачка приближается к точке $b$, а предельный угол давления $\varphi_{доп}$ остаётся неизменным.

Обычно при силовом замыкании такие построения делаются только для фазы удаления, т. к. на фазе возврата толкатель является ведущим звеном и заклинивания не происходит.

Для механизма с коромысловым толкателем построение совмещённой диаграммы $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ производится в пределах заданного максимального угла размаха коромысла $\psi_{max}$. Причём отрезки, равные $\frac{ds}{d\varphi}$ откладываются в масштабе $\mu_l$ от траектории точки $A$ коромысла по его оси в сторону вектора $\frac{ds}{d\varphi}$, повёрнутого на 90° в направлении вращения кулачка (рис. 58).

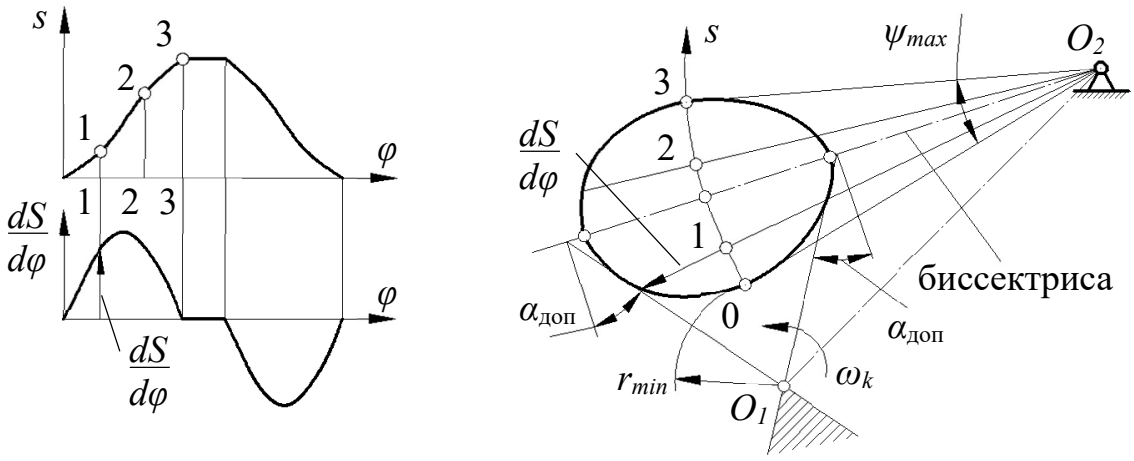



Рис. 58. Построение совмещенной диаграммы движения для механизма с коромысловым толкателем

Точки, полученные для нескольких положений коромысла, соединяют плавной кривой и строят допускаемую зону размещения центра вращения кулачка, которую приближённо можно получить, проведя касательные к диаграмме $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ под углами $\alpha_{доп}$, образованными биссектрисой угла $\psi_{max}$ и

перпендикулярами к ней (рис. 58, *б*). Выбранное положение центра $O_1$ в допускаемой (заштрихованной) зоне определяет величину $r_{\min}$ и межцентровое расстояние $O_1O_2$ между кулачком и коромыслом.

### 7.4.4. Аналитический способ синтеза кулачковых механизмов

При аналитическом методе синтеза вместо диаграмм в графической форме используются аналитические зависимости $s(\varphi)$, $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$ и т. д. Например, для осевого кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем профиль кулачка может быть представлен аналитической зависимостью вида

$$r = r_{\min} + s(\varphi). \qquad (7.7)$$

При заданном $r_{\min}$ и известной зависимости S(φ) можно получить профиль кулачка с любой заданной степенью точности.

### 7.4.5. Понятие о проектировании пространственных кулачковых механизмов

Распространённым методом синтеза пространственных механизмов является условная их замена плоским кулачковым механизмом. Тогда задача сводится к синтезу плоского механизма. Например, задача проектирования механизма с поступательно движущимся толкателем и вращающимся кулачком сводится при заданном законе $s(\varphi)$ к построению развёртки цилиндра, на которой по данным диаграммы строится теоретический и действительный профиль кулачка (рис. 59).

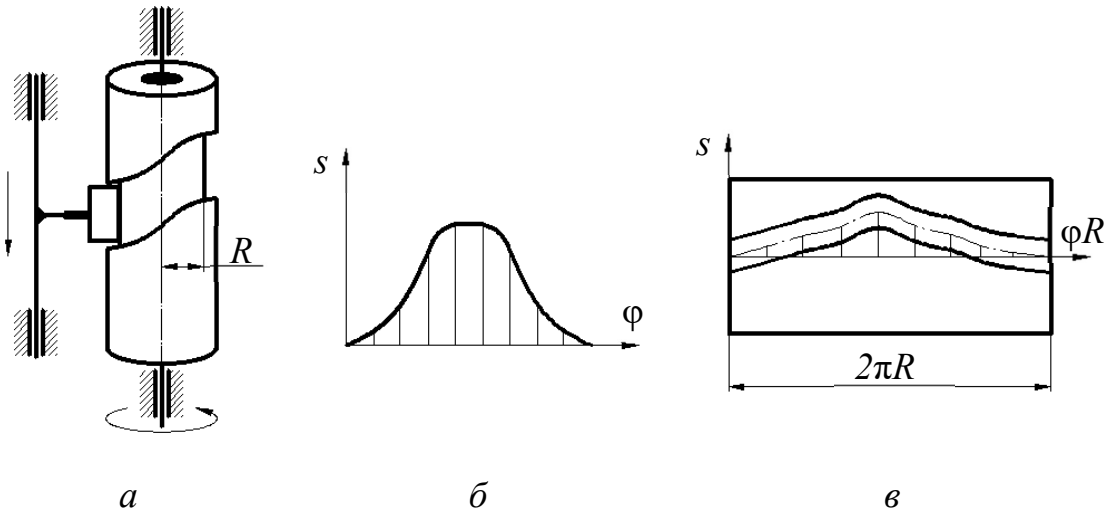



Рис. 59. Проектирование пространственного кулачкового механизма:
*а* – план механизма; *б* – диаграмма движения толкателя; *в* – развертка цилиндра

# 8. ФРИКЦИОННЫЕ И ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

## 8.1. Общие сведения о передачах вращения

Фрикционные и зубчатые механизмы предназначены для передачи вращательного движения с одного вала на другой с помощью деталей типа диска в основном цилиндрической формы. При этом, как правило, меняется величина угловой скорости и передаваемого момента, а также их направление. Вал, от которого передаётся движение, называется ведущим, а вал, которому передаётся движение – ведомым.

Оси валов могут быть параллельными, пересекаться или скрещиваться под различными углами. В первом случае механизм является плоским, в остальных случаях механизмы пространственные.

Если в механизме имеются только ведущие и ведомые валы и отсутствуют промежуточные вращающиеся звенья, то механизм называется *передачей.* Передача вращения может осуществляться:

1) путём непосредственного соприкосновения двух дисков, жёстко связанных с ведущим и ведомым валами (фрикционная, червячная, зубчатая);

2) посредством промежуточных гибких тел, сцепляющихся с дисками, которые жёстко связаны с ведущим и ведомым валами (ременная, цепная, волновая).

Отношения угловых скоростей вращения обоих валов передачи называется *передаточным отношением* (*i*), которое характеризует процесс преобразования движения количественно.

Отношения угловой скорости ведущего вала к угловой скорости ведомого называется *передаточным числом* (*u*), которое определяет направление передачи энергии.

Величина *i* и *u* может меняться или оставаться постоянным за время одного оборота ведущего вала.

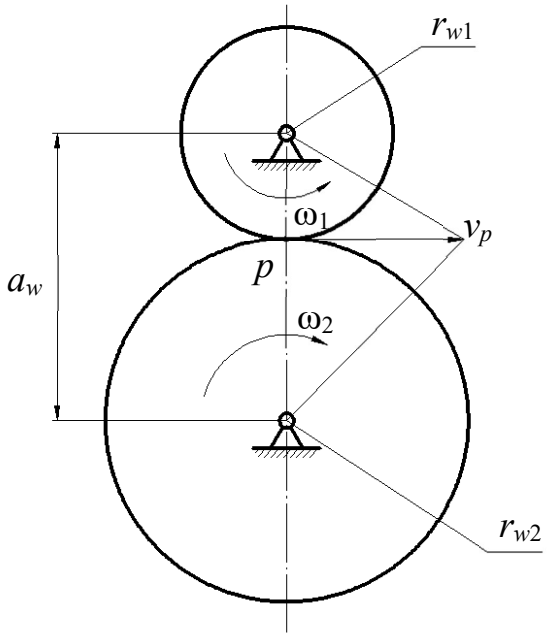



Рис. 60. Схема передачи вращения

Любую передачу можно схематично представить в виде двух начальных поверхностей, контактирующих между собой, а плоскую передачу – в виде двух начальных окружностей с радиусами $r_{w1}$ и $r_{w2}$, перекатывающихся друг по другу без скольжения и контактирующих в полюсе $p$ (рис. 60).

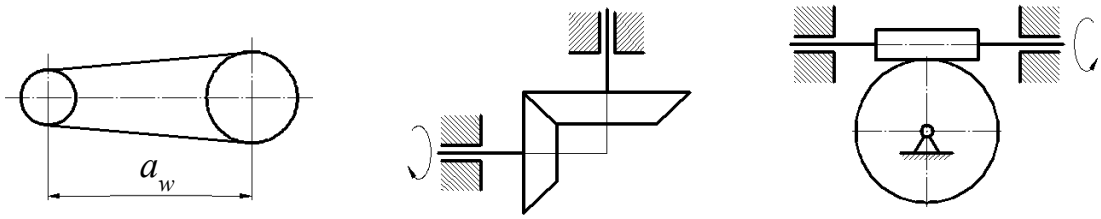
Тогда

$$v_p = r_{w1}\omega_1 = r_{w2}\omega_2, \qquad (8.1)$$

откуда следует выражение для передаточного отношения

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w2}}{r_{w1}}. \qquad (8.2)$$

Аналогично можно изобразить ременную или цепную передачи, а также пространственные передачи (рис. 61).




*а* *б* *в*

Рис. 61. Схематические обозначения различных типов передач:
*а* – ременная или цепная передача; *б* – коническая зубчатая передача;
*в* – червячная передача

## 8.2. Фрикционные передачи

Одной из наиболее простых и во многих случаях достаточно надёжной является фрикционная передача, состоящая в простейшем случае из двух колёс (роликов), закреплённых на ведущем и ведомом валах. Для передачи движения без скольжения необходимо приложить к одному из роликов силу $Q$, достаточную для возникновения трения в месте контакта (рис. 62), при этом касательная сила их сцепления равна по величине передаваемого окружному усилию.

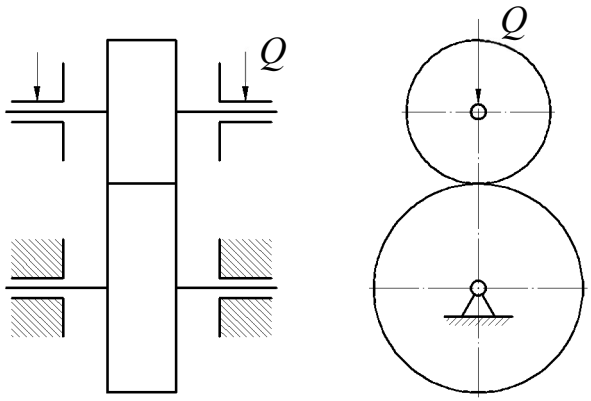
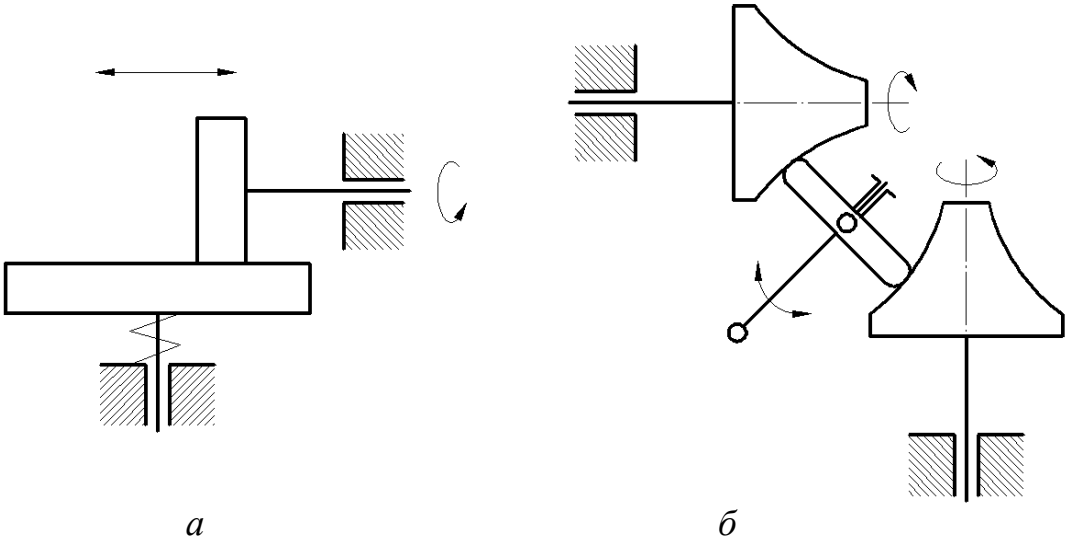



Рис. 62. Фрикционная передача

Фрикционные передачи могут быть с постоянным и переменным передаточным отношением. Передачи с переменным передаточным отношением называются *вариаторами* (рис. 64).



*а* *б*

Рис. 63. Вариаторы: *а* – лобовой; *б* – торовый

Достоинствами фрикционных передач являются: плавность и бесшумность в работе, простота конструкции, невозможность поломки при резком изменении крутящего момента на одном из валов благодаря возможности проскальзывания роликов, возможность бесступенчатого регулирования скоростей.

Недостатками являются: необходимость прижимного устройства, непостоянство передаточного отношения, невозможность передачи значительных крутящих моментов.

В связи с указанными недостатками фрикционные передачи не получили такого широкого распространения как зубчатые.

### 8.3. Зубчатые передачи. Виды и классификация

Зубчатые передачи осуществляют передачу вращательного движения с одного вала на другой с помощью цилиндрических, конических, червячных колёс, имеющих специально профилированные зубья, при этом зубчатые колёса могут иметь прямые, косые, спиральные, шевронные зубья и т.д. (рис. 64).

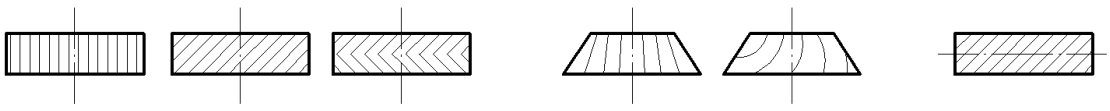



Рис. 64. Виды зубчатых колес:
*а* – цилиндрические колеса; *б* – конические колеса; *в* – червяк

При использовании колёс с непрямыми зубьями повышается плавность и бесшумность работы и увеличивается нагрузочная способность передачи.

В зубчатых передачах с пересекающимися осями в качестве начальных поверхностей используются усечённые конусы, вершины которых пересекаются в одной точке (рис. 65, *а*), а в передачах с перекрещивающимися

осями теоретическими начальными поверхностями являются гиперболоиды вращения (рис. 65, *б*). Такие передачи называются *гиперболоидными*.

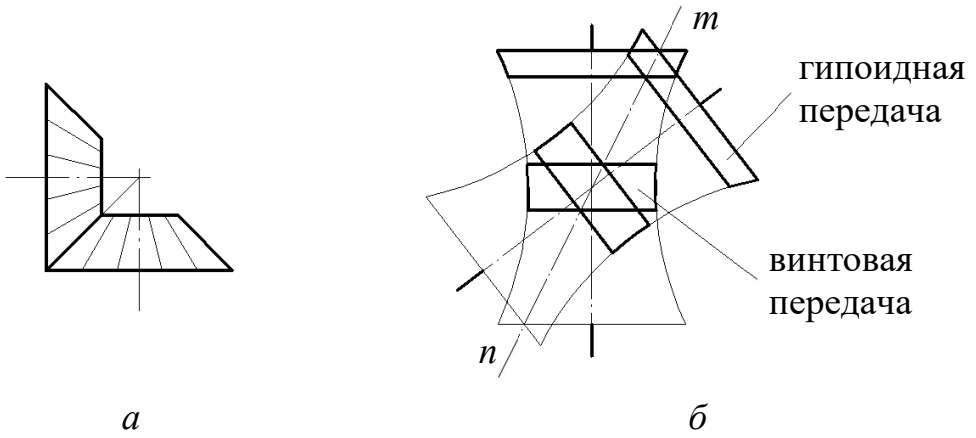



Рис. 65. Начальные плоскости зубчатых передач: *а* – зубчатая передача с пересекающимися осями; *б* – зубчатая передача с перекрещивающимися осями

При использовании колёс с непрямыми зубьями повышается плавность и бесшумность работы и увеличивается нагрузочная способность передачи.

В зубчатых передачах с пересекающимися осями в качестве начальных поверхностей используются усечённые конусы, вершины которых пересекаются в одной точке (рис. 65, *а*), а в передачах с перекрещивающимися осями теоретическими начальными поверхностями являются гиперболоиды вращения (рис. 65, *б*). Такие передачи называются *гиперболоидными*.

Контакт зубьев колёс в таких передачах происходит по прямолинейным образующим *mn*. В машиностроительной практике ограничиваются отдельными короткими частями гиперболоидов. Например, используя среднюю часть гиперболоидов, получают винтовую зубчатую передачу, а если использовать усечённые конусы, близкие по профилю к гиперболоидам в их широкой части, то получим так называемую *гипоидную передачу* (рис. 65, *б*).

Частным случаем винтовой передачи является червячная передача, в которой малое колесо называется *червяком*, а большое – *червячным колесом* (рис. 66).

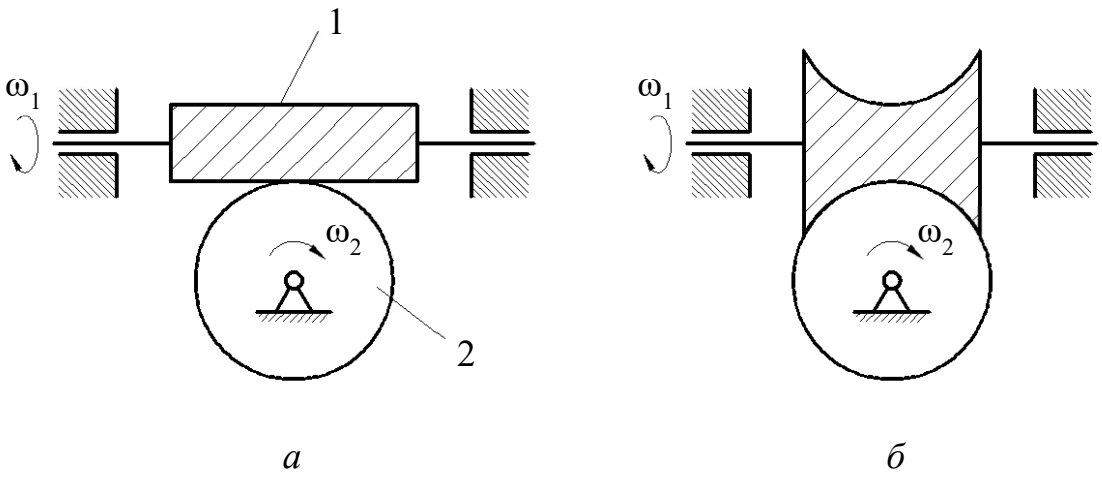



Рис. 66. Червячная передача:
*а* – передача с цилиндрическим червяком; *б* – передача с тороидным (глобоидным) червяком

Червячные передачи могут быть с одно и многозаходными червяками, при этом число заходов червяка равно числу его зубьев.

Червячные передачи позволяют обеспечить большое передаточное отношение при сравнительно малых габаритах вследствие малого числа $z_1$ зубьев (заходов) на червяке (обычно $z_1$ = 1; 2; 4). Однако коэффициент КПД передачи ниже, чем у цилиндрической.

Широко употребляются следующие значения передаточных отношений для зубчатой пары: 1…6 – для цилиндрических передач; 1…4 – для конических передач; 10…40 – для червячных передач.

По форме профиля зуба различают передачи *эвольвентные, циклоидные, цевочные*, а также *передачи с зацеплением Новикова*.

Наибольшее распространение получили эвольвентные передачи с профилем, предложенным Л. Эйлером в 1754 г. Преимуществом этого профиля является простота изготовления, достаточно высокая нагрузочная способность, малая чувствительность к неточностям межцентрового расстояния. Однако эвольвентный профиль удовлетворяет не всем требованиям, предъявляемым к современным зубчатым передачам. Так, например, в мощных передачах внешнего зацепления, где контактируют

выпуклые зубья с малыми радиусами кривизны профилей, происходит их быстрое разрушение из-за недостаточной контактной прочности. Одним из путей повышения контактной прочности является использование внутреннего зацепления, в котором профиль зуба одного из колёс вогнутый.

Другой путь – применение передач с зацеплением Новикова, где выпуклые профили зубьев одного из колёс, очерченные по дуге окружности, контактируют с вогнутыми профилями другого колеса. При этом нагрузочная способность передачи повышается в два – три раза по сравнению с эвольвентной, а также уменьшаются потери на трение.

Одной из интересных и перспективных передач является так называемая волновая передача (рис. 67), состоящая из жёсткого 1 и гибкого 2 зубчатых колёс, а также генератора волн 3 с роликами 4. При вращении генератора 3, благодаря разнице чисел зубьев жёсткого и гибкого колёс, приводится во вращение колесо 2, причём передаточное отношение может быть очень большим ($i$ = 40...400). Изобретатель волновой передачи У. Массер (США, 1959 г.) указывал на возможность использования треугольного профиля зубьев.

К зубчатым передачам относятся передачи с некруглыми, секторными

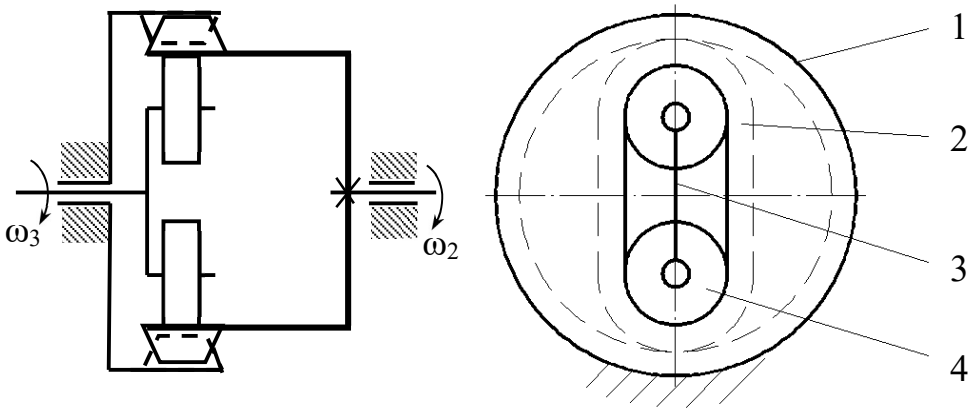



Рис. 67. Волновая передача

колёсами, колёсами, имеющими зубья на части обода и т. д.

Обычно в зубчатых передачах меньшее колесо называется *шестерней*.

Выбор той или иной передачи зависит от традиционной области её применения и конкретных функциональных особенностей механизма, в котором эта передача будет использована.

### 8.4. Основная теорема зацепления (теорема Виллиса)

Для постоянства передаточного отношения при зацеплении двух профилей зубьев необходимо, чтобы радиусы начальных окружностей зубчатых колёс, перекатывающихся друг по другу без скольжения, оставались неизменными. Если рассмотреть обращённое движение начальных окружностей (рис. 68, *а*), когда всей системе задана угловая скорость ($-\omega_2$), то второе колесо будет условно неподвижным и точка *p* является мгновенным центром относительного вращения колёс. Эта точка, называемая *полюсом зацепления*, где контактируют начальные окружности, делит межцентровое расстояние на отрезки, обратно пропорциональные угловым скоростям, т. к. при $r_w = const$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w1}}{r_{w2}} = const. \qquad (8.1)$$

Рассмотрим обращённое движение профилей зубьев зубчатых колёс (рис. 68).

Точка контакта зубьев (точка *k*), принадлежащая первому колесу, вращается вокруг точки *p*, которая будет мгновенным центром скоростей. Скорость $v_k \perp pk$ и совпадает с общей касательной к профилям в точке *k* при условии постоянства этого контакта. В противном случае постоянного контакта не будет, так как появится составляющая $v_k''$, и профили разомкнутся (рис. 69). Так как рассматривается произвольное положение зубьев, то можно сформулировать теорему.

**Нормаль *n – n* к касающимся профилям зубьев, проведённая через точку их касания, делит межцентровое расстояние на части, обратно пропорциональные угловым скоростям.**

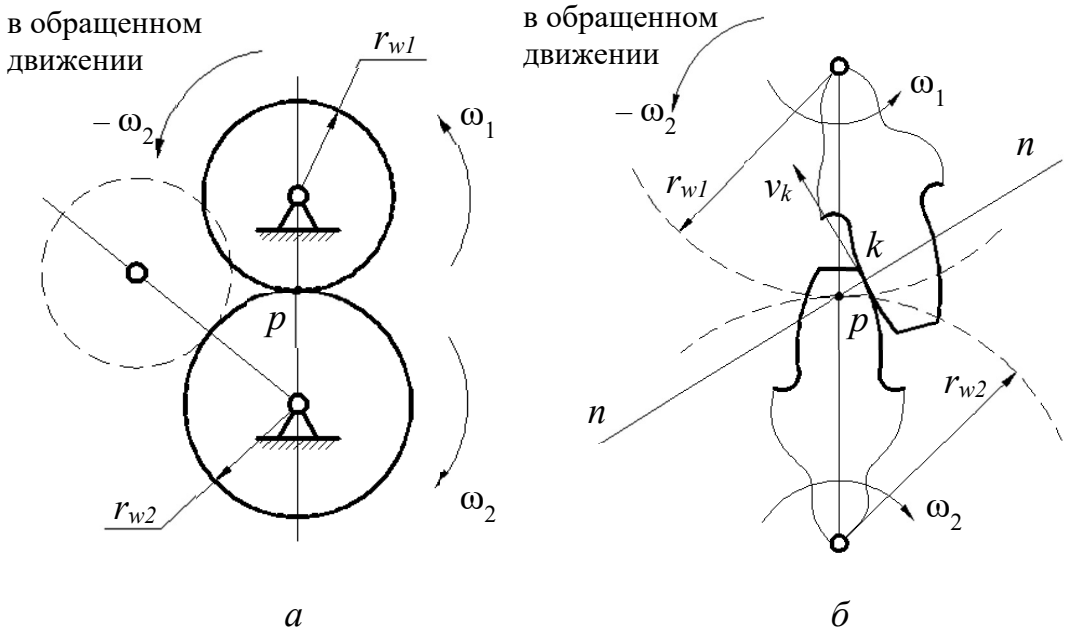



Рис. 68. Обращенное движение зубчатых колес:
*а* – обращенное движение зубчатых колес; *б* – обращенное движение профилей зубьев

Эта теорема, сформулированная Р. Виллисом в 1841 г., определяет основной закон зацепления профилей, которые не могут быть произвольными, а должны быть специально подобраны.

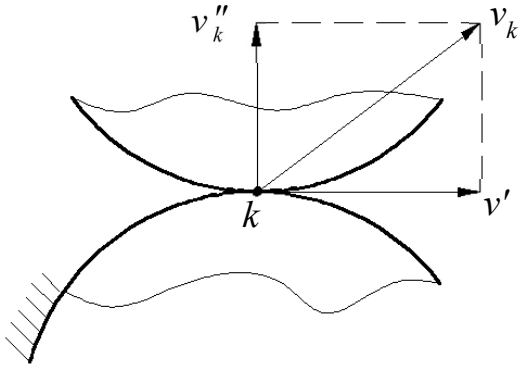



Рис. 69. Размыкание контакта в точке *k*

## 8.5. Эвольвента и её свойства

Наибольшее применение получили эвольвентные зубчатые передачи с профилем зубьев, очерченным по эвольвенте (рис. 70).

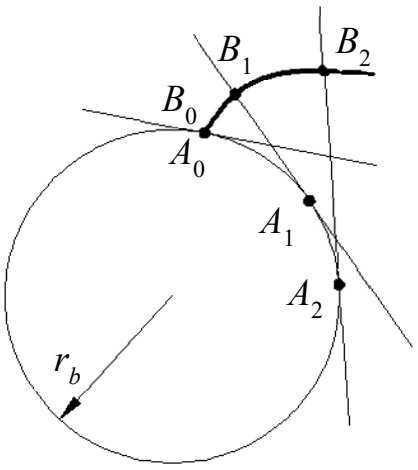



Рис. 70. Эвольвента круга

*Эвольвентой круга* называется траектория точки, лежащей на прямой, которая перекатывается без скольжения по окружности радиуса $r_b$, называемой *основной*.

Эвольвента имеет следующие свойства:

1) начинается с основной окружности;

2) нормаль к эвольвенте является касательной к основной окружности;

3) радиус кривизны эвольвенты в каждой её точке лежит на нормали к эвольвенте в этой точке.

Основная окружность представляет собой геометрическое место центров кривизны эвольвенты и является её *эволютой*.

### 8.6. Геометрия эвольвентного зацепления

В процессе зацепления зубья касаются друг друга различными точками профиля (рис. 71). Так как эти точки лежат на нормали к профилям, которая одновременно является касательной к обеим основным окружностям, то совокупность точек касания (линия *ab* ) совпадает с общей для обеих основных окружностей касательной *n – n*.

Эта линия называется *теоретической линией зацепления*, а линия *ab* длиной $g_\alpha$ является её активной частью, где располагаются все точки контакта зубьев. Угол $\alpha_w$, измеряемый между нормалью *n – n* к профилям в полюсе зацепления *p* и общей касательной к обеим начальным окружностям, называется *углом зацепления*. Таким образом:

$$\begin{aligned} r_{b1} &= r_{w1}\cos\alpha_w; \\ r_{b2} &= r_{w2}\cos\alpha_w. \end{aligned} \qquad (8.2)$$

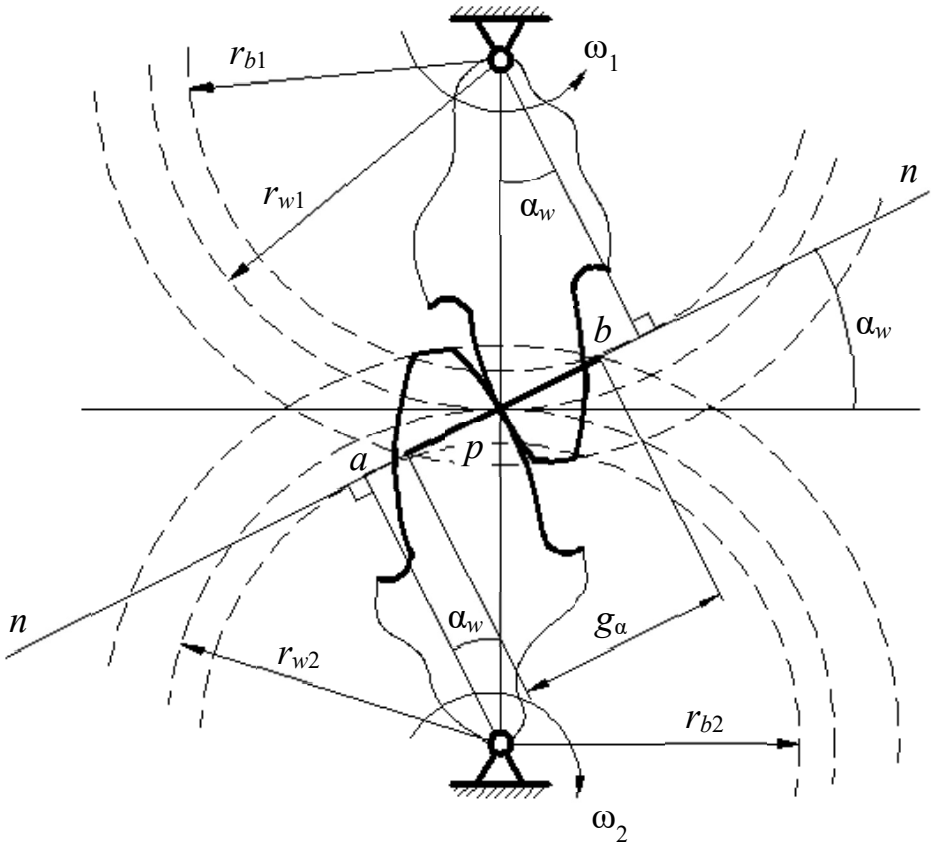



Рис. 71. Геометрия эвольвентного зацепления

### 8.7. Качественные показатели зацепления

Одним из качественных показателей зубчатой передачи является коэффициент перекрытия $\varepsilon_\alpha$, равный

$$\varepsilon_\alpha = \frac{g_\alpha}{p_b}, \tag{8.3}$$

где $p_b$ – шаг по основной окружности (расстояние между сходственными точками двух соседних зубьев, замеренное по дуге основной окружности).

Коэффициент $\varepsilon_\alpha$ показывает, сколько пар зубьев в среднем одновременно находится в зацеплении. Для прямозубой передачи обычно $1 < \varepsilon_\alpha < 2$. Чем больше $\varepsilon_\alpha$, тем более плавно и бесшумно работает передача.

Другим качественным показателем является коэффициент скольжения, который учитывает влияние геометрии передачи и её кинематики на

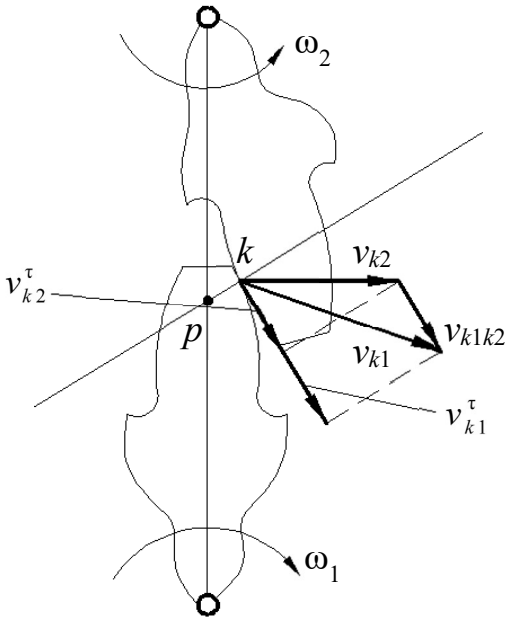


Рис. 72. План скоростей в зубчатом зацеплении

скольжение и износ профилей, скользящих друг по другу (рис. 72), что видно из плана скоростей.

На плане:

$v_{k1}$ – скорость точки $k$ первого профиля;

$v^{\tau}_{k1}$ – проекция этой скорости на касательную к контактирующим профилям;

$v_{k2}, v^{\tau}_{k2}$ – то же для колеса 2.

Скорость скольжения колес 1 и 2 относительно друг друга равна:

$$v_{c.k} = v_{k1k2} = v^{\tau}_{k1} - v^{\tau}_{k2}. \qquad (8.4)$$

Коэффициенты скольжения колёс 1 и 2 равны:

$$\lambda_1 = \frac{v_{c.k}}{v^{\tau}_{k1}}; \qquad \lambda_2 = \frac{v_{c.k}}{v^{\tau}_{k2}}. \qquad (8.5)$$

Эти коэффициенты равны нулю в полюсе (точка $p$) и увеличиваются с удалением от него по линии зацепления.

Таким образом, чем длиннее линия зацепления, (и чем больше коэффициент перекрытия $\varepsilon_\alpha$), тем больше скольжение и износ профилей зубьев.

## 8.8. Основные параметры зубчатых колёс

Основными параметрами зубчатого колеса являются (рис. 73):

$z$ – число зубьев;

$r_a$ ($d_a$) – радиус (диаметр) окружности выступов;

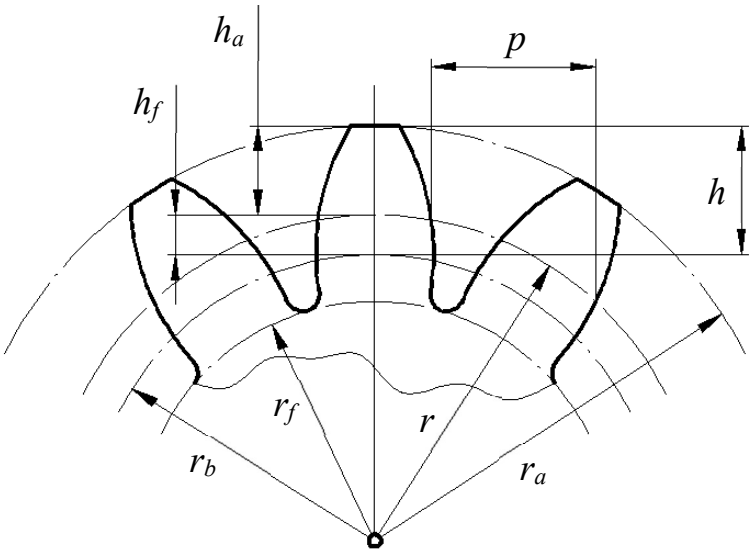



Рис. 73. Основные геометрические параметры зубчатого колеса

$r_f$ ($d_f$) – радиус (диаметр) окружности впадин;

$r_b$ ($d_b$) – радиус (диаметр) основной окружности;

$r$ ($d$) – радиус (диаметр) делительной окружности, т. е. окружности, которая является начальной в станочном зацеплении колеса с режущим инструментом;

$p$ – шаг зубьев по делительной окружности;

$m$ – модуль зацепления, определяемый следующим образом:

$$d = zm = \frac{zp}{\pi},$$
$$m = \frac{p}{\pi}; \tag{8.6}$$

$h$ –высота зуба, равная

$$h = h_a + h_f, \tag{8.7}$$

где $h_a = m$ – высота головки зуба;

$h_f = 1{,}25\ m$ – высота ножки зуба;

Величина $m$ стандартизирована и выражена в миллиметрах, а делительная окружность является окружностью стандартного модуля.

Обычно используется угол зацепления α =20°.

## 8.9. Методы нарезания зубчатых колёс

Существует два принципиально различных метода нарезания: метод копирования и метод обкатки.

В методе копирования впадина зубчатого колеса фрезеруется на универсальном фрезерном станке фасонными дисковыми или пальцевыми фрезами, профиль которых соответствует профилю впадины (рис. 74). Затем заготовку поворачивают на угол 360° / *z* и выполняют следующую впадину. При этом используется делительная головка, а также имеются наборы фрез для нарезания колёс с различным модулем и различным числом зубьев. Метод имеет низкую производительность и применяется в мелкосерийном и единичном производстве.

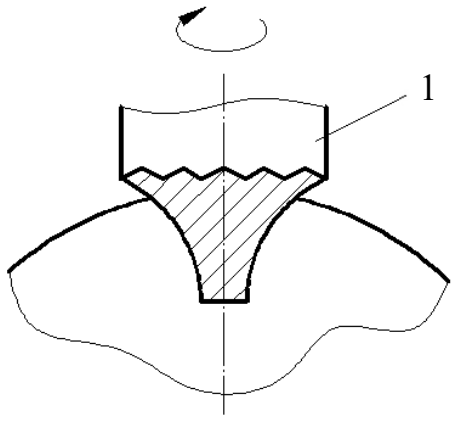



Рис. 74. Метод копирования:
1 – пальцевая модульная фреза

Метод обкатки (другое название – метод огибания) может производиться с помощью инструментальной рейки (гребёнки) на зубострогальном станке; долбяком на зубодолбёжном станке или червячной фрезой на зубофрезерном станке. Этот метод высокопроизводителен и применяется в массовом и крупносерийном производстве. Одним и тем же инструментом можно нарезать колёса с различным числом зубьев. Нарезание с помощью инструментальной рейки имитирует реечное зацепление (рис. 75, *а*), где профиль зуба образуется как огибающая последовательных положений профиля инструмента, угол исходного контура которого α=20º (рис. 75, *б*). Зацепление между режущим инструментом и нарезаемым колесом называется *станочным*. В станочном зацеплении начальная окружность всегда совпадает с делительной.

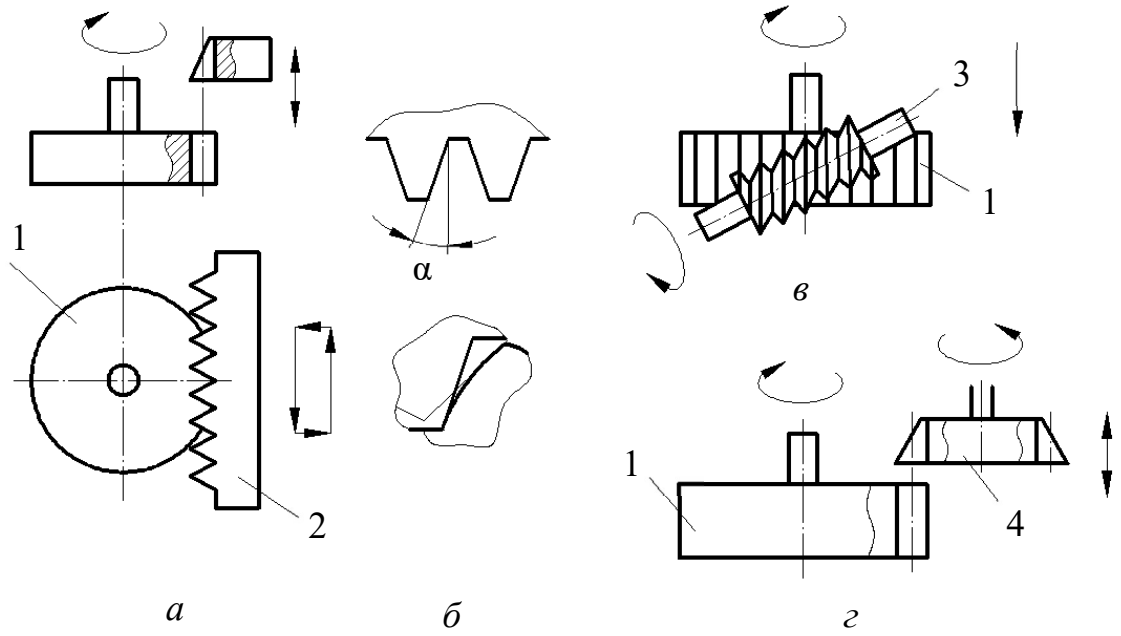



Рис. 75. Метод обкатки:
а) – нарезание с помощью инструментальной рейки; б) – формирование профиля зуба;
в) – нарезание с помощью червячной фрезы; г) – нарезание долбяком;
1 – заготовка; 2 – рейка; 3 – фреза; 4 – долбяк

Самым производительным из рассмотренных методов является зубофрезерование с помощью червячных фрез, которые находятся в зацеплении с заготовкой по аналогии с червячной передачей (рис. 75, *в*).

При нарезании долбяком осуществляется его возвратно поступательное движение при одновременном вращении. Фактически при этом осуществляется зацепление заготовки с инструментальным зубчатым колесом – долбяком (рис. 75, *г*). Этот метод чаще всего используется при нарезании внутренних зубчатых венцов.

Все рассмотренные методы используются для нарезания цилиндрических колёс как с прямыми, так и с косыми зубьями.

## 8.10. Корригирование зубчатых колёс

При нарезании колёс режущий инструмент можно располагать ближе к заготовке или дальше от неё. Положение инструмента определяется расстоянием между делительной окружностью колеса и так называемой модульной прямой рейки, проходящей через середину высоты зуба режущего инструмента (рис. 76).

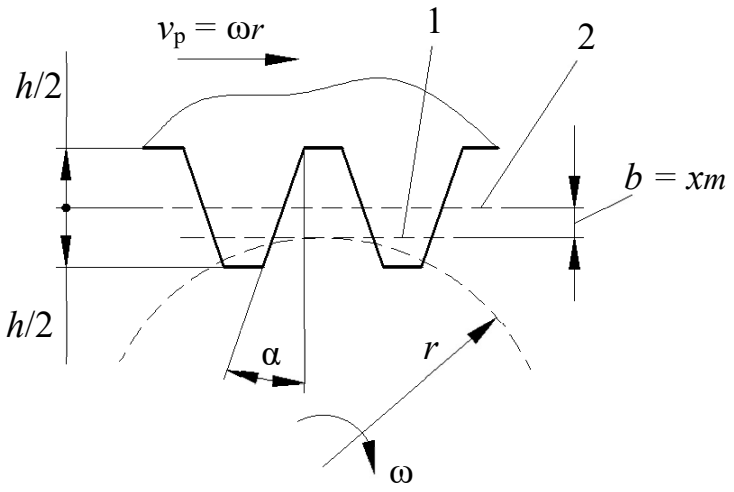



Рис. 76. Корригирование зубчатых колес:
1 – модульная прямая рейка; 2 – начальная прямая рейка;
$v_р$ – скорость рейки

В зависимости от положения рейки по делительной окружности может перекатываться без скольжения либо модульная прямая рейки, либо начальная прямая, отстоящая от модульной прямой на величину смещения $b$, которое называется *сдвигом* или *коррекцией*, а коэффициент $x$, равный

$$x = \frac{b}{m}, \tag{8.8}$$

называется *коэффициентом смещения инструмента*. Если инструмент смещён от нарезаемого колеса, то $x$ считается положительным (положительная коррекция), а если к центру колеса, то $x$ считается отрицательным (отрицательная коррекция). При $x = 0$ нарезаемое колесо называется

*нормальным (нулевым)*. Толщина зуба и ширина впадины такого колеса по делительной окружности равны между собой.

При положительной коррекции увеличивается прочность зуба, но уменьшается длина линии зацепления, а следовательно, и коэффициент перекрытия $\varepsilon_\alpha$. При отрицательной коррекции – обратный эффект, т. е. увеличивается плавность и бесшумность работы передачи, но прочность зуба уменьшается.

Зацепление двух зубчатых колёс характеризуется суммарным коэффициентом коррекции $x_\Sigma = x_1 + x_2$, причём возможны три случая:

1) $x_\Sigma = 0$ при $x_1 = x_2 = 0$, когда в зацеплении находятся два нулевых зубчатых колеса (нулевое зацепление);

2) $x_\Sigma = 0$ при $x_1 = -x_2$, когда в зацеплении находятся два корригированных зубчатых колеса, коэффициенты коррекции которых равны по величине и противоположны по знаку (равносмещённое зацепление с высотной коррекцией);

3) $x_\Sigma \neq 0$, когда в зацеплении находятся два корригированных колеса, имеющих:

а) $x_\Sigma > 0$ – положительное неравносмещённое зацепление с угловой коррекцией;

б) $x_\Sigma < 0$ – отрицательное неравносмещённое зацепление с угловой коррекцией.

В первых двух случаях ($x_\Sigma = 0$) делительные окружности совпадают с начальными, угол зацепления $\alpha_w$ равен углу исходного контура рейки $\alpha$ и межосевое расстояние равно

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}, \tag{8.9}$$

в отличие от неравносмещённого зацепления, где делительные и начальные окружности не совпадают, $\alpha_w \neq \alpha$, а межосевое расстояние и диаметры начальных окружностей равны

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w};$$

$$d_{w1} = mz_1 \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w}; \qquad (8.10)$$

$$d_{w2} = mz_2 \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w}.$$

## 8.11. Наименьшее число зубьев зубчатых колёс. Подрезание и заострение зубьев

При нарезании нулевых колёс с малым числом зубьев может возникнуть явление врезания головок зубьев режущего инструмента в ножки зубьев колеса. Это явление называется *подрезанием зуба*. При этом уменьшается его прочность и увеличивается износ рабочей части зуба (рис. 77).

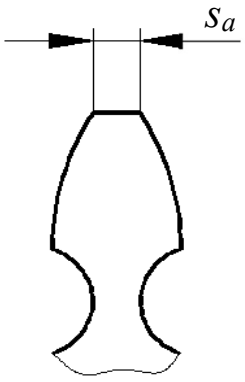



Рис. 77. Подрезание зуба

Согласно свойствам эвольвентного зацепления точки контакта зубьев эвольвентного профиля совпадают с линией *np*, начиная с точки *n* (рис. 78), т. е. высота прямолинейной части головки зуба режущего инструмента (рейки), равная *m*, должна быть меньше отрезка *pf*, иначе часть головки зуба рейки будет контактировать с заготовкой (нарезать её) не по эвольвенте.

Так как $m \le pf$, а размер *pf* равен

$$pf = r\sin^2\alpha = \frac{mz}{2}\sin^2\alpha, \qquad (8.11)$$

то

$$z \ge \frac{2}{\sin^2\alpha}. \qquad (8.12)$$

Подстановка в выражение (8.12) стандартного $\alpha = 20°$ даёт условие отсутствия подреза в виде $z \ge z_{\min} = 17$.

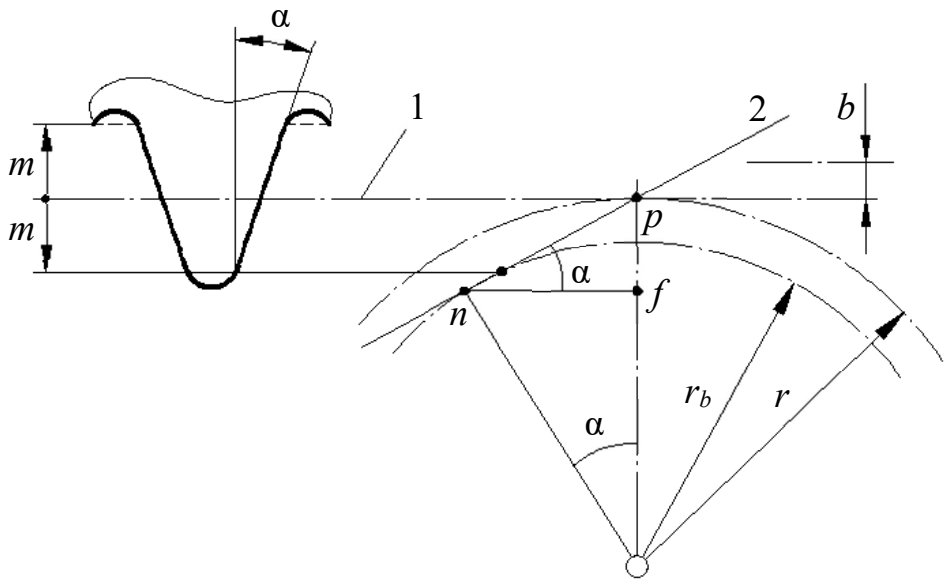



Рис. 78. Условие контакта рейки с заготовкой:
1 – модульная прямая; 2 – линия зацепления

Для исключения подреза при $z < z_{\min}$ необходимо сместить инструмент от центра заготовки (положительная коррекция) так, чтобы

$$m - b \le \frac{mz}{2}\sin^2 \alpha, \tag{8.12}$$

откуда

$$b = mx \ge m - \frac{mz}{2}\sin^2 \alpha. \tag{8.13}$$

С учётом того, что

$$\sin^2 \alpha = \frac{2}{z_{\min}}, \tag{8.14}$$

из формулы (8.13) после преобразований получим нижний предел коэффициента коррекции по условию отсутствия подреза.

$$x_{\min} = \frac{z_{\min} - z}{z_{\min}}. \tag{8.15}$$

Если увеличивать коэффициент $x$, то толщина зуба $s_a$ у вершины (рис. 77) будет уменьшаться и при некотором $x_{\max}$ наступит заострение зуба ($s_a = 0$). Опасность заострения наиболее велика у колёс с малым числом зубьев ($z < 15$).

Для предотвращения разрушения заострённого зуба коэффициент смещения $x$ назначают с расчётом, чтобы $s_a \geq 0{,}2m$.

### 8.12. Выбор расчётных коэффициентов смещения для передач внешнего зацепления

При назначении коэффициентов смещения $x_1$ и $x_2$ для любой передачи должны выполняться три условия:

1) отсутствие подрезания;

2) отсутствие заострения;

3) непрерывность зацепления.

Первое условие выполняется при $x_i \geq x_{\min i}$ ($x_{\min i}$ определяются из условия отсутствия подреза). Второе и третье условия выполняются при ограничении верхних пределов $x_i$ величинами $x_{\max i}$ с учётом возможности заострения зубьев и уменьшения коэффициента перекрытия $\varepsilon_\alpha$ до величины $\varepsilon_\alpha < 1$. Для этого при выборе $x_i$ необходимо чтобы $x_{\min i} \leq x_i \leq x_{\max i}$, где $x_{\max i}$ для каждого из колёс берётся наименьшим из значений, учитывающих заострение зуба и снижения $\varepsilon_\alpha$ до величины $\varepsilon_\alpha < 1$.

Внутри указанных диапазонов $x$ назначаются так, чтобы по возможности улучшить качественные показатели передачи (прочность, износостойкость, плавность хода).

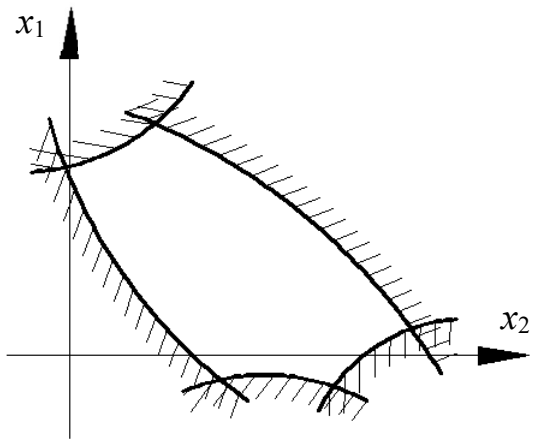



Рис. 79. Блокирующий контур

Для передачи можно построить область допустимых значений коэффициентов смещения в координатах $x_1$ и $x_2$, которая называется *блокирующим контуром*. Допустимые значения $x_1$ и $x_2$ расположены внутри контура (рис. 79).

Для каждой передачи можно построить свой контур. Такие

блокирующие контуры для различных передач имеются в справочной литературе.

### 8.13. Цилиндрические колёса с косыми зубьями и их особенности

Образование косозубого колеса можно представить, если взять цилиндрическое прямозубое колесо и сообщить ему крутильную деформацию. При этом угол скручивания, образованный осью колеса и винтовой линией, является углом наклона винтовой линии β.

Цилиндрические колёса с косыми зубьями применяются при передаче вращения между параллельными и перекрещивающимися осями. В передаче с параллельными осями углы β обоих колёс равны по величине и противоположны по направлению при внешнем зацеплении и одинаковы по направлению при внутреннем зацеплении. Угол β (рис. 80, *а*) называется *углом наклона зубьев по делительному цилиндру радиуса r*. С другими соосными цилиндрами, начальным ($r_w$) и основным ($r_b$) винтовая поверхность зуба образует, соответственно, углы $\beta_w$ $\beta_b$. Шаг винтовой линии равен

$$p = 2\pi r \operatorname{ctg}\beta = 2\pi r_w \operatorname{ctg}\beta_w = 2\pi r_b \operatorname{ctg}\beta_b. \qquad (8.16)$$

В косозубом колесе различают торцовый $m_t$, нормальный $m_n$ и осевой $m_x$ модули, причём стандартное значение имеет нормальный модуль $m_n$, соответствующий размерам зуба, замеренным по нормали $n - n$ к его оси (рис. 80, *б*), что объясняется установкой режущего инструмента. Аналогично различают торцовый $p_t$, нормальный $p_n$ и осевой $p_x$ шаг. Значения модуля и шага определяются формулами:

$$\begin{aligned} m_t &= \frac{m_n}{\cos\beta} = \frac{m_x}{\operatorname{ctg}\beta}; \\ p_t &= \frac{p_n}{\cos\beta} = \frac{p_x}{\operatorname{ctg}\beta}. \end{aligned} \qquad (8.17)$$

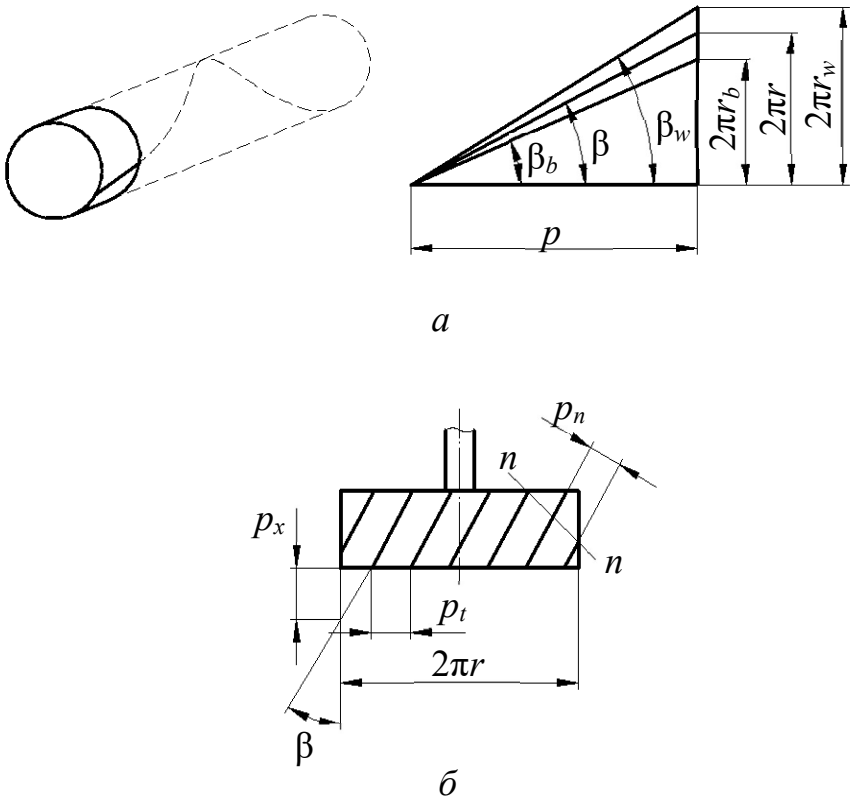



Рис. 80. Особенности цилиндрических колес с косыми зубьями:
*а* – углы наклона зубьев; *б* – шаги косых зубьев

Большим достоинством зацеплений с косыми зубьями является возможность получения малогабаритных передач. Так, если для прямозубого колеса $z_{\min} = 17$, то для косозубого

$$z_{\min} = 17\cos^3\beta. \qquad (8.18)$$

В экспериментальных конструкциях $z_{\min}$ доводят до трёх и менее зубьев. Кроме того, увеличивается коэффициент перекрытия, доходя до 10 и выше, что также повышает нагрузочную способность и позволяет уменьшить габариты передачи. *Недостатком* косозубой передачи является возникновение дополнительных осевых усилий, нагружающих подшипники.

Этот недостаток устраняется в шевронных передачах.

## 8.14. Конические зубчатые передачи

Конические передачи являются передачами с пересекающимися осями вращения звеньев. Применяются, главным образом, передачи с углом между осями δ = 90° (ортогональные). Основные параметры аналогичны параметрам цилиндрических колёс (рис. 81), причём делительной окружностью внешнего окружного модуля $m_e$ является внешняя делительная окружность конического колеса диаметром $d_e$.

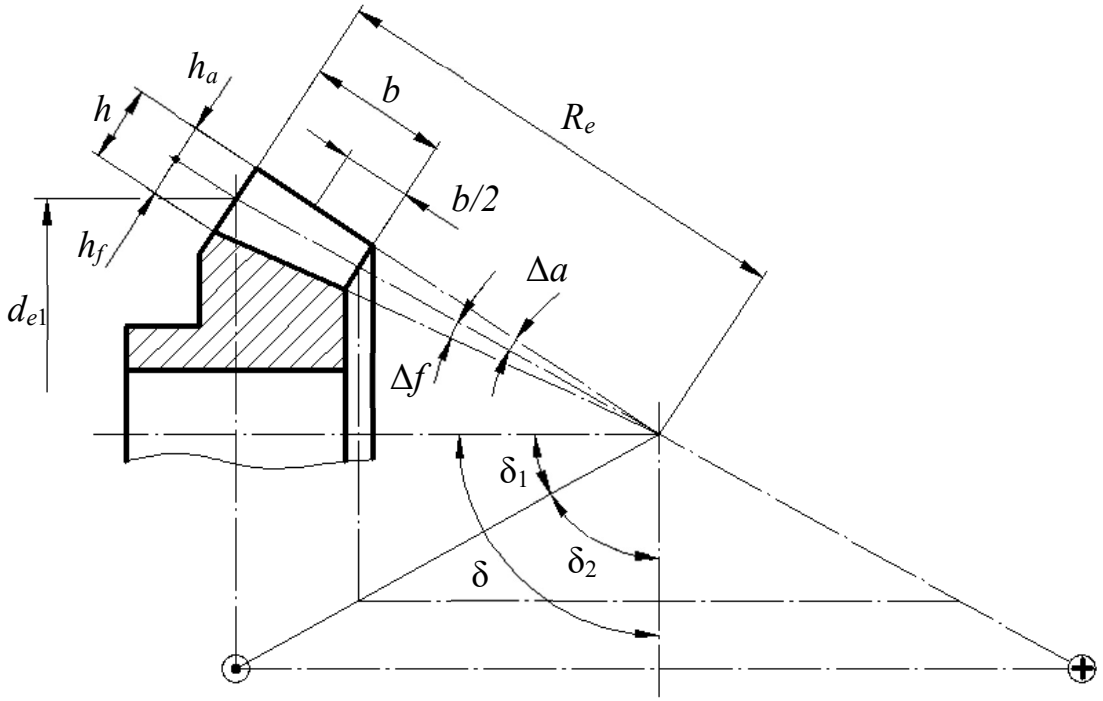



Рис. 81. Основные геометрические параметры конического зубчатого колеса

Через модуль выражаются все остальные размеры. Для расчёта зубьев на изгиб используется величина среднего модуля $m_m$, замеренного в середине ширины $b$ зубчатого венца. Передаточное отношение равно

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin\delta_2}{\sin\delta_1}, \qquad (8.19)$$

где $\delta_1$, $\delta_2$ – углы делительных конусов колёс 1 и 2 соответственно.

В конических передачах $i(u)$ не имеет знака, а для определения направления вращения изображают векторы абсолютных скоростей точек на начальных конусах в виде кружка с точкой (на зрителя) и крестиком (от зрителя), как показано на рис. 81.

Важным параметром является внешнее конусное расстояние $R_e$, равное

$$R_e = \frac{d_{e1}}{2\sin\delta_1}. \tag{8.20}$$

### 8.15. Червячные передачи

Червячные передачи являются передачами со скрещивающимися осями. Угол между осями в плане обычно равен 90°. Принцип их действия аналогичен передаче винт-гайка.

Червяки подразделяются по числу заходов (винтовых линий) на одно- и многозаходные. Число заходов $z_1$ есть число винтовых линий (витков), по которым расположены зубья. Расстояние между двумя соседними витками называется *шагом p*, а размер $h$, равный

$$h = z_1 p, \tag{8.21}$$

называется *ходом* винтовой линии.

Угол подъёма винтовой линии γ определяется по формуле

$$\gamma = \operatorname{arctg}\frac{h}{\pi d_1}, \tag{8.22}$$

где $d_1$ – диаметр делительной окружности червяка (рис. 82, *а*).

За основной параметр червячного зацепления принимается осевой модуль червяка $m_s$ (принято обозначать его $m$), равный торцевому модулю червячного колеса. Значения $m$ стандартизованы. Кроме того, стандартным параметром является относительный диаметр червяка $q$

$$q = \frac{m}{d_1}. \tag{8.23}$$

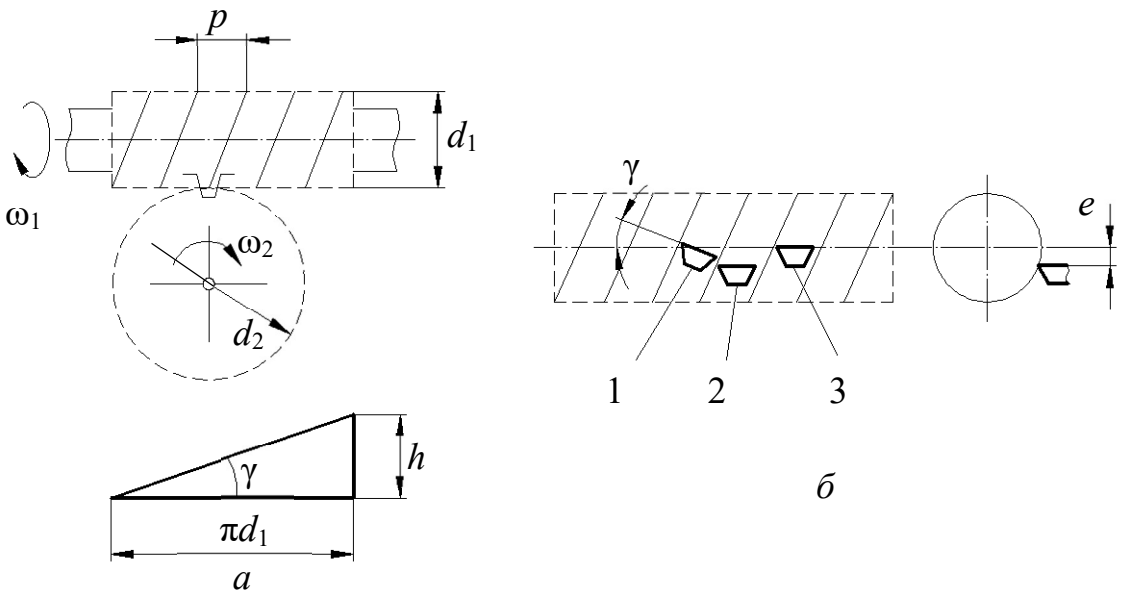



Рис. 82. Геометрические параметры червяка

По форме боковой поверхности резьбы различают конволютный, эвольвентный и архимедов червяки, образуемые при расположении резца трапециевидной формы, как указано на рис. 82, *б*, с режущей кромкой под углом γ наклона винтовой линии (положение 1) или при γ = 0 и смещении $e \neq 0$ (положение 2), а также при $e = 0$ (положение 3). Наименования червяков соответствуют наименованиям кривых, по которым очерчены зубья червяка в сечении, перпендикулярном его оси.

## 8.16. Кинематический анализ и классификация зубчатых механизмов

### 8.16.1. Механизмы с неподвижными осями

В практике машиностроения чаще возникает необходимость понижения, реже повышения скорости при передаче движения от входного звена к выходному.

Механизмы для передачи вращения, в которых происходит понижение

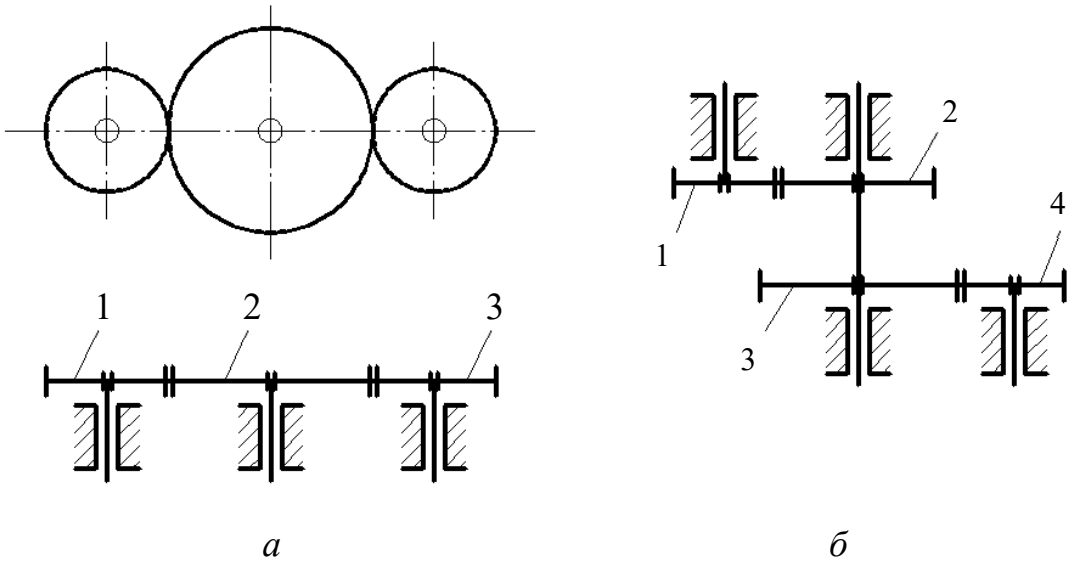
скорости вращения, называются *редукторами*, а механизмы, повышающие эту скорость, называются *мультипликаторами*.

По кинематическому признаку различают:

– механизмы с неподвижными геометрическими осями всех колёс (рядовые);

– механизмы с подвижными геометрическими осями некоторых колёс (эпициклические), которые обладают одной степенью свободы (планетарные) или двумя и более (дифференциальные).

Кроме того, различают одно- и многоступенчатые механизмы. Многоступенчатые состоят из одной или двух и более пар колёс, соединённых последовательно (рис. 83, *а*), параллельно (рис. 83, *б*), или смешанно.




*а* *б*

Рис. 83. Многоступенчатые механизмы:
*а* – последовательное соединение; *б* – параллельное соединение

При проектировании механизмов для передачи вращения с заданным значением передаточных отношений и крутящего момента стремятся обеспечить высокий коэффициент полезного действия (кпд), минимальные габариты и вес.

Передаточное отношение одноступенчатого зубчатого редуктора (при отсутствии скольжения) равно

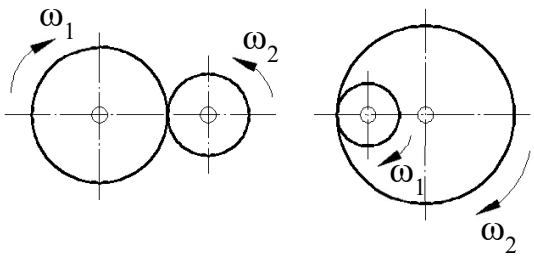
$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm\frac{d_{w2}}{d_{w1}} = \pm\frac{z_2}{z_1}. \qquad (8.24)$$

Для зубчатых понижающих передач принято использовать понятие *передаточное число u*.

Передаточное отношение считается положительным, если оба колеса зубчатой пары вращаются в одну сторону, и отрицательным, если в разные стороны. Обычно положительное передаточное отношение имеет зубчатая передача с внутренним зацеплением (рис. 84, *б*), а отрицательное – с внешним зацеплением (рис. 84, *а*).

В случае многоступенчатого механизма с параллельным соединением колёс (рис. 81, *б*) получим

$$u_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{\omega_1}{\omega_2}\cdot\frac{\omega_3}{\omega_4} = u_{12}\cdot u_{34}. \qquad (8.25)$$




*а* *б*

Рис. 84. Направление угловых скоростей: *а* – внешнее зацепление; *б* – внутреннее зацепление

При последовательном соединении колёс (рис. 83, *а*)

$$u_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{\omega_1}{\omega_2}\cdot\frac{\omega_2}{\omega_3}. \qquad (8.26)$$

Таким образом, в общем виде передаточное отношение многоступенчатого механизма равно произведению частных передаточных отношений отдельных ступеней:

$$i_{1k} = i_{12}\cdot i_{23}\cdot\ldots\cdot i_{(k-1)k}, \qquad (8.27)$$

причём промежуточные колёса в механизме с последовательным соединением не влияют на величину передаточного отношения, а служат лишь для изменения направления вращения. Эти промежуточные колёса называются *паразитными*.

Для кинематического анализа механизмов можно использовать графоаналитический метод, наглядно иллюстрирующий характер

распределения линейных скоростей звеньев механизма. Метод основан на использовании линейной зависимости скорости $v$ от радиуса, т. е. $v = \omega r$.

При построении картины, иллюстрирующей характер распределения линейных скоростей, сначала откладываются в выбранном масштабе $\mu_v$ известные вектора линейных скоростей точек, закон движения которых задан (рис. 85).

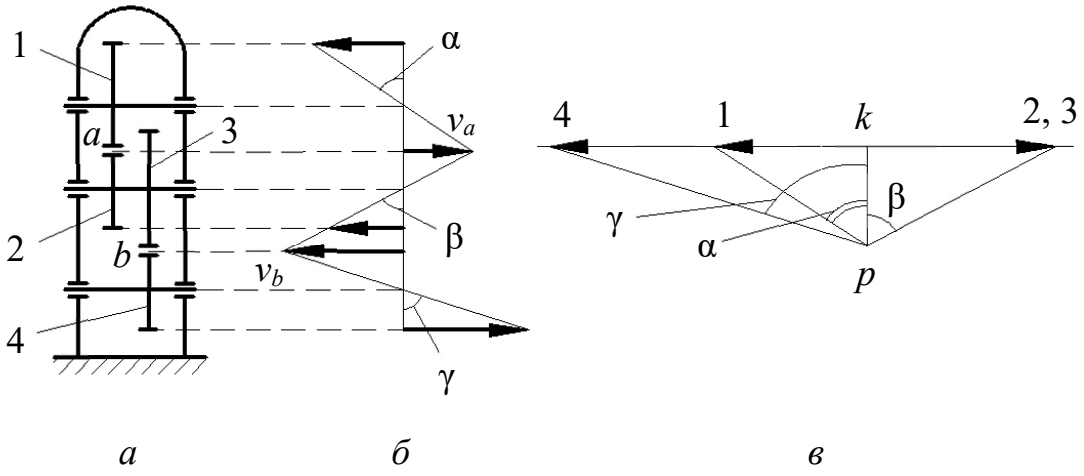



Рис. 85. Планы скоростей:
*а* – схема редуктора ($\mu_l$); *б* – план линейных скоростей ($\mu_v$);
*в* – план угловых скоростей ($\mu_\omega$), частот вращения ($\mu_n$)

Затем, проводя отрезки через концы векторов известных скоростей, получим план линейных скоростей.

Для определения угловых скоростей (частот вращения) всех звеньев удобно использовать план угловых скоростей (частот вращения), где отрезки $k1$, $k2$, ... соответствуют угловым скоростям (частотам вращения) колёс 1, 2, … При этом схема редуктора вычерчивается в масштабе $\mu_l$, а поскольку отрезки $k1$, $k2$, ... пропорциональны tgα , tgβ ,..., то

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{v}{r} = \omega. \qquad (8.28)$$

Выбор полюсного расстояния $pk$ может быть произвольным.

8.16.2. Эпициклические механизмы

Простейший эпициклический механизм (редуктор Джемса) состоит из центральных колёс 1 и 3 (рис. 86), сателлитного колеса (сателлита) 2 и водила *H*. Если одно из центральных колёс, например, колесо 3 остановить с помощью тормоза Т, то эпициклический механизм превращается в планетарный, где при вращении колеса 1 сателлит 2 обегает неподвижное колесо 3, вращая водило *H* с угловой скоростью $\omega_H$. Степень подвижности такого редуктора равна единице.

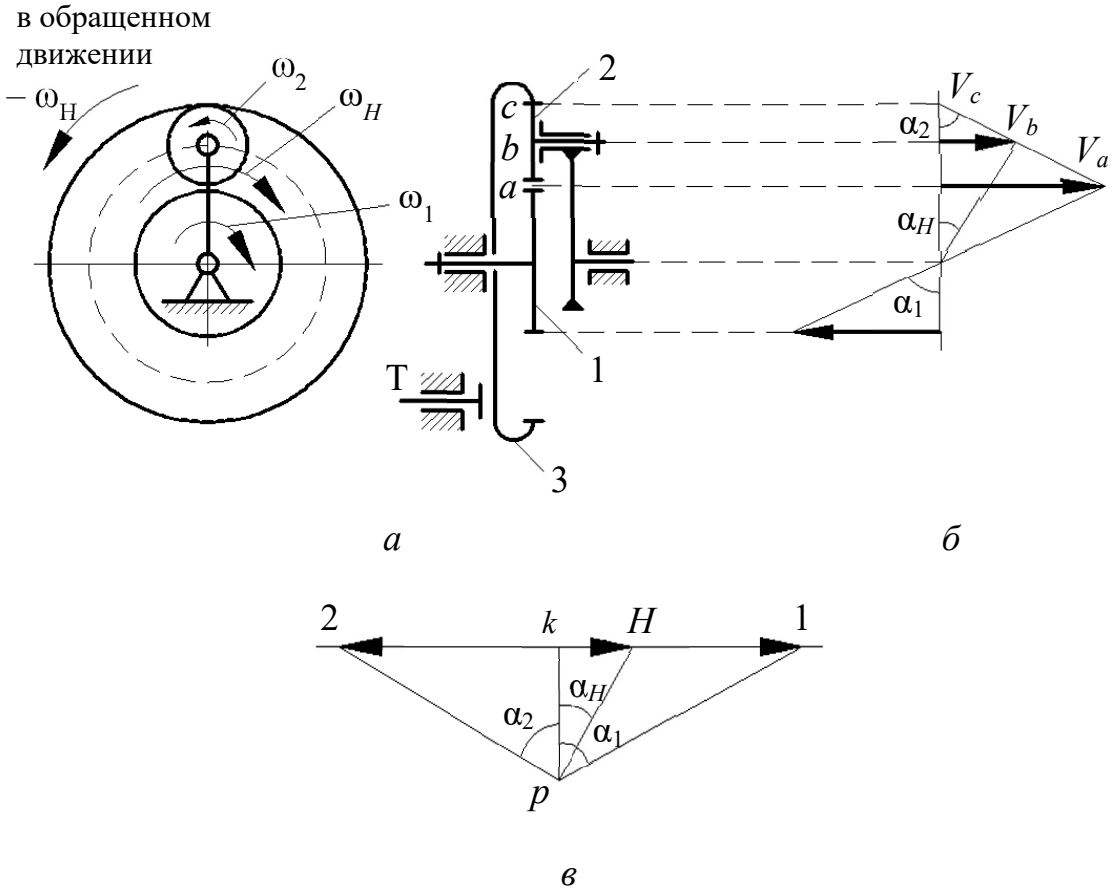



Рис. 86. Эпициклический механизм (редуктор Джемса):
*а* – схема механизма; *б* – картина скоростей; *в* – план угловых скоростей (частот вращения)

Для планетарного механизма можно построить картину скоростей и план угловых скоростей (частот вращения), используя рассмотренные выше

приёмы. План угловых скоростей можно использовать для приближённого определения передаточного числа планетарного механизма, которое равно

$$i_{1H} = \frac{k1}{kH}. \tag{8.29}$$

Аналитически передаточное число определяется с использованием метода обращения движения, когда механизму в целом сообщается вращение с угловой скоростью, обратной скорости водила (– $\omega_H$). При этом относительное движение звеньев не изменится, а водило $H$ в обращённом движении будет оставаться неподвижным, и планетарный редуктор превращается в рядовой (с неподвижными осями). Если обозначить угловые скорости звеньев в обращённом движении с индексом в круглых скобках, указывающим неподвижное звено, то

$$i_{13}^{(H)} = \frac{\omega_1^{(H)}}{\omega_3^{(H)}} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}, \tag{8.30}$$

а поскольку в планетарном механизме $\omega_3 = 0$, то выражение (8.30) принимает вид

$$i_{13}^{(H)} = \frac{\omega_1^{(H)}}{\omega_3^{(H)}} = -\frac{\omega_1}{\omega_H} + 1 = -i_{1H} + 1. \tag{8.31}$$

С другой стороны, через соотношение чисел зубьев,

$$i_{13}^{(H)} = -\frac{z_3}{z_1}, \tag{8.32}$$

поэтому

$$i_{1H} = 1 - i_{13}^{(H)} = 1 + \frac{z_3}{z_1}. \tag{8.33}$$

Если в эпициклическом механизме (рис. 86) оба центральных колеса совершают вращение, то степень подвижности такого механизма будет равна двум, и он превращается в дифференциальный. Такие механизмы служат:

1) для привода одного рабочего органа от двух или более двигателей (т. е. для сложения движения нескольких ведущих звеньев);

2) для разложения движения одного вала на два и более независимых движений ведомых валов.

Выражение (8.30) называется *формулой Виллиса*, оно позволяет получить любую неизвестную угловую скорость в эпициклическом механизме при заданных остальных скоростях.

Одним из распространённых типов дифференциальных механизмов являются так называемые замкнутые, в которых благодаря дополнительной зубчатой передаче связаны оба центральных колеса (рис. 87).

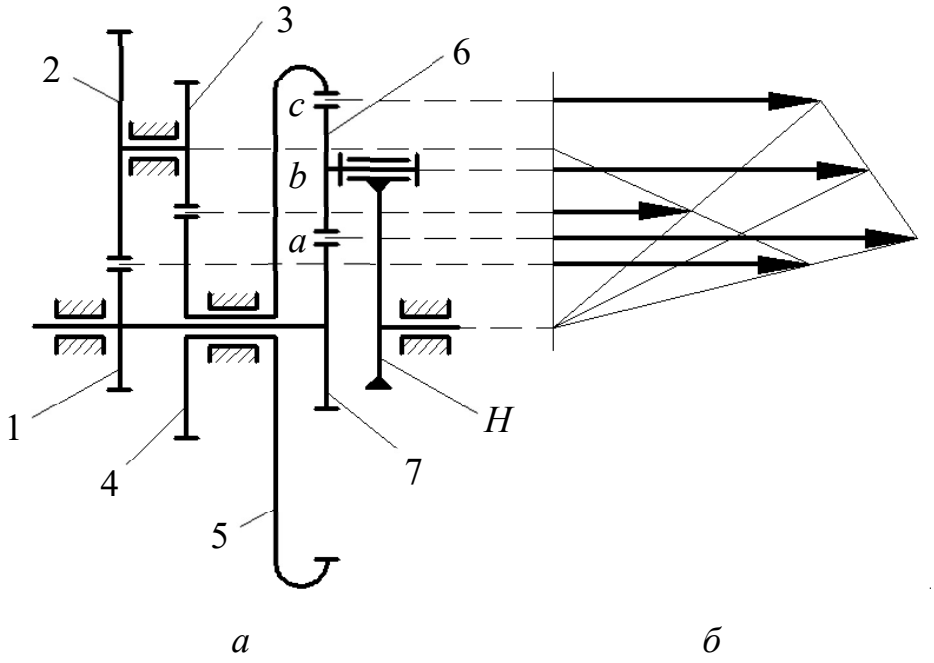



Рис. 87. Замкнутый дифференциальный механизм:
*а* – схема механизма; *б* – план скоростей

Это позволяет использовать один двигатель для привода механизма. Для определения передаточного отношения используем формулу Виллиса.

Так как

$$i_{75}^{(H)} = -\frac{z_5}{z_7}, \tag{8.34}$$

то

$$-\frac{z_5}{z_7}=\frac{i_{1H}-1}{\frac{\omega_5}{\omega_H}-1}, \tag{8.35}$$

где

$$\frac{\omega_5}{\omega_H}=\frac{\omega_5}{\omega_1}\cdot\frac{\omega_1}{\omega_H}=\left(-\frac{z_3}{z_4}\right)\cdot\left(-\frac{z_1}{z_2}\right)i_{1H}. \tag{8.36}$$

После подстановки выражения (8.36) в (8.35) и преобразований получается:

$$\left(1-i_{1H}\frac{z_3z_1}{z_4z_2}\right)\frac{z_5}{z_7}=i_{1H}-1. \tag{8.37}$$

Выразив из уравнения (8.37) передаточное отношение $i_{1H}$, получим:

$$i_{1H}=\frac{1+\frac{z_5}{z_7}}{1+\frac{z_1z_2z_5}{z_2z_4z_7}}. \tag{8.38}$$

8.16.3. Эпициклические механизмы с коническими колёсами

Примером дифференциального механизма с коническими колёсами является дифференциал автомобиля (рис. 88).

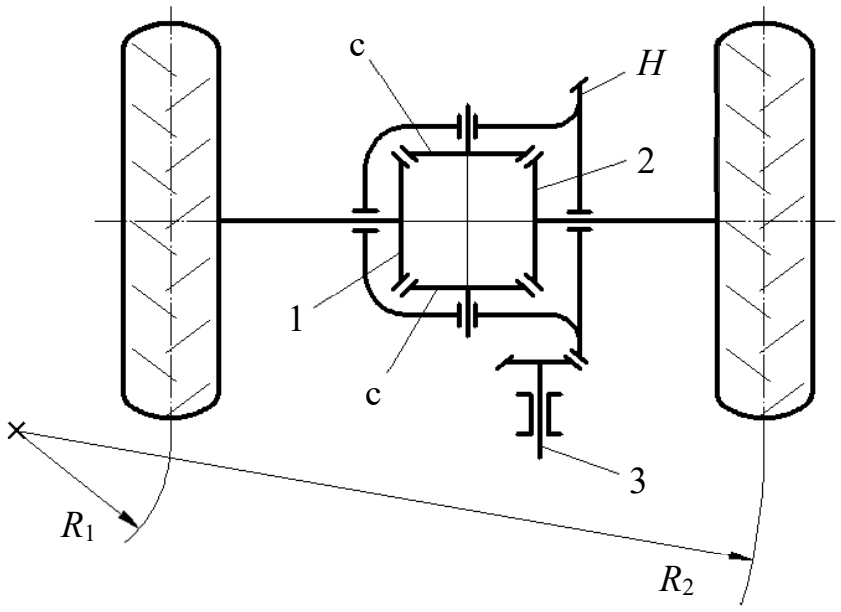



Рис. 88. Дифференциал автомобиля:
1, 2 – конические зубчатые колеса; с – сателлит; *H* – водило; 3 – карданный вал

Согласно формуле Виллиса

$$-\frac{z_2}{z_1}=\frac{\omega_1-\omega_H}{\omega_2-\omega_H}. \qquad (8.39)$$

Числа зубьев $z_2 = z_1$, поэтому

$$\omega_H=\frac{\omega_1+\omega_2}{2}, \qquad (8.40)$$

т.е. при постоянной скорости вращения карданного вала и скорости автомобиля в целом полуоси могут вращаться с различными или с одинаковыми скоростями. Например, на повороте скорости вращения полуосей пропорциональны радиусам поворота $R_1$ и $R_2$, а при ровной прямой дороге скорость полуосей одинакова и равна $\omega_1 = \omega_2 = \omega_H$.

## 8.17. Некоторые вопросы синтеза зубчатых механизмов

### 8.17.1. Синтез эпициклических механизмов с цилиндрическими колёсами. Условия синтеза

Комплексные задачи синтеза зубчатых механизмов настолько сложны, что в полной постановке с учётом факторов кинематики и динамики они не решены до настоящего времени. Известны решения частных задач как геометрического, так и динамического синтеза зубчатых механизмов, причём эти решения часто носят характер рекомендаций по выбору параметров. Например, выбор передаточных отношений каждой ступени в многоступенчатом зубчатом механизме с общим передаточным отношением, определяемым по формуле (8. 27), рекомендуется осуществлять так, чтобы $i_{12} > i_{23} > ... > i_{(k-1)k}$. Это связано с возрастанием нагрузки по мере уменьшения угловой скорости. Выполнение указанного условия позволяет более равномерно распределить нагрузку между зубчатыми парами.

При заданных передаточных отношениях и известном числе зубьев колёс задача синтеза сводится к определению их параметров. Сначала должен быть выбран материал колёс с учётом назначения передачи, условий работы и

других факторов, затем определяется модуль передачи, позволяющий обеспечить изгибную и контактную прочность зубьев, а затем – все геометрические параметры зубчатых колёс.

Известны решения частных задач подбора чисел зубьев сложных зубчатых механизмов с учётом различных условий, например, геометрического характера.

При проектировании планетарного редуктора с заданным передаточным отношением возникает задача определения чисел зубьев при соблюдении следующих условий:

1) кинематическое условие;

2) условие соосности;

3) условие соседства;

4) условие сборки;

5) условие правильного зацепления.

Физический и математический смысл этих условий разберём на конкретной схеме планетарного механизма с нулевыми эвольвентными цилиндрическими колёсами (рис. 89).

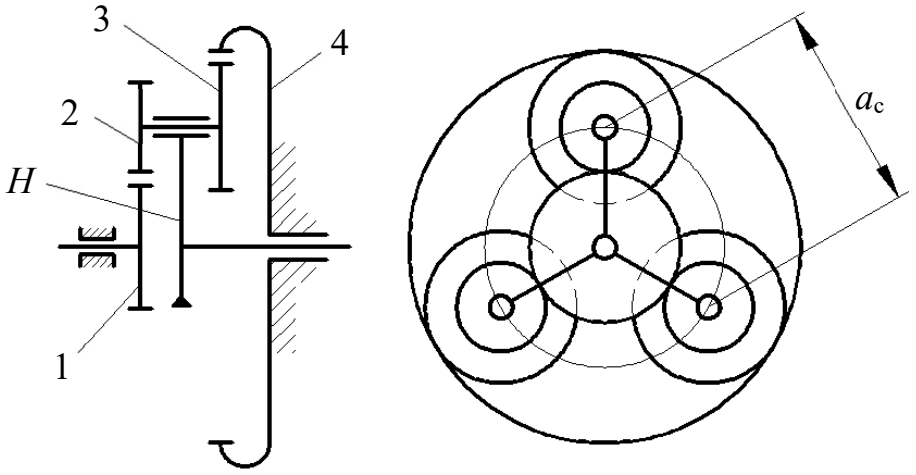



Рис. 89. Планетарный механизм с нулевыми эвольвентными цилиндрическими колесами:
1 – солнечная шестерня; 2, 3 – сателлиты; 4 – неподвижное колесо; *H* – водило

**Кинематическое условие** обеспечивает заданное передаточное отношение и для данного механизма имеет следующий вид:

$$i_{14}^{(H)} = -\frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_4 - \omega_H}, \tag{8.41}$$

откуда при $\omega_4 = 0$ получим:

$$i_{1H} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 + \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}. \tag{8.42}$$

Обычно допускается отклонение передаточного отношения в пределах 5% от заданного.

**Условие соосности** требует, чтобы оси колёс 1 и 4, в данном случае, совпадали для обеспечения зацепления сателлитов с центральными колёсами. Для этого необходимо, чтобы выполнялись следующие соотношения радиусов делительных окружностей и (при равных модулях зубьев всех колёс) чисел зубьев:

$$\begin{aligned} r_1 + r_2 &= r_4 - r_3; \\ z_1 + z_2 &= z_4 - z_3. \end{aligned} \tag{8.43}$$

**Условие соседства** включает требование совместного размещения нескольких сателлитов по общей окружности так, чтобы они не задевали друг друга своими зубьями. Необходимость выполнения этого условия возникает при числе сателлитов $k > 2$ (увеличение числа сателлитов уменьшает нагрузку на зубья). В этом случае необходимо, чтобы выполнялось неравенство $a_c > 2r_a^c$, где $r_a^c$ - радиус окружности вершин наибольшего сателлита). Так как

$$\begin{aligned} a_{\text{c}} &= 2(r_1 + r_2)\sin\frac{2\pi}{2k} = m(z_1 + z_2)\sin\frac{\pi}{k}; \\ z_a^{\text{c}} &= z_a + h_a m = m\left(\frac{z_{\text{c}}}{2} + 1\right), \end{aligned} \tag{8.44}$$

то

$$\sin\frac{\pi}{k} > \frac{z_{\text{c}} + 2}{z_1 + z_2}, \tag{8.45}$$

где $z_{\text{c}}$ – число зубьев наибольшего сателлита (2 или 3).

**Условие сборки** учитывает необходимость одновременного зацепления

всех сателлитов с центральными колёсами, т.е. установив первый сателлит и повернув водило на угол $\frac{2\pi}{k}$ рад, необходимо в то же самое место установить следующий сателлит. Это может быть осуществлено, если зубья колёс второго блока сателлитов окажутся точно против впадин зубьев центральных колёс. Иначе сборку осуществить невозможно. Для формирования условия примем, что оба колеса всех $k$ блоков сателлитов имеют одинаковую ориентацию зубьев друг относительно друга. После установки первого сателлита на ось водило должно быть повёрнуто на угол $\frac{2\pi}{k}$, при этом колесо 1 необходимо повернуть на угол

$$\varphi_1 = i_{1H}\frac{2\pi}{k}. \tag{8.46}$$

С другой стороны, угол $\varphi_1$ поворота колеса 1 должен быть кратным его угловому шагу зубьев $\frac{2\pi}{z_1}$, в противном случае при повороте на угол $\varphi_1$ положение зубьев колеса 1 изменится и второй сателлит вставить будет невозможно. Таким образом,

$$\varphi_1 = q\frac{2\pi}{z_1}, \tag{8.47}$$

где $q$ –целое число).

Таким образом,

$$\begin{gathered} q\frac{2\pi}{z_1} = i_{1H}\frac{2\pi}{k}; \\ q = i_{1H}\frac{z_1}{k}. \end{gathered} \tag{8.48}$$

**Условие правильного зацепления** включает условие отсутствия подреза у колёс с внешним зубчатым венцом и условие отсутствия заедания (интерференции) во внутреннем зацеплении. Эти условия имеют вид:

$$z_i \geq z_{\min}, \tag{8.49}$$

где $z_{\min}$ = 17 для колёс с внешним зацеплением; $z_{\min}$ = 85 для колёс с внутренним зацеплением без смещения исходного контура; $z_{\min}$ = 20 – то же со смещением исходного контура.

### 8.17.2. Методы синтеза эпициклических механизмов

Задача подбора чисел зубьев колёс для эпициклического механизма в общей постановке является оптимизационной ввиду множества возможных решений. Её можно считать типичной задачей дискретного нелинейного программирования, если за критерий оптимальности принять габариты или вес механизма, а ограничениями на целочисленные параметры $z_1$, $z_2$,… будут условия (8.43), (8.45), (8.48), (8.49).

Такую задачу можно решать различными методами, например, численными методами направленного перебора, когда варьируются $z_1$, $z_2$,… с целью минимизации габаритов или веса при соблюдении ограничений. Такая задача может быть решена с помощью ЭВМ.

Применяются упрощённые методы, позволяющие найти одно из конструктивно допустимых решений. Один из таких методов – метод сомножителей.

Представим числа зубьев в виде нескольких сомножителей:

$$\begin{aligned} z_1 &= \alpha \cdot A \cdot t; \\ z_2 &= \alpha \cdot B \cdot t; \\ z_3 &= \beta \cdot C \cdot t; \\ z_4 &= \beta \cdot D \cdot t. \end{aligned} \tag{8.50}$$

Из условия (8.45)

$$\alpha(A + B) = \beta(D - C)\,. \tag{8.51}$$

Это уравнение превращается в тождество при:

$$\begin{aligned} \alpha &= D - C; \\ \beta &= A + B. \end{aligned} \tag{8.52}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} z_1 &= A \cdot t \cdot (D - C); \\ z_2 &= B \cdot t \cdot (D - C); \\ z_3 &= C \cdot t \cdot (A + B); \\ z_4 &= D \cdot t \cdot (A + B). \end{aligned} \tag{8.53}$$

Подставив эти выражения в условие (8.43), получим:

$$\frac{B}{A} \cdot \frac{D}{C} = i_{1H} - 1. \tag{8.54}$$

Таким образом, величину $(i_{1H} - 1)$ можно представить в виде нескольких сомножителей ($A$, $B$, $C$, $D$). Далее определяются значения $t$, обеспечивающие выполнение условий сборки и правильного зацепления и выбирается одно из этих значений. Например, из условия сборки (8.48)

$$q = t \frac{A(D - C)}{k} i_{1H} \tag{8.55}$$

выбираются значения $t$, обеспечивающие целочисленность $q$. После этого можно определить числа зубьев.

# 9. ТРЕНИЕ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ

## 9.1. Виды трения

Когда одно тело соприкасается с другим, то независимо от их физического состояния (твёрдое, жидкое, газообразное) возникает явление, называемое *трением*. В зависимости от характера относительного движения тел различают *трение скольжения* и *трение качения*. Сила, препятствующая относительному движению контактирующих тел, называется *силой трения*. Вектор этой силы лежит в плоскости, касательной к поверхности тел в зоне их контакта.

Сила трения скольжения уменьшается, если соприкасающиеся тела смазаны специальными смазочными материалами, причём, если материал – жидкость, полностью разделяющая контактирующие поверхности, то трение называется *жидкостным*. При совершенном отсутствии смазки имеет место *сухое трение*.

Если смазывающая жидкость не полностью разделяет трущиеся поверхности, то трение называется *полужидкостным* или *полусухим* в зависимости от того, какой из двух видов трения преобладает.

Применяемые смазки делятся на несколько видов: *твёрдые*, *жидкие*, *газовые*; при этом смазка может быть: *гидро-* или *газостатической*, когда она поступает под давлением в зазор между трущимися телами, а также *гидро-* или *газодинамической*, когда она разделяет трущиеся поверхности в результате давления, возникающего в слое жидкости при относительном движении тел.

Сцепление и трение широко используется в современной технике. Благодаря сцеплению движутся различные транспортные средства. Принцип действия фрикционной, ременной и других передач основан на использовании трения. Распространение получила также сварка трением.

Вместе с тем трение отрицательно сказывается там, где оно вызывает потери энергии.

## 9.2. Трение скольжения в поступательных парах

Сила трения на поверхности соприкосновения двух звеньев направлена в сторону, противоположную скорости относительного движения и приближённо может быть определена по формуле Кулона

$$F_{\text{тр}} = F_n f, \tag{9.1}$$

где $F_n$ – сила реакции, нормальная к поверхности контакта; $f$ – коэффициент трения скольжения (величина, постоянная в определённом диапазоне скоростей и удельных давлений).

Коэффициент трения зависит от многих факторов (чистоты поверхности, наличия и качества смазки, материала тел и др.) и определяется экспериментально.

Сила трения покоя (сила сцепления), т.е. сила, которую надо преодолеть, чтобы тело привести в движение, обычно больше силы трения скольжения, поэтому различают коэффициент сцепления $f_0$ и коэффициент трения скольжения $f$.

Сила трения возникает как результат действия внешних сил $F$, поэтому она является реактивной силой, в результате действия которой суммарная реакция $F_\Sigma$ отклоняется на угол ρ от нормали к трущимся поверхностям (рис. 90, *а*).

При этом

$$f = \frac{F_{\text{тр}}}{F_n} = \operatorname{tg}\rho. \tag{9.2}$$

Угол ρ называется *углом трения скольжения*.

Если построить конус с углом при вершине 2ρ (рис. 90, *б*), то получим *конус трения*. Движение возможно при $F_t \geq F_{\text{тр}}$, или при

$$\begin{gathered} F_n \operatorname{tg}\lambda \geq F_n \operatorname{tg}\rho; \\ \lambda \geq \rho, \end{gathered} \tag{9.3}$$

где λ – угол между линиями действия сил $F$ и $F_n$ (рис. 90, *а*).

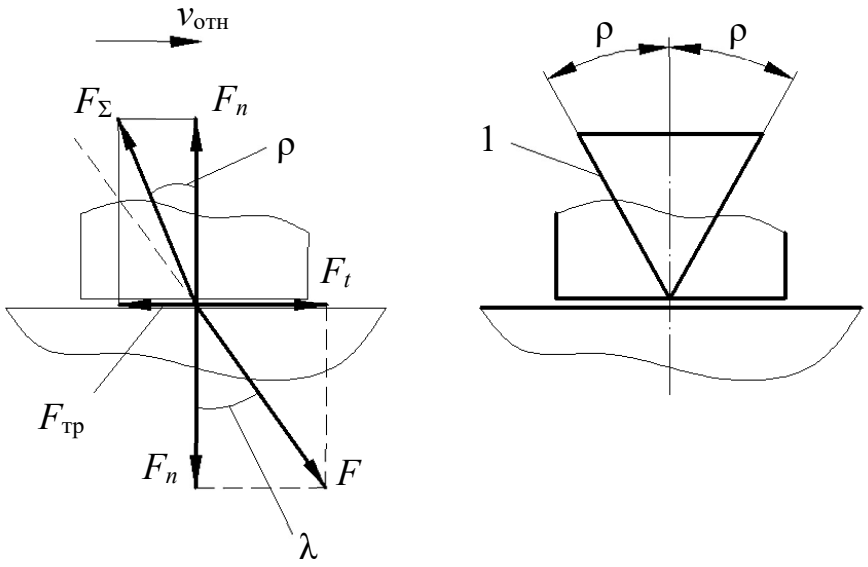



Рис. 90. Трение скольжения в поступательных парах:
*а* – силы в точке контакта; *б* – конус трения (позиция 1)

Если λ = ρ, то движение происходит с постоянной скоростью: $v_{отн} = const$.

Мощность, затрачиваемая на трение скольжения, равна:

$$P_{тр} = F_{тр} v_{отн} = F_n f (v_1 \pm v_2), \tag{9.4}$$

где $v_1$, $v_2$ – скорости тела и опорной поверхности соответственно; знак «+» – при противоположно направленном движении; знак «–» – при однонаправленном движении.

### 9.3. Трение скольжения во вращательных парах

Вращательные кинематические пары, образуемые цапфами валов и их опорами, широко распространены в машиностроении. *Цапфами* называются части валов и осей, посредством которых они опираются на подшипники. Трение цапф в подшипниках удобно оценивать величиной момента сил трения скольжения относительно оси вращения (рис. 91):

$$M_{тр} = F_{тр} r = F_n f r = F_\Sigma r_{тр}, \tag{9.5}$$

где $F_\Sigma$ – полная реакция; $r_{тр}$ – радиус круга трения, равный:

$$r_{тр} = r\sin\rho \approx r\mathrm{tg}\rho \approx fr. \tag{9.6}$$

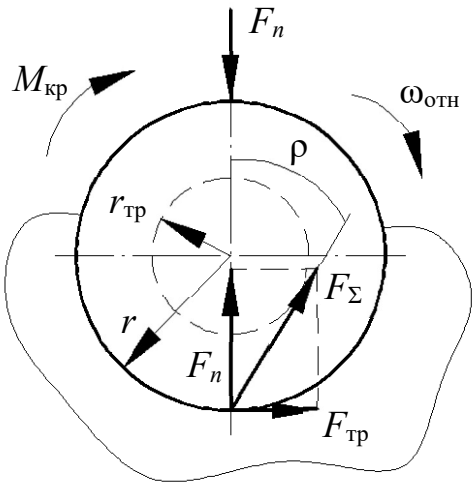



Рис. 91. Трение скольжения во вращательной паре

Мощность, затрачиваемая на трение, равна:

$$P_{тр} = M_{тр}\omega_{отн} = M_{тр}(\omega_1 \pm \omega_2), \tag{9.7}$$

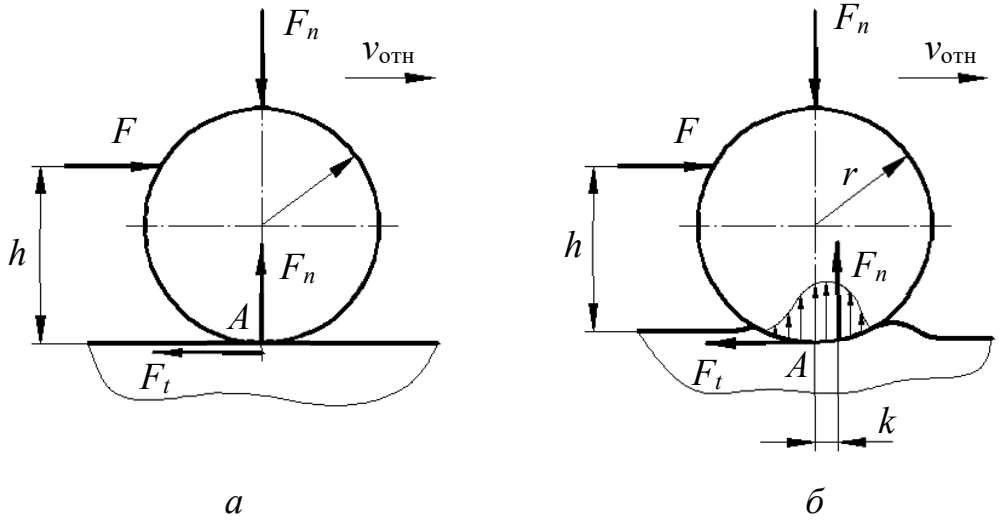
где $\omega_1$, $\omega_2$ – угловые скорости цапфы и опорной поверхности соответственно; знак плюс – при противоположно направленном вращении; знак минус – при однонаправленном вращении.

### 9.4. Трение качения

В случаях идеально твёрдых тел, одно из которых катится по поверхности другого, соприкосновение их происходит по линии или в точке и сопротивление качению отсутствует, так как линии действия сил $F_n$ совпадают (рис. 92, *а*) и сумма моментов относительно точки $A$ равна

$$\Sigma M_A = Fh. \tag{9.8}$$

В действительности соприкосновение происходит не по линии, а по поверхности вследствие деформаций (рис. 92, *б*) и сумма моментов $\Sigma M_A$ равна:




*а* *б*

Рис. 92. Трение качения:
*а* – идеально твердые тела; *б* – реальные тела

$$\Sigma M_A = Fh - F_n k, \tag{9.9}$$

где $h$, $k$ – плечи сил $F$ и $F_n$.

При $v_{отн} = const$ и $F_t = F$ получим

$$Fh - F_n k = 0;$$

$$k = h\frac{F}{F_n}. \tag{9.10}$$

Плечо $k$ называется *коэффициентом трения качения* и измеряется в единицах длины. Часто используется величина

$$f_к = \frac{k}{r}, \tag{9.11}$$

называемая *приведённым коэффициентом трения качения*. При этом сила трения качения $F_{тр}^{к}$ по аналогии с силой трения скольжения может быть представлена в виде

$$F_{тр}^{к} = F_n f_к = F_n \frac{k}{r} = \frac{M_{тр}}{r}. \tag{9.12}$$

Мощность, затрачиваемая на трение, равна:

$$P_{тр} = F_{тр}^{к} v_{отн}, \tag{9.13}$$

где $v_{отн}$ – скорость центра катка.

Для подшипников качения затраты мощности на преодоление трения равны

$$P_{тр} = M_{тр}\omega_{отн} = F_n f_к(\omega_1 \pm \omega_2)\frac{d}{2}, \qquad (9.14)$$

где $d$ – диаметр внутреннего кольца подшипника.

Принимается $f_к$ = 0,003 для шарикоподшипников; $f_к$ = 0,005 для роликоподшипников.

## 9.5. Особенности учёта сил трения при силовом расчёте рычажных механизмов

Для учёта сил трения в кинематических парах рычажных механизмов при определении $F_{ур}$ или $M_{ур}$ используется метод приведения сил трения, позволяющий определять уточнённые значения $F^*_{ур}(M^*_{ур})$ без повторного силового расчёта с учётом трения по формуле:

$$M^*_{ур} = M_{ур} + M^{тр}_{пр}, \qquad (9.15)$$

где $M_{ур}$ – уравновешивающий момент, вычисленный без учёта трения; $M^{тр}_{пр}$ – момент трения, приведённый к вращающемуся с угловой скоростью $\omega_в$ входному звену, и равный

$$M^{тр}_{пр} = \frac{\Sigma P^{тр}_i}{\omega_в}, \qquad (9.16)$$

где $\Sigma P^{тр}_i$ – суммарная мощность сил трения в кинематических парах.

Для определения реакций в кинематических парах с учётом трения обычно используется метод последовательных приближений, когда по найденным без учёта трения реакциям определяются силы и моменты трения в кинематических парах. Затем эти силы прикладываются как внешние и производится перерасчёт реакций в установленном порядке. Обычно достаточно одного перерасчёта (итерации).

## 9.6. Коэффициент полезного действия (КПД) машины

Энергия, потребляемая машиной, расходуется на преодоление полезных и вредных сопротивлений. Полезные –это сопротивления, для преодоления которых машина предназначается. Вредные –это сопротивления, преодоление которых не даёт производственного эффекта.

*Механическим* КПД (η) называется отношение полезной работы $A_{пл}$ или мощности $P_{пл}$ к затраченной $A_{зт}(P_{зт})$. Потери механической энергии в разного рода устройствах состоят главным образом из потерь на трение:

$$\eta = \frac{A_{пл}}{A_{зт}} = \frac{P_{пл}}{P_{зт}} = \frac{A_{зт} - A_{тр}}{A_{зт}} = \frac{P_{зт} - P_{тр}}{P_{зт}} = 1 - \xi_{п}, \qquad (9.17)$$

где $\xi_{п} = \frac{A_{тр}}{A_{зт}} = \frac{P_{тр}}{P_{зт}}$ – коэффициент потерь.

При холостом ходе машины $\eta = 0$ , но могут быть случаи когда $\eta < 0$ , что означает невозможность совершать движение из-за явления, называемого *самоторможением*. Например, червячный редуктор не может совершать вращение со стороны червячного колеса.

Рассмотрим машину как совокупность $n$ элементов, соединённых различным образом между собой.

1. Элементы соединены последовательно и КПД каждого из них $\eta_i$ известен (рис. 93, *а*). Тогда

$$\begin{aligned} A_2 &= A_1\eta_1; \\ A_3 &= A_2\eta_2 = A_2\eta_1\eta_2; \\ &\vdots \\ A_{n+1} &= A_1\eta_1\eta_2...\eta_n, \end{aligned} \qquad (9.18)$$

т. е. общий КПД всей цепи равен

$$\eta_{\Sigma} = \frac{A_{n+1}}{A_1} = \eta_1\eta_2...\eta_n = \prod_{i=1}^{n}\eta_i. \qquad (9.19)$$

Поэтому следует стремиться к созданию простых конструкций с малым числом элементов.

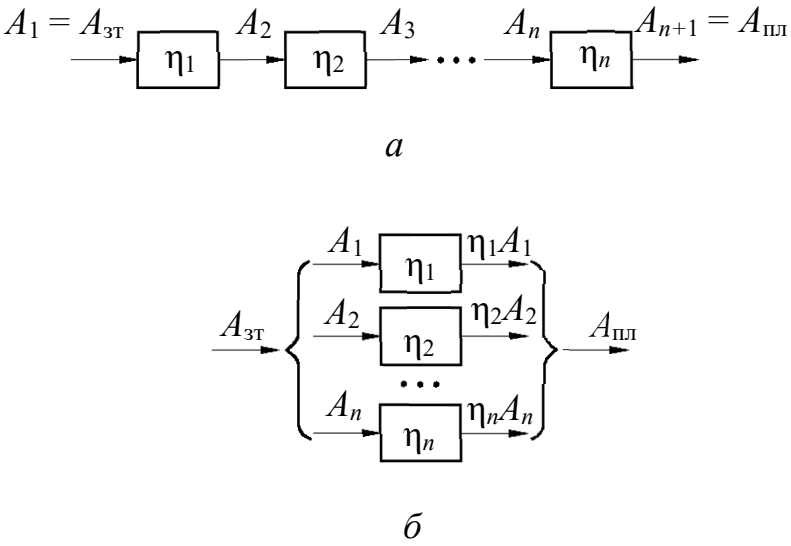



Рис. 93. Машина как совокупность элементов:
*а* – элементы соединены последовательно; *б* – элементы соединены параллельно

2. Элементы соединены параллельно (рис. 93, *б*). Тогда

$$\eta_{\Sigma} = \frac{\eta_1 A_1 + \eta_2 A_2 + \ldots + \eta_n A_n}{A_1 + A_2 + \ldots + A_n} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \eta_i, \qquad (9.20)$$

где $\alpha_i = \dfrac{A_i}{A_{зт}}$ – коэффициент распределения энергии.

При $\eta_1 = \eta_2 = \ldots = \eta_n$ получим $\eta_{\Sigma} = \eta_i$, следовательно, низкое качество отдельных элементов меньше влияет на общий КПД машины, чем при последовательном соединении.

Сложные механизмы могут образовывать разветвлённую систему, состоящую из последовательного и параллельного соединённых более простых механизмов, где КПД определяется согласно указанным выше правилам.

Так как любой механизм представляет собой кинематическую цепь с последовательно и параллельно соединёнными в кинематических парах

звеньями, то общий КПД механизма вычисляется аналогично при известных КПД кинематических пар.

Например, необходимо определить $\eta_\Sigma$ механизма с низшими парами, изображённого на рис. 94.

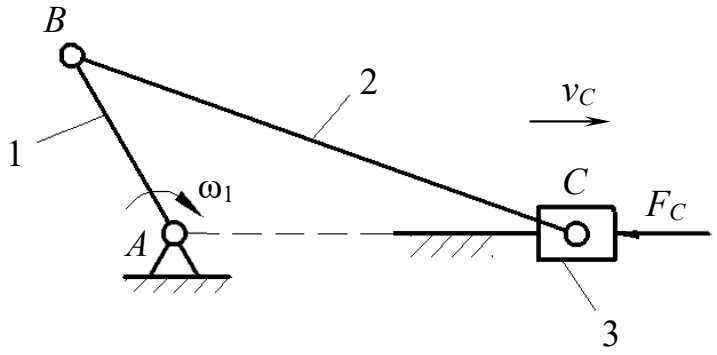



Рис. 94. Схема рычажного механизма

Мощность сил полезного сопротивления

$$P_{\text{пл}} = F_C v_C, \tag{9.21}$$

где $v_C$ – скорость точки $C$; $F_C$ – сила полезного сопротивления.

Затраченная мощность

$$P_{\text{зт}} = P_{\text{пл}} + \sum_{i=1}^{4} P_i^{\text{тр}}. \tag{9.22}$$

В формуле (9.22) мощность, затраченная на трение в кинематических парах, равна:

$$\begin{aligned}
&\sum_{i=1}^{4} P_i^{\text{тр}} = P_A^{\text{тр}} + P_B^{\text{тр}} + P_C^{\text{тр}} + P_{30}^{\text{тр}};\\
&P_A^{\text{тр}} = F_{01} f_A \frac{d_A}{2}\omega_1;\\
&P_B^{\text{тр}} = F_{12} f_B \frac{d_B}{2}(\omega_1 \pm \omega_2);\\
&P_C^{\text{тр}} = F_{23} f_C \frac{d_C}{2}\omega_2;\\
&P_{30}^{\text{тр}} = F_{30} f_{30} v_C,
\end{aligned} \tag{9.23}$$

где $P_A^{\text{тр}}, P_B^{\text{тр}}, P_C^{\text{тр}}$ – затраты мощности на трение в шарнирах; $P_{30}^{\text{тр}}$ – затраты мощности на трение в поступательной паре; $f_A, f_B, f_C$ – коэффициенты трения в шарнирах; $f_{30}$ – коэффициент трения в поступательной паре; $d_A$, $d_B$, $d_C$ – диаметры шарниров; $\omega_1$, $\omega_2$ – угловые скорости звеньев.

Мгновенный КПД, который является функцией положения звена 1, равен

$$\eta_{\Sigma} = \frac{P_{\text{пл}}}{P_{\text{зт}}}. \qquad (9.24)$$

# 10. УРАВНОВЕШИВАНИЕ МАСС В МЕХАНИЗМАХ

## 10.1. Действие сил на фундамент. Условия уравновешивания

В общем случае в кинематических парах механизмов и машин возникают динамические усилия, переменные по величине и направлению. Через стойку они передаются на фундамент, вызывая дополнительные напряжения в отдельных звеньях, вибрацию и ухудшение условий работы. Чтобы этого избежать, необходимо рационально подобрать и расположить массы звеньев с условием полного или частичного гашения динамических усилий. Эта задача решается при уравновешивании.

Основными динамическими составляющими при работе любого механизма являются силы инерции, которые, как правило, переменны по величине и направлению. Это характерно и для случаев, когда входное звено вращается с постоянной угловой скоростью $\omega_1 = const$ (см. рис. 94). Все силы и моменты сил инерции можно привести к главному вектору $\overline{F}_{и\Sigma}$ и моменту $\overline{M}_{и\Sigma}$ относительно выбранной точки (точки приведения):

$$\begin{aligned} \overline{F}_{и\Sigma} &= \Sigma \overline{F}_{иi}; \\ \overline{M}_{и\Sigma} &= \Sigma \overline{M}_{иi} + \Sigma \overline{F_{иi} h_{F_{иi}}}, \end{aligned} \qquad (10.1)$$

где $\overline{F}_{иi}, \overline{M}_{иi}$ – сила инерции и момент сил инерции $i$-го звена; $h_{F_{иi}}$ – плечо силы инерции относительно точки приведения.

Полностью уравновешенным считается механизм, в котором $F_{и\Sigma} = 0$ и $M_{и\Sigma} = 0$, т. е. сила давления стойки на фундамент остаётся постоянной при движении звеньев.

Из теоретической механики известно, что

$$\overline{F}_{и\Sigma} = -m_{\Sigma} \overline{a}_s, \qquad (10.2)$$

где $m_{\Sigma}$ – масса всех подвижных звеньев; $a_s$ – ускорение центра масс системы.

Следовательно, для выполнения условия $F_{и\Sigma} = 0$ необходимо, чтобы ускорение $a_s = 0$.

Это равносильно требованию постоянства положения центра масс механизма относительно стойки. Такое уравновешивание называется *статическим* или *уравновешиванием первого рода*. В этом случае используется метод заменяющих (сосредоточенных) масс, обладающих массой, центром масс и моментом инерции $J_S$ заменяемого твёрдого тела (звена) с распределённой массой. Если поместить начало системы координат в центр масс системы, то условия эквивалентности заменяемой и заменяющих масс запишутся так:

$$\begin{aligned} &\Sigma m_i = m_\Sigma; \\ &\Sigma m_i x_i = 0; \\ &\Sigma m_i y_i = 0; \\ &\Sigma m_i (x_i^2 + y_i^2) = J_S, \end{aligned} \qquad (10.3)$$

где $m_i$ – масса $i$-го звена; $x_i$, $y_i$ – координаты центра тяжести $i$-го звена.

Таким образом, в общем случае плоского звена необходимы четыре заменяющих массы. В частных случаях число заменяющих масс может быть сведено к двум. Например, для звена $AB$ (рис. 95) можно ограничиться частичной заменой его массы $m$ двумя массами $m_1$ и $m_2$, учитывая условия:

$$\begin{aligned} &m_1 + m_2 = m; \\ &m_1 l_1 - m_2 l_2 = 0. \end{aligned} \qquad (10.4)$$

Отсюда следует, что

$$\begin{aligned} m_1 &= m\frac{l_2}{l}; \\ m_2 &= m\frac{l_1}{l}. \end{aligned} \qquad (10.5)$$

Для полного уравновешивания механизма необходимо выполнение обоих условий: $F_{и\Sigma} = 0$; $M_{и\Sigma} = 0$, причём выполнение условия $M_{и\Sigma} = 0$ решается

при моментном (динамическом) уравновешивании, которое называется *уравновешиванием второго рода*.

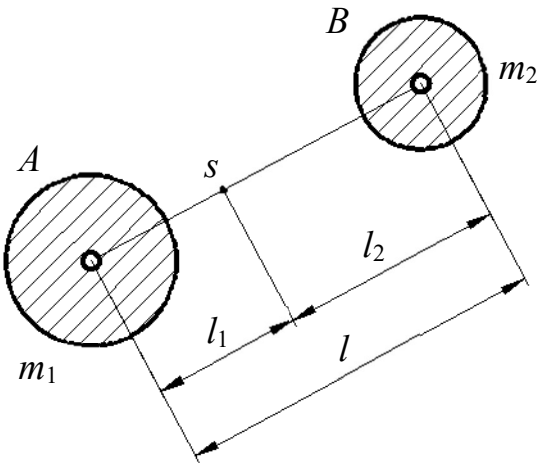
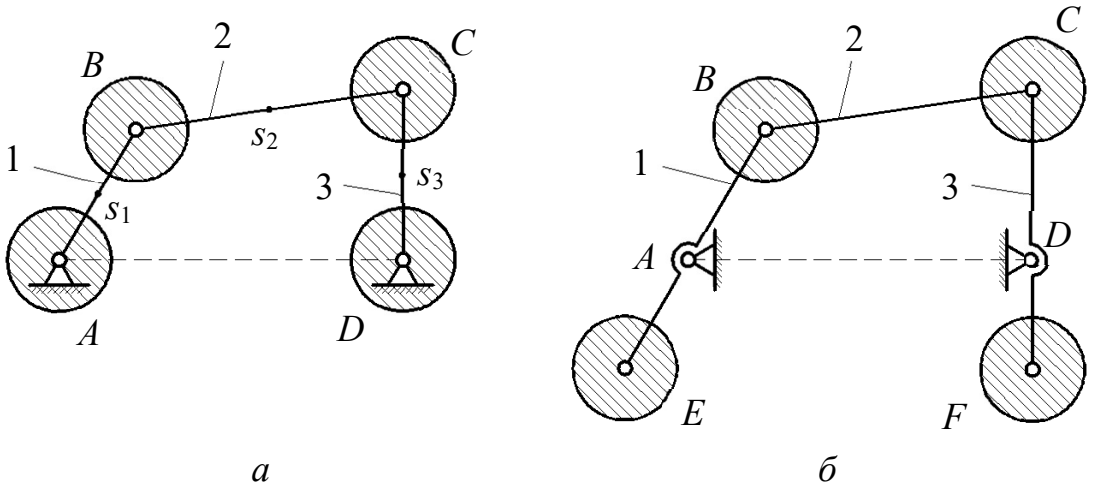



Рис. 95. Звено *AB*

## 10.2. Уравновешивание с помощью противовесов на звеньях механизма

Рассмотрим последовательность статического уравновешивания на примере четырёхшарнирного механизма (рис. 96, *а*). Заменяем массы звеньев 1, 2, 3 сосредоточенными массами в точках *A*, *B*, *C*, *D*, причём в силу неподвижности точек *A* и *D*, массы, сосредоточенные в этих точках, можно не учитывать.




*а* *б*

Рис. 96. Статическое уравновешивание механизма:
*а* – схема механизма; *б* – статически уравновешенный механизм

Приведённые массы в точках $B$ и $C$ равны:

$$m_B = m_{B_1} + m_{B_2} = m_1 \frac{l_{AS_1}}{l_{AB}} + m_2 \frac{l_{CS_2}}{l_{BC}};$$
$$m_C = m_{C_2} + m_{C_3} = m_2 \frac{l_{BS_2}}{l_{BC}} + m_3 \frac{l_{DS_3}}{l_{CD}}. \qquad (10.6)$$

Так как заменяющие массы $m_B$ и $m_C$ совершают вращательное движение, то для уравновешивания сил инерции необходимы противовесы с массами $m_E$ и $m_F$, определяемыми из следующих условий (рис. 96, *б*):

$$m_E l_{AE} = m_B l_{AB};$$
$$m_F l_{DF} = m_C l_{DC}, \qquad (10.7)$$

где, задавая длины противовесов, можно получить их массы и наоборот.

Рассмотрим моментное уравновешивание на примере четырёхшарнирного механизма. Его приближённое моментное уравновешивание можно осуществить после статического уравновешивания, введя в схему механизма два одинаковых дополнительных противовеса $m_M$ (рис. 97), соединённых с зубчатыми колёсами *a* и *b*. Колесо *a* жёстко связано с кривошипом 1 и вращается с угловой скоростью $\omega_1$, а равное ему колесо *b* вращается с той же угловой скоростью $\omega_1$, но угловые координаты противовесов отличаются на 180°, поэтому момент пары сил инерции от противовесов $m_M$ равен

$$M_{иM} = F_{иM} h_M. \qquad (10.8)$$

Подбирая положение точки $E$, можно обеспечить направление $M_{иM}$, противоположное направлению $M_{и\Sigma}$ , а массу противовесов $m_M$ определяют из условия $M_{и\Sigma} = M_{иM}$.

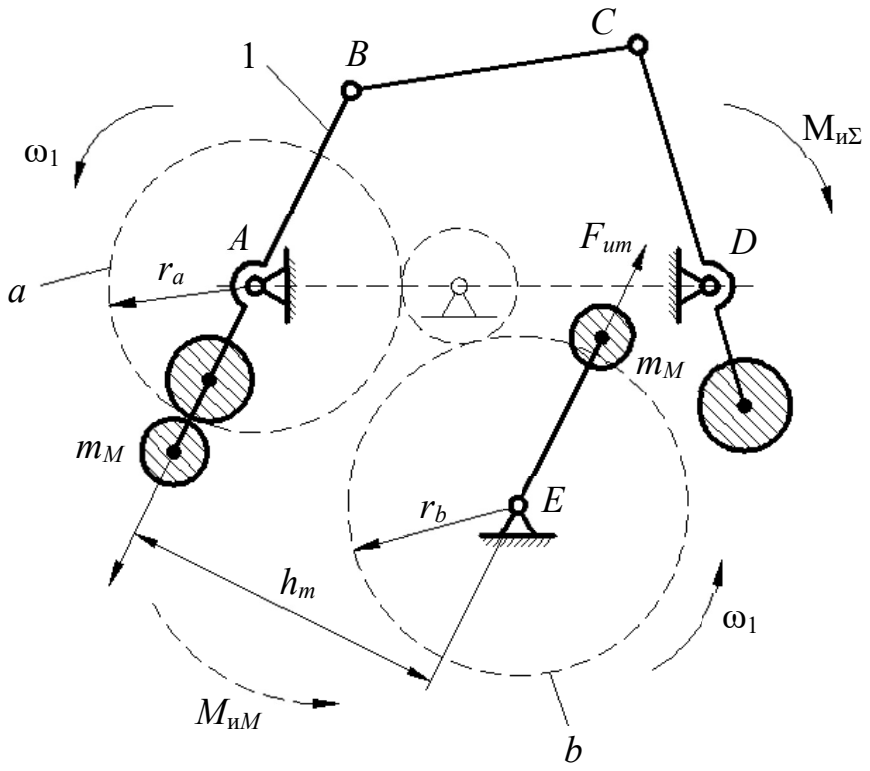



Рис. 97. Моментное уравновешивание механизма

### 10.3. Уравновешивание вращающихся масс (роторов)

*Ротором* в теории балансировки называется любое вращающееся тело. В связи с появлением быстроходных машин возникла проблема уравновешивания быстровращающихся деталей. Так, например, скорость некоторых турбин, валов гироскопов, суперцентрифуг достигает 50 тысяч об/мин, и малейшее смещение центра масс с геометрической оси вращения вызывает появление больших сил инерции, т. е. вибрационных явлений в машине и фундаменте.

Различают статическое уравновешивание (статическая балансировка) вращающихся роторов и динамическое. Статическая балансировка достигается тем, что центр тяжести вращающейся детали переводят в неподвижную точку. Такое уравновешивание применяется для плоских деталей, длина которых мала по сравнению с диаметром. Если такую деталь заменить сосредоточенной массой $m$, вращающейся относительно

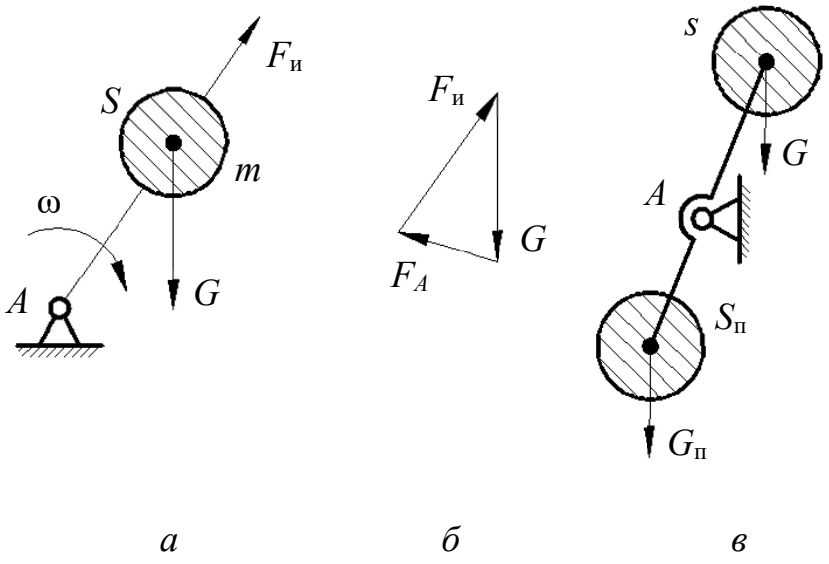
неподвижного центра вращения (рис. 98, *а*), то можно записать уравнение динамики:

$$\bar{G} + \bar{F}_A + \bar{F}_{\text{и}} = 0, \tag{10.9}$$

где $G$ – вес; $F_A$ –реакция в опоре; $F_{\text{и}}$ –сила инерции, равная

$$F_{\text{и}} = ma_S^n = \frac{G}{g}\omega^2\rho = d\frac{\omega^2}{g}, \tag{10.10}$$

где $\rho = AS$ – радиус окружности вращения массы $m$; $d = G\rho$ – дисбаланс, который характеризует неуравновешенность и направлен так же, как сила инерции $F_{\text{и}}$.




*а* *б* *в*

Рис. 100. Уравновешивание вращающихся масс

План сил в данном положении (рис. 98, *б*) показывает, что $F_A$ – сила переменная по направлению и создаёт динамические нагрузки и вибрацию. Если $d = 0$, то $\bar{G} + \bar{F}_A = 0$, и динамические нагрузки отсутствуют. Для этого необходимо уравновесить дисбаланс установкой массы противовеса с противоположной стороны (рис. 98, *в*). Тогда дисбалансы будут уравновешены, и вес противовеса $G_{\text{п}}$ определится из условия

$$G\rho = G_{\text{п}}\rho_{\text{п}}, \tag{10.11}$$

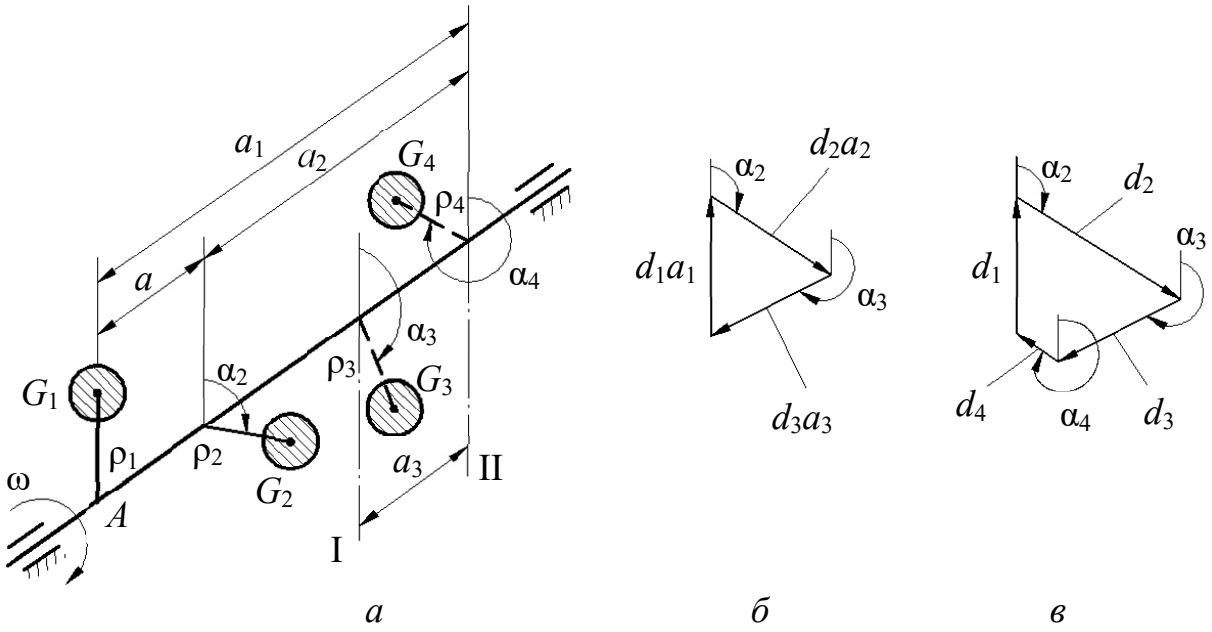
где $\rho_{\text{п}} = AS_{\text{п}}$ – радиус окружности вращения противовеса.

Рассмотрим уравновешивание неплоской детали, которую можно представить, например, в виде двух грузов $G_1$ и $G_2$ (рис. 99, *а*), с углом $\alpha_2$ между радиусами $\rho_1$ и $\rho_2$. В этом случае возникают реакции, вызванные неуравновешенностью как сил, так и моментов от сил инерции. При этом момент от сил инерции относительно точки *A* равен

$$M_{и2} = F_{и2}a \tag{10.12}$$

и характеризуется дисбалансом

$$d_2a = G_2\rho_2a. \tag{10.13}$$




*а* *б* *в*

Рис. 99. Уравновешивание неплоской детали

В этом случае динамические нагрузки на опоры возникают даже если проведена статическая балансировка, когда центр тяжести грузов 1 и 2 совпадает с центром вращения. Уравновешивание моментов от сил инерции вращающихся деталей будет обеспечена динамической балансировкой.

Полное уравновешивание системы можно осуществить двумя дополнительными грузами $G_3$ и $G_4$, установленными в разных плоскостях I и II, называемых *плоскостями исправления*, под углами $\alpha_3$ и $\alpha_4$. При этом должны выполняться условия:

$$\Sigma \overline{F}_{ui} = 0, \text{ или } \overline{d}_1 + \overline{d}_2 + \overline{d}_3 + \overline{d}_4 = 0;$$
$$\Sigma \overline{M}_{ui} = 0, \text{ или } \overline{d}_1 a_1 + \overline{d}_2 a_2 + \overline{d}_3 a_3 + \overline{d}_4 a_4 = 0. \quad (10.14)$$

Совместное решение уравнений (10.14), например, графическим путём (рис. 99, *б*, *в*) позволяет найти вес и положение противовесов $G_3$ и $G_4$.

Балансировка вращающихся масс осуществляется на специальных балансировочных станках, при этом исключается неуравновешенность, вызванная неточностью изготовления детали.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. – М.: Наука, 1988.

2. Артоболевский И. И. Сборник задач по теории механизмов и машин: для машин. спец. вузов. – М.: Наука, 1975.

3. Левитская О. Н., Левитский Н. И. Курс теории механизмов и машин: учеб. пособие для механ .спец. вузов. – М.: Наука, 1990.

4. Прикладная механика: учеб. пособие и контрольные задания на курсовой проект «Кинематический, силовой анализ и синтез плоского механизма» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Горные машины и оборудование» очного и заочного обучения. / А. И. Афанасьев, Ю. М. Казаков, С. А. Ляпцев и др. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019.

Учебное издание

Виталий Михайлович ТАУГЕР, Александр Анатольевич ЛЕОНТЬЕВ

# ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

*Учебное пособие*

Редактор изд-ва
Компьютерная вёрстка авторов
Дизайн обложки

Подписано в печать
Бумага офсетная. Гарнитура *Times New Roman*. Формат $60\times84\,{}^{1}\!/_{16}$.
Печать на ризографе. Печ. л. 8,0. Уч. изд. л. 6,0
Тираж 100 экз. Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский гос. горный ун-т
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

# Б1.О.24 ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Направление подготовки –
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***
Направленность (профиль) –
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

год набора: 2022

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией факультета |
|---|---|
| Технической механики | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Волков Е.Б. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 17.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Методические указания адресованы студентам, обучающимся по направлению подготовки ***15.03.02 Технологические машины и оборудование***, и призваны обеспечить эффективную самостоятельную работу по курсу «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН».

Форма контроля самостоятельной работы студентов – проверка на практическом занятии, расчетно-графическая работа.

## ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

*Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций*

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в начале изучения дисциплины).

Проверка ответов на задания, выполненных работ.

Сообщение результатов оценивания обучающимся, обсуждение результатов.

Оформление необходимой документации.

***Самостоятельная работа включает выполнение расчетно-графической работы.***

При выполнении расчетно-графической работы по заданной кинематической схеме механизма и исходным данным необходимо выполнить следующие виды работ:

– провести структурный анализ механизма;

– выполнить кинематический анализ механизма, для чего при заданном положении кривошипа построить планы механизма, скоростей и ускорений, а также эскиз вала кривошипа с установленными на нём элементами;

– определить величину уравновешивающей силы и уравновешивающего момента методом «жёсткого рычага» Н.Е. Жуковского;

– произвести проверочный расчёт вала кривошипа, включающий оценку статической прочности и расчёт на сопротивление усталости.

Масштабы плана механизма и эскиза вала принимаются по ЕСКД, масштабы планов скоростей и ускорений и «жёсткого рычага» выбираются самостоятельно с учётом рационального расположения построений на листе формата А1.

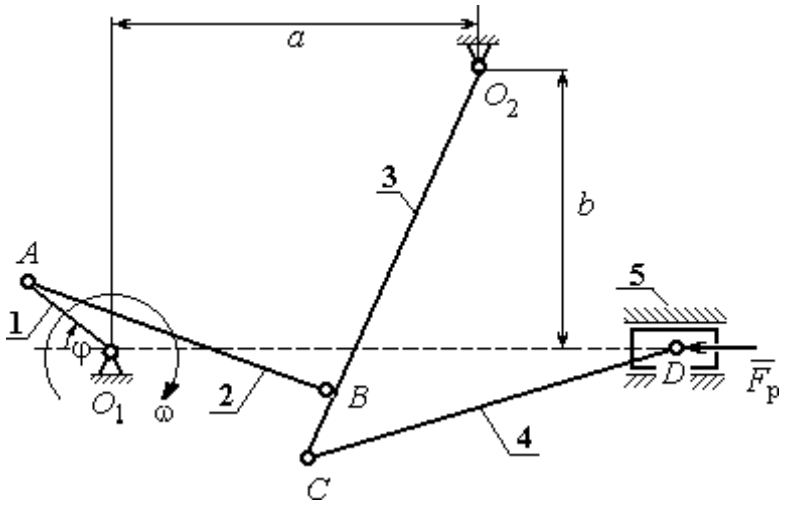
В расчётах для всех заданий и вариантов принять предел текучести материала вала $\sigma_т$ = 380 МПа, допускаемое напряжение смятия шпонки $[\sigma_{см}]$ = 120 МПа, обработку поверхности вала – чистовую.

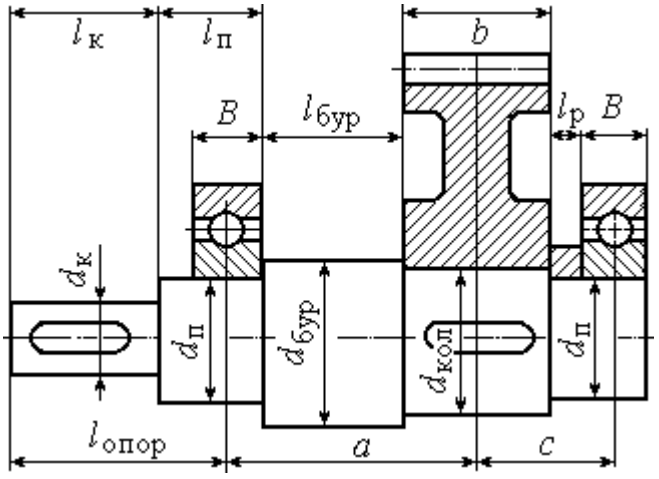
По результатам расчётов составить пояснительную записку на листах формата А4, оформленную в соответствии с правилами ЕСКД.

Построение планов механизма, скоростей, ускорений и «жёсткого рычага» выполнить на листе формата А1.

**Вариант задания № 1. Инерционный конвейер**

Схемы механизма инерционного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 1




**Инерционный конвейер** состоит из кривошипа 1 шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и рештака (ползуна) 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения в точке $O_1$, а центры масс остальных звеньев – посередине их длин. Сила сопротивления движению рештака постоянна и равна $F_р$. Рабочий ход слева – направо. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинальной.

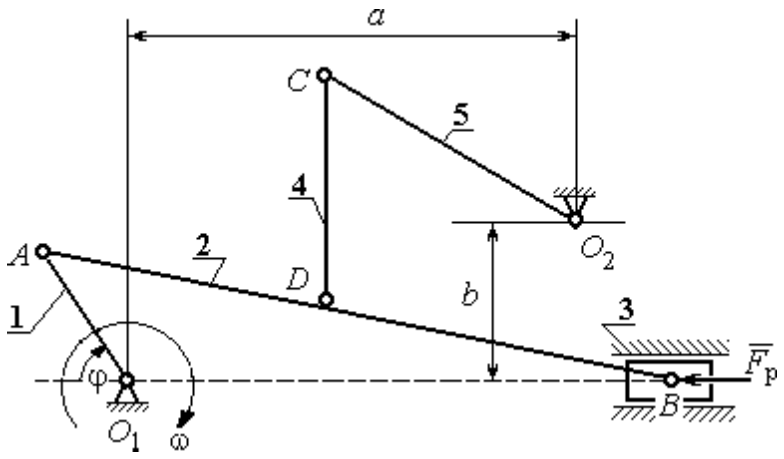
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа инерционного конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

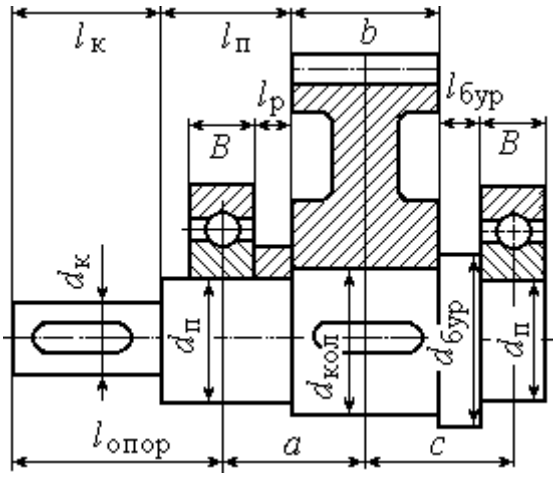
**Варианты исходных данных механизма инерционного конвейера для варианта задания № 1**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,24 | 0,25 |
| | $AB$ | 0,8 | 0,8 | 0,11 | 0,11 | 0,29 | 0,23 | 0,11 | 0,11 | 0,92 | 1,06 |
| | $O_2B$ | 1,0 | 1,0 | 0,12 | 0,12 | 0,25 | 0,25 | 0,12 | 0,12 | 0,84 | 0,87 |
| | $O_2C$ | 1,2 | 1,2 | 0,1 | 0,12 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,12 | 0,9 | 0,5 |
| | $CD$ | 1,2 | 1,2 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 1,45 | 0,65 |
| | $a$ | 0,9 | 0,9 | 0,06 | 0,04 | 0,15 | 0,35 | 0,04 | 0,07 | 0,8 | 0,8 |
| | $b$ | 0,7 | 0,7 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,11 | 0,06 | 0,02 | 0,6 | 0,6 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 45 | 30 | 290 | 235 | 120 | 115 | 140 | 50 | 300 | 150 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 190 | 95 | 200 | 180 | 150 | 170 | 250 | 190 | 100 | 120 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 80 | 8 | 15 | 18 | 38 | 24 | 16 | 20 | 37 | 32 |
| | $m_3$ | 100 | 10 | 18 | 25 | 23 | 30 | 28 | 25 | 22 | 17 |
| | $m_4$ | 60 | 6 | 25 | 25 | 30 | 40 | 40 | 30 | 36 | 31 |
| | $m_5$ | 100 | 10 | 100 | 70 | 80 | 90 | 90 | 60 | 73 | 62 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,09 | 0,18 | 0,09 | 0,3 | 0,21 |
| | $J_2$ | 1,0 | 1,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,08 | 0,2 | 4,1 | 3,1 |
| | $J_3$ | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 0,18 | 0,2 | 0,6 | 0,5 | 2,7 | 2,9 |
| | $J_4$ | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 1,0 | 1,03 | 1,4 | 1,4 | 1,05 | 1,6 | 1,1 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 10,0 | 2,25 | 3,0 | 2,5 | 1,5 | 1,6 | 3,0 | 1,8 | 4,6 | 3,6 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 6,3 | 4,1 | 4,0 | 4,5 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 650 | 750 | 750 | 800 | 850 | 750 | 650 | 800 | 750 | 700 |

**Вариант задания № 2. Плунжерный питатель с грохотом**

Схемы механизма плунжерного питателя с грохотом и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 2




**Плунжерный питатель с грохотом** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 и 4, сита грохота 5, плунжера 3. Центр тяжести кривошипа расположен на оси вращения $O_1$, центры тяжести остальных звеньев находятся в их середине. Сила сопротивления движению плунжера 3 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода (рабочий ход слева – направо). На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

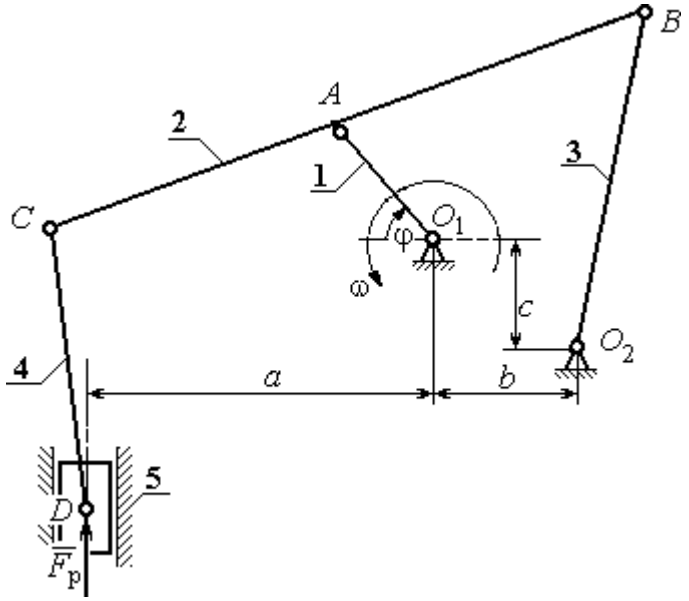
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа плунжерного питателя** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

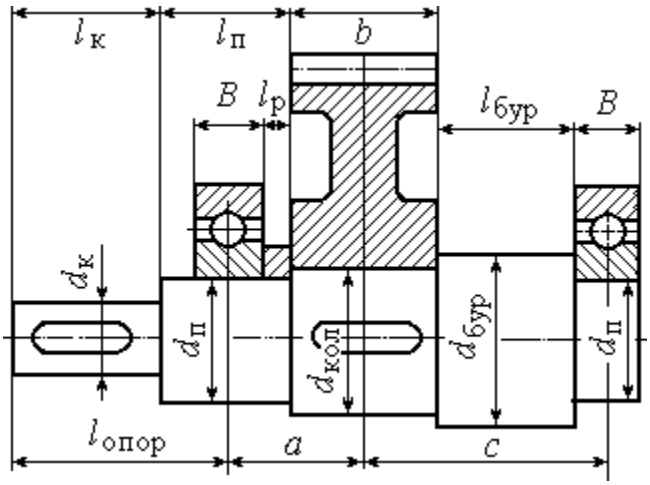
**Варианты исходных данных механизма плунжерного питателя с грохотом для варианта задания № 2**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,8 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,1 | 0,1 |
| | $AB$ | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,5 |
| | $DB$ | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,35 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,43 | 0,33 |
| | $O_2C$ | 0,4 | 0,27 | 0,19 | 0,3 | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,24 | 0,31 | 0,21 |
| | $CD$ | 0,12 | 0,09 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,13 | 0,14 | 0,2 | 0,16 | 0,16 |
| | $a$ | 0,57 | 0,45 | 0,4 | 0,57 | 0,45 | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,5 | 0,4 |
| | $b$ | 0,12 | 0,02 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,05 | 0,05 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 60 | 56 | 58 | 55 | 55 | 58 | 57 | 65 | 60 | 70 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 150 | 30 | 210 | 150 | 160 | 140 | 130 | 160 | 130 | 120 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 42 | 38 | 35 | 36 | 31 | 35 | 36 | 31 | 40 | 40 |
| | $m_3$ | 8 | 12 | 8 | 10 | 12 | 8 | 10 | 12 | 10 | 12 |
| | $m_4$ | 16 | 9 | 16 | 18 | 20 | 13 | 14 | 20 | 16 | 16 |
| | $m_5$ | 40 | 27 | 35 | 30 | 24 | 25 | 22 | 24 | 31 | 21 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,1 | 0,1 |
| | $J_2$ | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,2 |
| | $J_4$ | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 |
| | $J_5$ | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,6 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 100 | 90 | 980 | 80 | 80 | 80 | 700 | 80 | 100 | 60 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 6,8 | 6,0 | 7,0 | 6,3 | 5,0 | 4,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 | 4,5 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 700 | 650 | 800 | 850 | 650 | 750 | 700 | 800 | 850 |

**Вариант задания № 3. Поршневой насос**

Схемы механизма поршневого насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 3




Механизм **поршневого насоса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня сверху – вниз. Центры масс звеньев2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

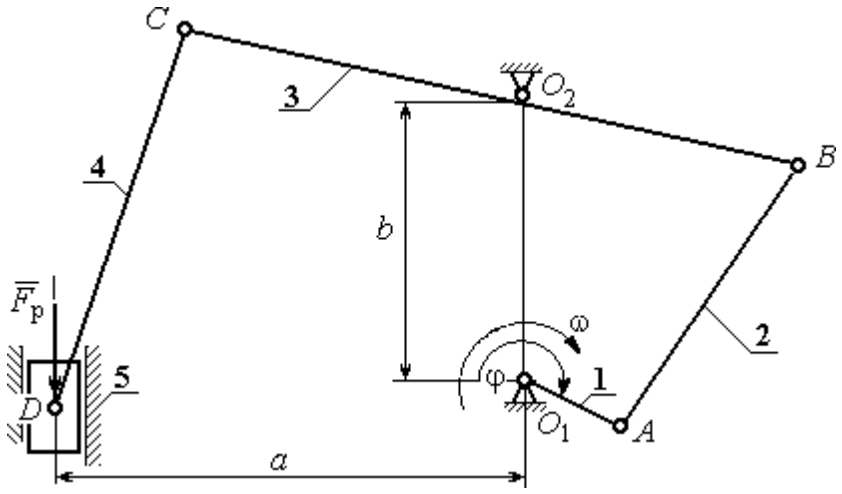
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа поршневого насоса** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

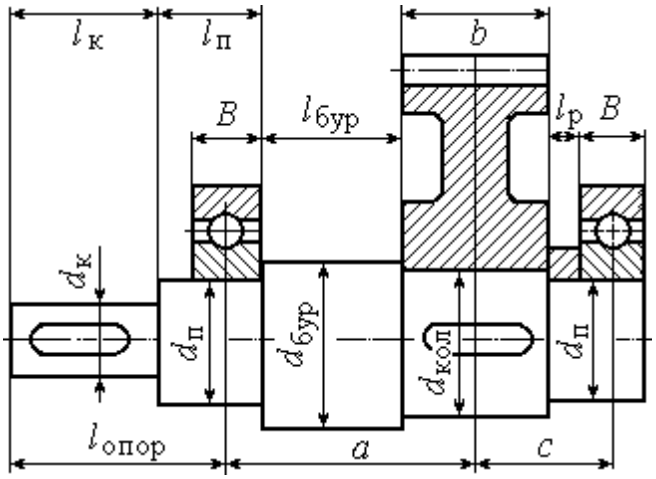
**Варианты исходных данных механизма поршневого насоса для варианта задания № 3**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,16 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,11 | 0,18 | 0,13 | 0,12 | 0,18 | 0,1 |
| | $AB$ | 0,56 | 0,5 | 0,52 | 0,6 | 0,6 | 0,56 | 0,47 | 0,45 | 0,56 | 0,42 |
| | $AC$ | 0,38 | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,42 | 0,35 | 0,3 | 0,42 | 0,3 |
| | $O_2B$ | 0,55 | 0,5 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,55 | 0,5 | 0,48 | 0,55 | 0,45 |
| | $CD$ | 0,6 | 0,55 | 0,6 | 0,55 | 0,45 | 0,6 | 0,55 | 0,5 | 0,6 | 0,45 |
| | $c$ | 0,5 | 0,3 | 0,32 | 0,35 | 0,25 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,2 |
| | $a$ | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,28 | 0,4 | 0,5 | 0,35 |
| | $b$ | 0,3 | 0,35 | 0,32 | 0,3 | 0,25 | 0,38 | 0,28 | 0,3 | 0,38 | 0,2 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 60 | 56 | 45 | 60 | 65 | 65 | 23 | 65 | 60 | 63 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 140 | 70 | 130 | 160 | 80 | 110 | 90 | 55 | 110 | 50 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 28 | 28 | 30 | 30 | 26 | 30 | 25 | 25 | 30 | 26 |
| | $m_3$ | 25 | 20 | 25 | 25 | 18 | 25 | 28 | 20 | 25 | 18 |
| | $m_4$ | 28 | 25 | 28 | 30 | 20 | 28 | 36 | 22 | 25 | 20 |
| | $m_5$ | 38 | 32 | 25 | 40 | 34 | 28 | 45 | 26 | 28 | 22 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,15 | 0,11 | 0,18 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,13 | 0,1 | 0,15 | 0,1 |
| | $J_2$ | 0,92 | 0,7 | 0,83 | 1,08 | 0,72 | 0,8 | 0,95 | 0,6 | 0,85 | 0,72 |
| | $J_3$ | 0,75 | 0,63 | 1,05 | 0,8 | 0,62 | 1,15 | 0,72 | 0,65 | 1,1 | 0,86 |
| | $J_4$ | 1,15 | 0,93 | 1,2 | 1,05 | 0,95 | 1,15 | 1,1 | 0,9 | 1,15 | 1,0 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 20,4 | 0,8 | 2,2 | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 0,8 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,1 | 4,4 | 5,8 | 6,2 | 7,3 | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 680 | 780 | 880 | 820 | 730 | 560 | 580 | 630 | 680 | 720 |

**Вариант задания № 4. Глубинный насос**

Схемы механизма глубинного насоса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 4




Механизм **глубинного насоса** состоит из кривошипа 1 шатунов 2 и 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

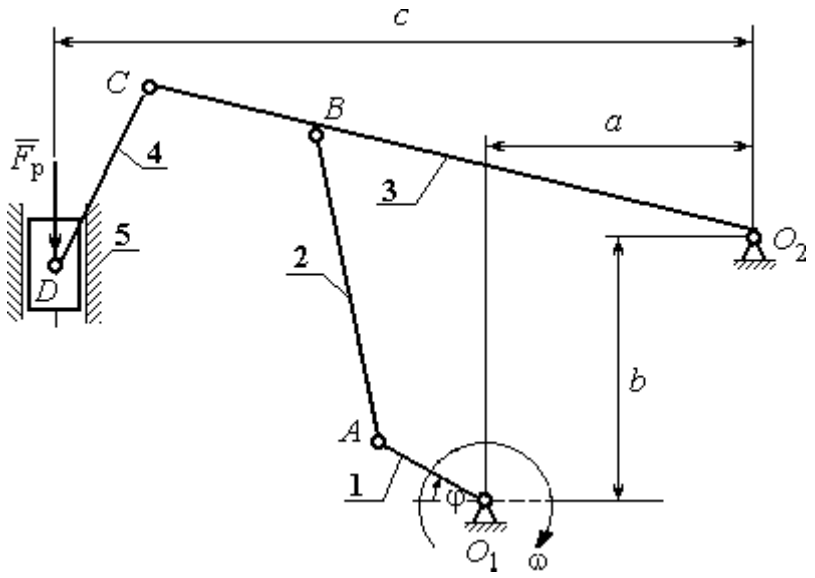
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа глубинного насоса** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

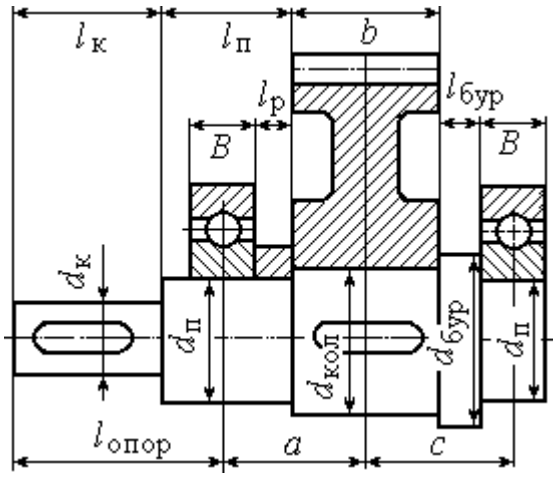
**Варианты исходных данных механизма глубинного насоса для варианта задания № 4**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,09 | 0,11 | 0,15 | 0,1 | 0,12 | 0,17 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,95 |
| | $AB$ | 0,6 | 0,72 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,55 | 0,8 | 0,70 | 0,65 | 0,9 |
| | $O_2B$ | 0,38 | 0,47 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| | $O_2C$ | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,45 | 0,35 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,75 | 0,6 |
| | $CD$ | 0,6 | 0,8 | 0,85 | 0,6 | 0,65 | 0,8 | 1,5 | 1,55 | 1,75 | 1,6 |
| | $a$ | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,36 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,65 |
| | $b$ | 0,46 | 0,63 | 0,6 | 0,45 | 0,66 | 0,6 | 0,5 | 0,55 | 0,7 | 0,8 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 180 | 210 | 0 | 165 | 150 | 253 | 30 | 45 | 60 | 120 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 140 | 130 | 180 | 70 | 150 | 200 | 100 | 110 | 160 | 190 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 38 | 24 | 14 | 22 | 27 | 20 | 23 | 26 | 29 | 30 |
| | $m_3$ | 35 | 52 | 34 | 40 | 47 | 40 | 33 | 37 | 41 | 44 |
| | $m_4$ | 33 | 30 | 36 | 28 | 34 | 40 | 43 | 47 | 49 | 51 |
| | $m_5$ | 35 | 36 | 20 | 32 | 30 | 20 | 44 | 49 | 51 | 60 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,22 | 0,1 | 0,14 | 0,2 | 0,1 | 0,15 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| | $J_2$ | 1,1 | 0,83 | 0,5 | 1,2 | 0,9 | 0,75 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,4 |
| | $J_3$ | 3,5 | 4,9 | 2,5 | 4 | 4,1 | 4,3 | 2,1 | 2,5 | 2,7 | 3,0 |
| | $J_4$ | 2,1 | 2,0 | 2,3 | 1,6 | 2,2 | 2,4 | 3,0 | 3,5 | 3,9 | 4,4 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 3,0 | 1,26 | 1,44 | 1,68 | 2,17 | 2,16 | 3,0 | 4,8 | 5,1 | 6,1 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 | 3,2 | 2,0 | 5,6 | 4,0 | 5,2 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 650 | 800 | 750 | 700 | 800 | 680 | 720 | 770 | 810 |

**Вариант задания № 5. Вытяжной пресс**

Схемы механизма вытяжного пресса и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 5




Механизм вытяжного **пресса** состоит из кривошипа 1, шатунов 2 – 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня снизу – вверх. Центры масс звеньев 2 –4 находятся посредине их длин, звена 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

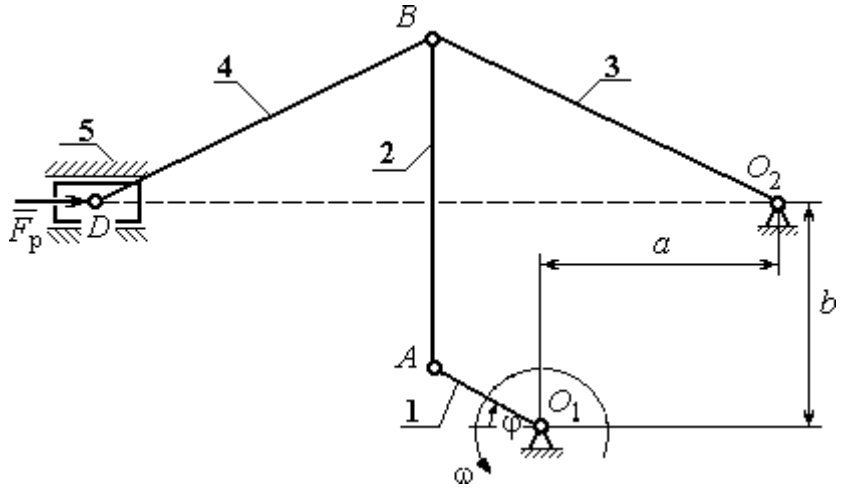
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа вытяжного пресса** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

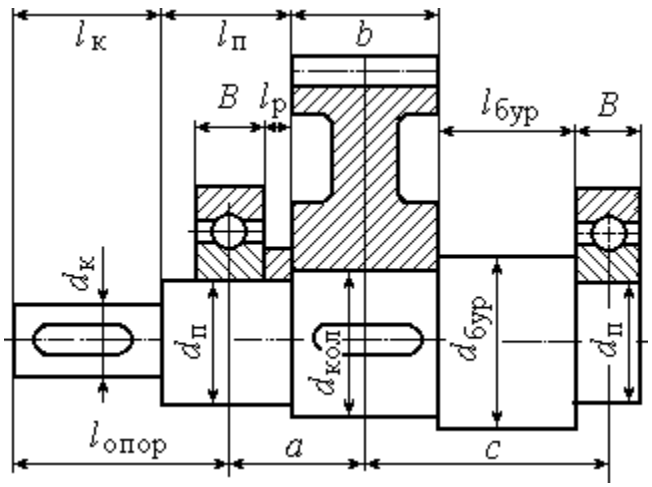
**Варианты исходных данных механизма вытяжного пресса для варианта задания № 5**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,1 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,1 | 0,07 | 0,1 | 0,11 | 0,08 |
| | $AB$ | 0,32 | 0,45 | 0,36 | 0,38 | 0,4 | 0,42 | 0,46 | 0,48 | 0,5 | 0,52 |
| | $O_2B$ | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 0,42 | 0,51 | 0,6 | 0,62 | 0,46 | 0,45 | 0,5 |
| | $O_2C$ | 0,42 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,85 | 0,8 | 0,66 | 0,65 | 0,7 |
| | $CD$ | 0,11 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,35 | 0,49 | 0,5 |
| | $a$ | 0,16 | 0,35 | 0,45 | 0,44 | 0,56 | 0,62 | 0,6 | 0,64 | 0,68 | 0,66 |
| | $b$ | 0,29 | 0,3 | 0,4 | 0,41 | 0,46 | 0,5 | 0,51 | 0,55 | 0,6 | 0,6 |
| | $c$ | 0,41 | 0,7 | 0,6 | 0,56 | 0,65 | 0,75 | 0,8 | 0,62 | 0,6 | 0,65 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 30 | 60 | 120 | 150 | 210 | 240 | 300 | 330 | 25 | 45 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 40 | 65 | 50 | 55 | 60 | 165 | 70 | 75 | 285 | 150 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 30 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 11 | 14 | 12 | 11 |
| | $m_3$ | 40 | 12 | 10 | 10 | 8 | 10 | 8 | 7 | 14 | 10 |
| | $m_4$ | 15 | 5 | 6 | 4 | 7 | 8 | 9 | 6 | 4 | 5 |
| | $m_5$ | 20 | 30 | 33 | 35 | 37 | 30 | 37 | 35 | 40 | 42 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,5 | 2,0 | 2,4 | 2,4 | 2,6 | 2,5 | 2,2 | 2,0 | 2,2 | 2,2 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,10 | 0,20 | 0,21 | 0,24 | 0,28 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 |
| | $J_3$ | 0,3 | 0,20 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 |
| | $J_4$ | 0,1 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,2 | 0,22 | 0,24 | 0,26 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 36 | 36 | 40 | 41 | 39 | 37 | 34 | 32 | 36 | 42 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,1 | 4,4 | 5,8 | 6,2 | 7,3 | 6,8 | 6,0 | 7,0 | 6,3 | 5,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 680 | 780 | 880 | 820 | 730 | 750 | 700 | 650 | 800 | 850 |

**Вариант задания № 6. Гайковырубной автомат**

Схемы механизма гайковырубного автомата и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 6




Механизм гайковырубного **автомата** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

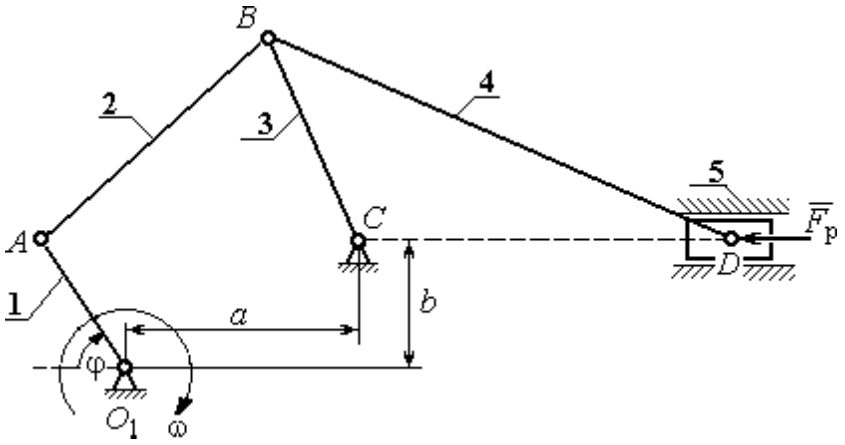
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа гайковырубного автомата** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

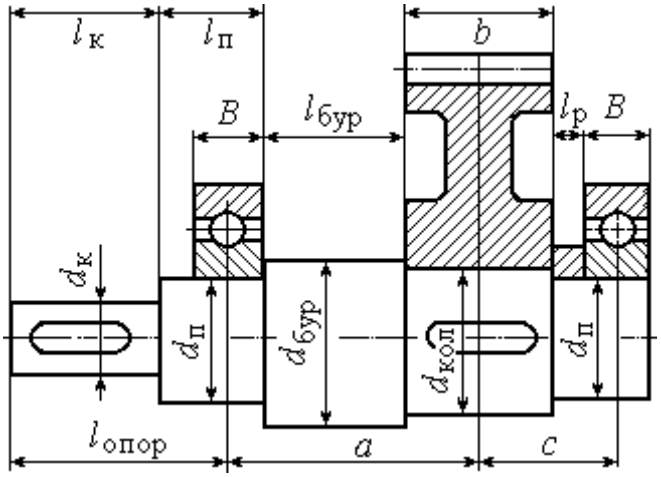
**Варианты исходных данных механизма гайковырубного автомата для варианта задания № 6**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,09 | 0,11 | 0,1 | 0,12 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,1 | 0,1 | 0,12 |
| | $AB$ | 0,43 | 0,41 | 0,48 | 0,43 | 0,38 | 0,48 | 0,44 | 0,44 | 0,37 | 0,52 |
| | $O_2B$ | 0,25 | 0,29 | 0,28 | 0,3 | 0,22 | 0,28 | 0,31 | 0,26 | 0,26 | 0,31 |
| | $BD$ | 0,25 | 0,29 | 0,28 | 0,3 | 0,22 | 0,28 | 0,31 | 0,26 | 0,26 | 0,31 |
| | $a$ | 0,24 | 0,27 | 0,27 | 0,29 | 0,21 | 0,27 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,29 |
| | $b$ | 0,45 | 0,43 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,5 | 0,47 | 0,39 | 0,39 | 0,55 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 30 | 45 | 60 | 120 | 150 | 210 | 240 | 300 | 305 | 25 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 100 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 90 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 11 | 10 | 12 | 10 | 9 | 12 | 11 | 11 | 9 | 13 |
| | $m_3$ | 15 | 17 | 16 | 20 | 13 | 18 | 19 | 16 | 16 | 18 |
| | $m_4$ | 15 | 17 | 16 | 20 | 13 | 18 | 19 | 16 | 16 | 18 |
| | $m_5$ | 60 | 62 | 56 | 70 | 46 | 65 | 67 | 57 | 58 | 63 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,0 | 0,9 | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,0 | 1,3 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,17 | 0,28 | 0,18 | 0,13 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,12 | 0,35 |
| | $J_3$ | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,17 |
| | $J_4$ | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,17 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 60 | 65 | 70 | 58 | 55 | 52 | 53 | 54 | 60 | 70 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 2,8 | 3,5 | 5,1 | 6,3 | 3,2 | 4,6 | 5,9 | 6,0 | 3,4 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 750 | 650 | 700 | 800 | 640 | 600 | 620 | 680 | 710 | 800 |

**Вариант задания № 7. Качающийся конвейер**

Схемы механизма качающегося конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 7




Механизм качающегося **конвейера** состоит из кривошипа 1, шатунов 2, 4, коромысла 3 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 2 – 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке $O_1$, звена 5 – в точке $D$. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

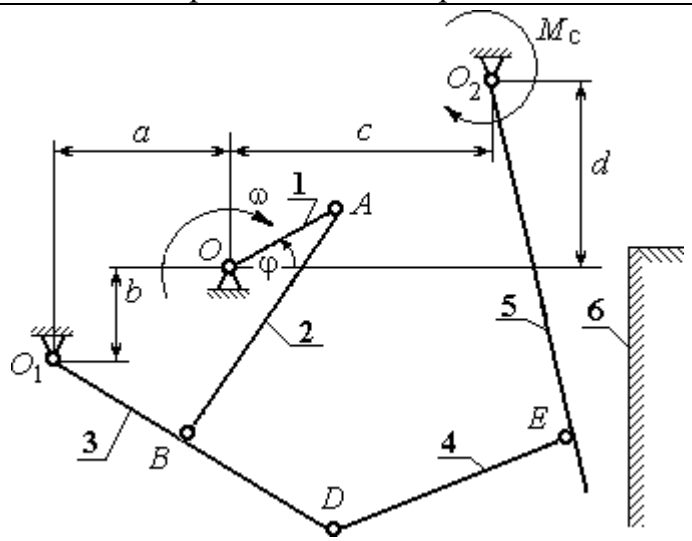
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа качающегося конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

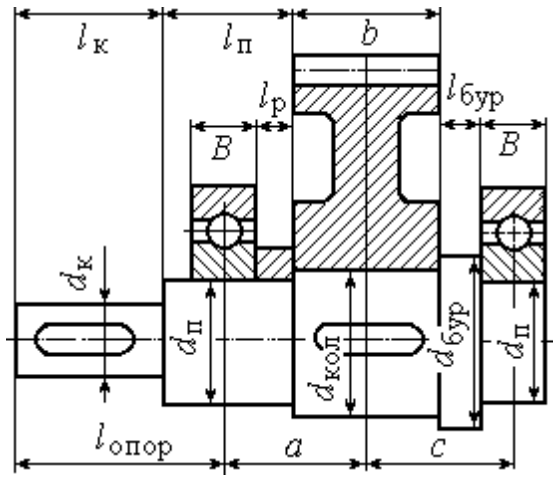
**Варианты исходных данных механизма качающегося конвейера для варианта задания № 7**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $O_1A$ | 0,1 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,1 | 0,12 | 0,14 | 0,12 |
| | $AB$ | 0,38 | 0,38 | 0,46 | 0,42 | 0,46 | 0,28 | 0,45 | 0,55 | 0,53 | 0,45 |
| | $BC$ | 0,32 | 0,3 | 0,33 | 0,35 | 0,39 | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,38 |
| | $BD$ | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,5 |
| | $a$ | 0,29 | 0,3 | 0,34 | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,35 | 0,41 | 0,4 | 0,35 |
| | $b$ | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 25 | 45 | 60 | 115 | 135 | 150 | 210 | 245 | 290 | 300 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 80 | 60 | 68 | 73 | 70 | 63 | 63 | 79 | 74 | 50 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 | 25 | 20 | 22 | 25 | 20 |
| | $m_3$ | 90 | 80 | 90 | 100 | 85 | 100 | 90 | 95 | 100 | 90 |
| | $m_4$ | 400 | 400 | 450 | 500 | 500 | 500 | 400 | 450 | 500 | 450 |
| | $m_5$ | 900 | 800 | 900 | 900 | 950 | 900 | 950 | 800 | 900 | 950 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,2 |
| | $J_2$ | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,2 |
| | $J_3$ | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 |
| | $J_4$ | 40 | 40 | 42 | 35 | 40 | 38 | 42 | 45 | 35 | 45 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 13,0 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 8,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 560 | 580 | 630 | 680 | 720 | 750 | 800 | 800 | 750 | 700 |

**Вариант задания № 8. Щековая дробилка**

Схемы механизма щековой дробилки и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 8




Механизм щековой **дробилки** состоит из кривошипа 1, шатуна 2,коромысла 3, тяги 4, подвижной щеки 5 и неподвижной щеки 6. Рабочий ход подвижной щеки слева – направо. Центр масс кривошипа 1 – в точке $O_1$. У остальных звеньев 2 – 5 центры масс находятся посредине их длин. Момент сил сопротивления движению подвижной щеки 5 сохраняет постоянное значение $M_C$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу щеки момент сил сопротивления постоянный и составляет 10 % от номинального.

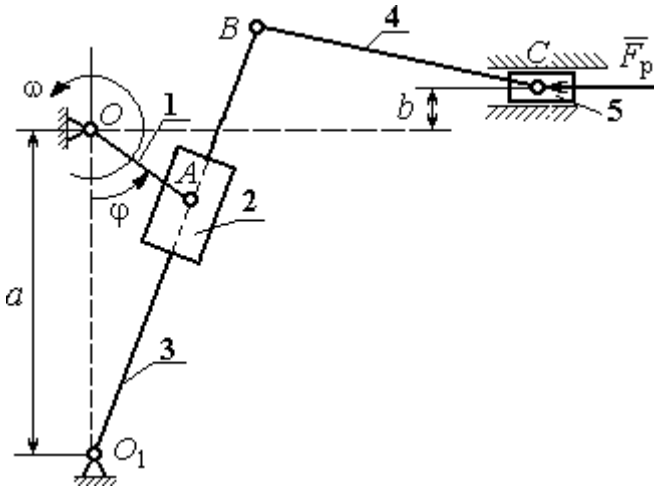
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа щековой дробилки** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

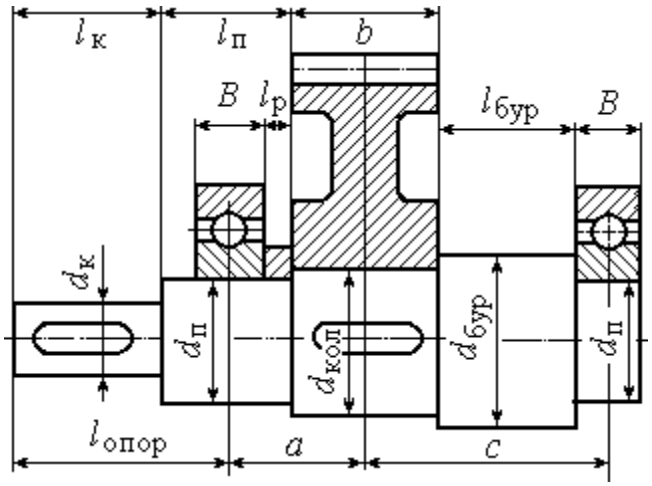
**Варианты исходных данных механизма щековой дробилки для варианта задания № 8**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,11 | 0,1 | 0,15 | 0,07 | 0,15 | 0,08 | 0,1 | 0,15 | 0,12 | 0,07 |
| | $AB$ | 0,8 | 0,9 | 0,75 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,45 | 0,9 | 0,8 | 0,65 |
| | $O_1B$ | 0,45 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,3 |
| | $BD$ | 0,2 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,15 | 0,25 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| | $O_2E$ | 0,8 | 0,85 | 1,2 | 0,9 | 1,15 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,75 |
| | $DE$ | 0,6 | 0,55 | 0,6 | 0,4 | 0,7 | 0,35 | 0,3 | 0,65 | 0,3 | 0,45 |
| | $a$ | 0,45 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| | $b$ | 0,55 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 0,4 |
| | $c$ | 0,4 | 0,35 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | 0,25 | 0,6 | 0,5 | 0,3 |
| | $d$ | 0,12 | 0,15 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,2 | 0,2 | 0 | 0,1 | 0,2 |
| Угол поворота кривошипа, град | $\varphi$ | 20 | 30 | 45 | 60 | 115 | 145 | 215 | 240 | 295 | 330 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 160 | 190 | 150 | 250 | 170 | 200 | 200 | 140 | 240 | 240 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 55 | 50 | 45 | 40 | 48 | 40 | 35 | 55 | 50 | 40 |
| | $m_3$ | 30 | 25 | 30 | 15 | 30 | 30 | 25 | 30 | 35 | 30 |
| | $m_4$ | 30 | 27 | 30 | 20 | 35 | 18 | 15 | 33 | 15 | 22 |
| | $m_5$ | 90 | 85 | 120 | 110 | 100 | 80 | 120 | 100 | 75 | 100 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 0,23 | 0,25 | 0,35 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,25 | 0,35 | 0,2 | 0,24 |
| | $J_2$ | 0,8 | 4,0 | 3,4 | 1,6 | 3,9 | 1,9 | 0,7 | 4,5 | 3,2 | 1,7 |
| | $J_3$ | 0,9 | 0,6 | 1,1 | 0,14 | 1,1 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | 0,26 | 0,14 |
| | $J_4$ | 0,9 | 0,82 | 1,0 | 0,32 | 1,7 | 0,22 | 0,14 | 1,4 | 0,15 | 0,45 |
| | $J_5$ | 6,3 | 6,1 | 17,3 | 7,3 | 14,5 | 10,0 | 5,1 | 17,3 | 10,0 | 4,2 |
| Момент сил сопротивления, кН·м | $M_C$ | 4 | 8 | 30 | 9 | 20 | 10 | 7 | 35 | 2 | 15 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 5,6 | 3,8 | 4,7 | 6,3 | 4,0 | 4,5 | 4,8 | 2,8 | 3,5 | 4,0 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_B$ | 670 | 710 | 820 | 630 | 750 | 700 | 650 | 740 | 720 | 810 |

**Вариант задания № 9. Кулисный конвейер**

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 9




Механизм кулисного **конвейера** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и ползуна (поршня) 5. Рабочий ход поршня слева – направо. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, звена 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению поршня 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

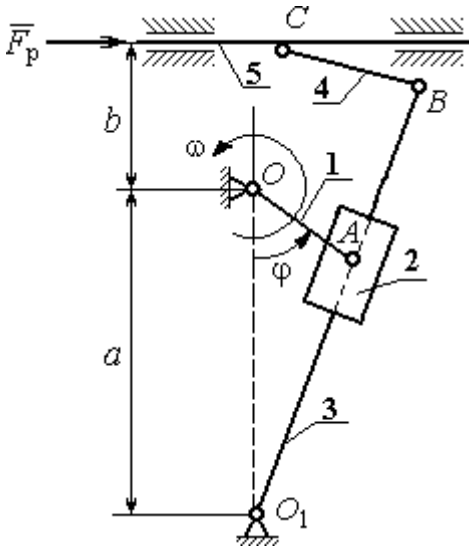
**Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера** имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

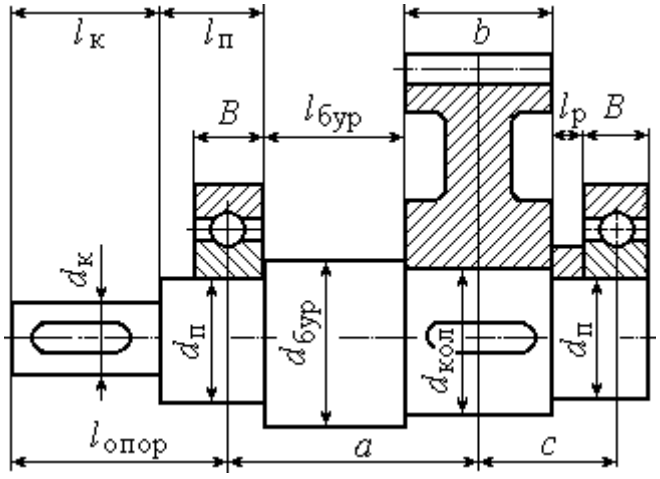
**Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 9**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,17 | 0,08 | 0,1 | 0,12 | 0,0,9 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 |
| | $O_1B$ | 1,5 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,25 | 1,45 |
| | $BC$ | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 1,75 | 1,65 | 1,45 | 1,5 | 1,85 | 1,95 |
| | $a$ | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 1,0 | 0,95 | 1,1 |
| | $b$ | 0,28 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,055 | 0,065 | 0,06 | 0,065 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 300 | 20 | 30 | 45 | 60 | 110 | 120 | 150 | 210 | 240 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 190 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 14 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | $m_3$ | 28 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 |
| | $m_4$ | 32 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| | $m_5$ | 280 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 3,0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,5 | 3,6 | 4,7 | 2,8 | 2,9 |
| | $J_2$ | 0,65 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,35 | 0,45 | 0,55 |
| | $J_3$ | 6,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 |
| | $J_4$ | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 3,0 | 4,0 | 6,0 | 6,5 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 14 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 3,2 | 4,5 | 5,2 | 6,3 | 7,2 | 3,5 | 6,0 | 3,1 | 6,3 | 7,3 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 560 | 520 | 680 | 650 | 730 | 750 | 820 | 800 | 740 | 700 |

**Вариант задания № 10. Строгальный станок**

Схемы механизма кулисного конвейера и компоновки узла ведомого вала кривошипа для варианта задания № 10




Механизм строгального **станка** состоит из кривошипа 1, ползуна 2, кулисы 3, шатуна 4 и резца (вместе с суппортом) 5. Рабочий ход резца справа – налево. Центры масс звеньев 3, 4 находятся посредине их длин, кривошипа 1 – в точке *O*, ползуна 2 – в точке *A*, резца 5 – в точке *C*. Сила сопротивления движению резцу 5 сохраняет постоянное значение $F_р$ на протяжении всего рабочего хода. На холостом ходу сила сопротивления постоянна и составляет 10 % от номинальной.

**Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера** имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

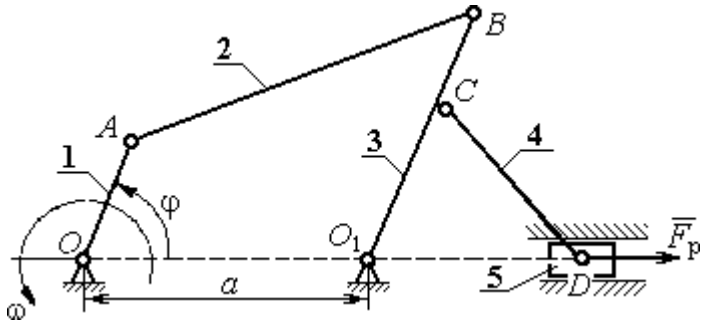
**Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 10**

| Параметры | Обозначение | Варианты исходных данных | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| Размеры звеньев механизма и характерные расстояния, м | $OA$ | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 |
| | $O_1B$ | 1,35 | 1,45 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,55 | 1,45 | 1,75 | 1,45 | 1,4 |
| | $BC$ | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,45 | 0,35 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,8 |
| | $a$ | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1,05 | 0,75 | 0,65 | 0,85 | 1,1 | 1,2 |
| | $b$ | 0,7 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1,05 | 0,6 | 0,5 |
| Угол поворота кривошипа, град | φ | 20 | 35 | 60 | 75 | 120 | 150 | 210 | 240 | 295 | 330 |
| Частота вращения кривошипа, об/мин | $n$ | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 110 | 100 |
| Массы звеньев механизма, кг | $m_2$ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | $m_3$ | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| | $m_4$ | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 5 |
| | $m_5$ | 25 | 28 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 43 | 45 | 49 |
| Моменты инерции звеньев относит. центров масс, кг·м$^2$ | $J_1$ | 1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| | $J_2$ | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,1 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,32 |
| | $J_3$ | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 |
| | $J_4$ | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| Сила сопротивления, кН | $F_р$ | 6 | 5 | 4 | 4,5 | 5,5 | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,5 | 10 |
| Передаточное число редуктора | $u$ | 2 | 3,1 | 4 | 5 | 6,3 | 7,1 | 4,5 | 5,6 | 3,3 | 3,9 |
| Предел прочности материала вала, МПа | $\sigma_В$ | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 670 | 770 | 870 | 600 |

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Рассмотрим последовательность выполнения расчетно-графической работы на примере условной схемы пятизвенного плоского механизма с симметричной компоновкой узла ведомого вала кривошипа (рис. 1).

**Пятизвенный механизм**



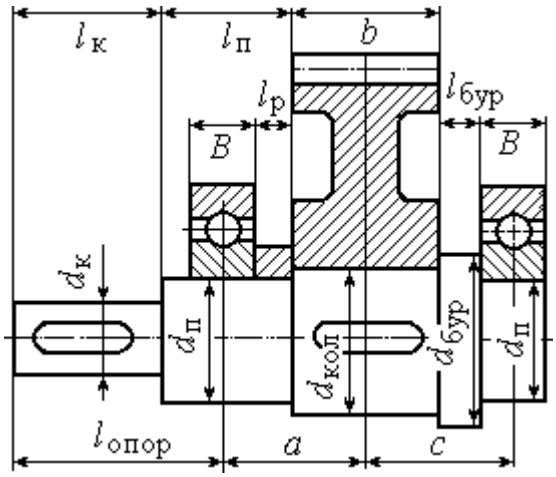




Рис. 1. Схемы пятизвенного механизма и компоновки узла ведомого вала кривошипа

Механизм состоит из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, шатуна 4 и ползуна 5. Центр масс кривошипа расположен на оси вращения, в точке *O*, центры масс звеньев 2 – 4 – посередине их длин, центр масс звена 5 – в точке *D*. Рабочий ход ползуна справа – налево. Сила сопротивления движению ползуна на

протяжении рабочего хода равна $F_р$. На холостом ходу сила сопротивления составляет 10 % от номинального значения.

**Ведомый вал редуктора привода кривошипа механизма** имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

Данные для кинематического и динамического расчета механизма приведены в табл. 1 – 2.

Таблица 1

**Кинематические характеристики механизма**

| Размеры звеньев механизма | | | | | | Угол поворота кривошипа, φ, град | Частота вращения кривошипа, $n$, об/мин |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$, м | $OA$, м | $AB$, м | $O_1C$, м | $BC$, м | $CD$, м | | |
| 0,4 | 0,1 | 0,4 | 0,15 | 0,15 | 0,5 | 90 | 95,5 |

Таблица 2

**Параметры динамического расчёта**

| Массы звеньев, кг | | | | | Моменты инерции звеньев, кг·м$^2$ | | | | Сила полезного сопротивления, кН | Передаточное число редуктора | Предел прочности материала вала, МПа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | $m_4$ | $m_5$ | $J_{01}$ | $J_{S2}$ | $J_{O_13}$ | $J_{S4}$ | $F_р$ | $u$ | $\sigma_В$ |
| 5 | 40 | 30 | 50 | 10 | 1 | 2 | 1 | 3 | 16,045 | 5 | 640 |

## 1. Структурный и кинематический анализ механизма

### Структурный анализ механизма

В рассматриваемом механизме (рис. 2, *а*) 5 подвижных звеньев и 7 кинематических пар:

– вращательная кинематическая пара $O$ (рис. 2, *b*) низшего типа 5-го класса образуется неподвижной стойкой 6 и кривошипом 1;

– вращательная кинематическая пара $A$ (рис. 2, $c$) низшего типа 5-го класса образуется кривошипом 1 и шатуном 2;

– вращательная кинематическая пара $B$ (рис. 2, $d$) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 2 и коромыслом 3;

– вращательная кинематическая пара $O_1$ (рис. 2, $e$) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и стойкой 7;

– вращательная кинематическая пара $C$ (рис. 2, $f$) низшего типа 5-го класса образуется коромыслом 3 и шатуном 4;

– вращательная кинематическая пара $D$ (рис. 2, $g$) низшего типа 5-го класса образуется шатуном 4 и ползуном 5;

– поступательная кинематическая пара $D_1$ (рис. 2, $h$) низшего типа 5-го класса образуется ползуном 5 и стойкой 8.

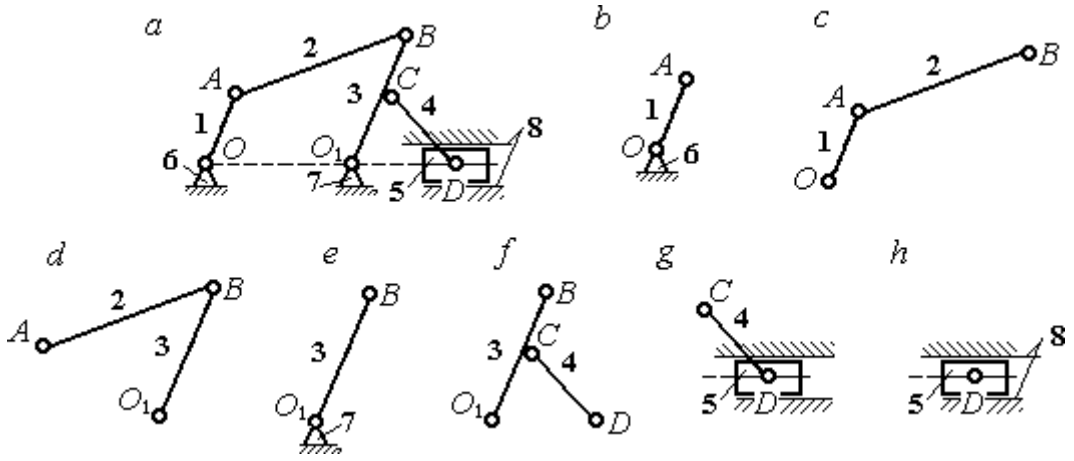



Рис. 2. Кинематические пары механизма:
*a* – схема механизма; *b* – *h* – звенья, составляющие кинематические пары

Высших кинематических пар в данном механизме нет, так как соединение всех звеньев осуществляется по поверхности. Кинематические пары и звенья, составляющие кинематические пары, показаны на рис. 2.

Степень подвижности плоского механизма определяется по формуле П. Л. Чебышева: $W = 3n - 2\,p_5 = 3\cdot 5 - 2\cdot 7 = 1$, где $n = 5$ – число подвижных звеньев механизма, $p_5 = 7$ – число кинематических пар 5-го класса. Следовательно, механизм имеет одно ведущее звено.

В рассматриваемом механизме можно выделить две группы Ассура и начальное звено (рис. 3):

– группа звеньев, состоящая из шатуна 4 и ползуна 5, является группой Ассура II класса, второго вида (ползун – поводок), рис. 3, *b*;

– группа звеньев, состоящая из коромысла 3 и шатуна 2, является группой Ассура II класса, первого вида (двухповодковая группа), рис. 3, *c*;

– кривошип 1 вместе со стойкой 6 образуют начальное звено или начальный механизм I класса, рис. 3, *d*.

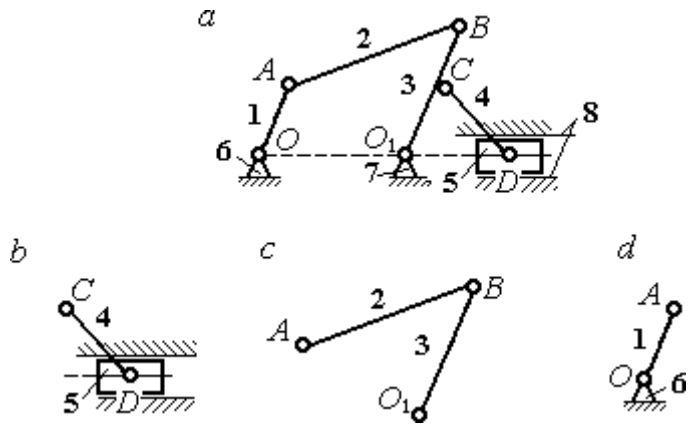



Рис. 3. Группы Ассура механизма:
*a* – схема механизма; *b*, *c* – группы Асура; *d* – начальное звено

Схема образования механизма группами Ассура:

$$(1) \rightarrow (2, 3) \rightarrow (4, 5).$$

К первому (ведущему) звену присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 2 и 3, образуя раму, имеющую ту же степень подвижности, что и исходный механизм. К группе Ассура, состоящей из звеньев 2 и 3, присоединяется группа Ассура, состоящая из звеньев 4 и 5. При этом степень подвижности образованного механизма не увеличивается.

Представленный механизм включает начальный механизм I класса и две группы Ассура II класса, в результате чего является механизмом II класса.

Результаты структурного анализа механизма приводятся в табл. 3 – 4.

Таблица 3

**Анализ кинематических пар**

| Обозначение кинематической пары | $O$ | $A$ | $B$ | $O_1$ | $C$ | $D$ | $D_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Звенья, образующие пару | 1 – 6 | 1 – 2 | 2 – 3 | 3 – 7 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 8 |
| Наименование пары | Вращательная, низшая | | | | | | Поступательная, низшая |
| Класс пары | 5 класс | | | | | | |

Таблица 4

**Анализ групп Ассура**

| Группы Ассура | 4 – 5 | 2 – 3 | 1 |
|---|---|---|---|
| Наименование группы Ассура | Ползун-поводок | Двухповодковая | Начальное звено |
| Класс групп Ассура | II класс | II класс | I класс |
| Класс механизма | Механизм II класса | | |

## Построение плана механизма

Построение плана механизма начинается с определения масштабного коэффициента длины. Выберем для плана механизма стандартный масштаб, например 1:4. Масштаб выбирается таким образом, чтобы длина самого большого звена механизма на чертеже не превышала 100 – 150 мм. При выбранном масштабе длина отрезка $l_{CD}$, изображающего на чертеже звено $CD$ максимальной длины 0,5 м, составит: $l_{CD} = \frac{0{,}5}{4} = 0{,}125$ м = 125 мм и находится в пределах допустимых границ длин. Масштабный коэффициент длины рассчитывается как отношение $k_l = \frac{0{,}5}{125} = 0{,}004 \ \frac{\text{м}}{\text{мм}}$.

Определяем длины звеньев на чертеже с учётом масштабного коэффициента:

$$l_{OA} = \frac{OA}{k_l} = \frac{0{,}1}{0{,}004} = 25 \text{ мм}, \qquad l_{CD} = \frac{CD}{k_l} = \frac{0{,}5}{0{,}004} = 125 \text{ мм},$$

$$l_{AB} = \frac{AB}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм}, \qquad l_a = \frac{a}{k_l} = \frac{0{,}4}{0{,}004} = 100 \text{ мм},$$

$$l_{O_1C} = \frac{O_1C}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}, \quad l_{BC} = \frac{BC}{k_l} = \frac{0{,}15}{0{,}004} = 37{,}5 \text{ мм}.$$

Порядок построения положения механизма таков:

1. Первоначально на чертеже фиксируем неподвижные точки $O$ и $O_1$. Поставим на свободном поле чертежа точку $O_1$, затем, отложив расстояние $a$, поставим точку $O_2$.

2. Радиусом $l_{OA}$ проведём окружность, по которой будет перемещаться точка $A$, лежащая на кривошипе. Установим заданное положение кривошипа под углом $\varphi = 90^\circ$ и получим положение точки $A$ (начальное положение и направление отсчёта угла показано на схеме механизма).

3. Из точки $A$ проводим дугу радиусом $l_{AB}$, затем из точки $O_1$ дугу радиусом $l_{O_1B} = l_{O_1C} + l_{CB}$. В точке пересечения ставим точку $B$. Прямая линия, соединяющая точки $A$ и $B$, определяет положение шатуна 2.

4. Из точки $C$, находящейся на средине коромысла 3, проводим дугу окружности радиусом $l_{DC}$ до пересечения её с продолжением линии $OO_1$. Точка пересечения $D$ определяет положение ползуна 5.

План механизма в масштабе 1: 4 показан на рис. 4.

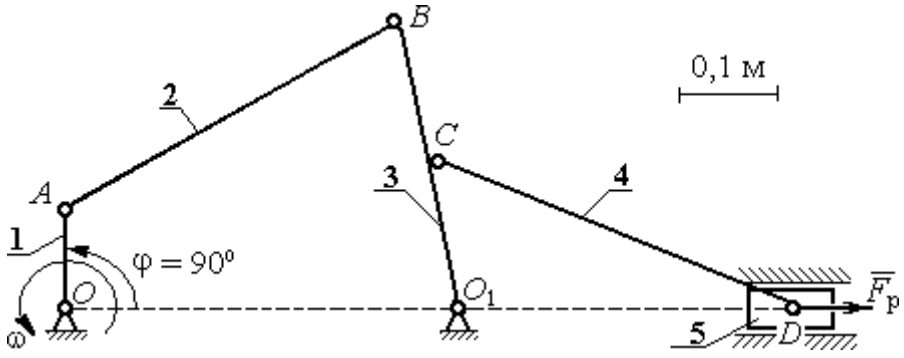



Рис. 4. План механизма в масштабе 1:4

## Построение плана скоростей механизма

Построение начинаем с определения модуля скорости точки *A* ведущего звена 1 – кривошипа.

Вычисляем угловую скорость кривошипа ω, рад/с, по заданной его частоте вращения *n*, об/мин: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 95{,}5}{30} = 10$ рад/с. Вычисляем модуль скорости точки *A* кривошипа: $V_A = \omega \cdot O_1A = 10 \cdot 0{,}1 = 1$ м/с. Длину вектора скорости $\vec{V}_A$ точки *A* на плане скоростей принимаем равной 100 мм. Вычисляем масштаб плана скоростей: $k_v = \frac{V_A}{100} = \frac{1}{100} = 0{,}01$ (мм/с)/м.

Точка *B* принадлежит как звену *AB* (шатун 2), совершающему плоскопараллельное движение, так и звену $O_1B$ (коромысло 3), вращающемуся вокруг неподвижного центра $O_1$ (см. рис. 4). Скорость точки *B* звена *AB*, равна векторной сумме скорости полюса, например точки *A*, и скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу. Тогда для определения скорости точки *B* имеем первое векторное равенство: $\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}$, где $\vec{V}_B$ – вектор скорости точки *B*; $\vec{V}_A$ – вектор скорости точки *A*, известный по величине и направлению; $\vec{V}_{BA}$ – вектор скорости точки *B* во вращательном движении звена *AB* по отношении к полюсу *A*. Известно, что вектор скорости $\vec{V}_{BA}$ перпендикулярен линии *AB*.

С другой стороны, в силу того, что точка *B* принадлежит звену $O_1B$, вращающемуся вокруг неподвижного центра $O_1$, скорость точки *B* может быть найдена из второго векторного равенства $\vec{V}_B = \vec{V}_{BO_1}$, где $\vec{V}_{BO_1}$ – вектор скорости точки *B* при вращении звена $BO_1$ вокруг центра $O_1$. Вектор $\vec{V}_{BO_1}$ (и, следовательно, вектор $\vec{V}_B$) перпендикулярен линии $BO_1$.

Проведём построение векторов на плане скоростей (рис. 5). Выберем в качестве полюса плана скоростей точку $p_v$, которую изображаем на поле чертежа в удобном для построения месте. Изобразим вектор скорости $\vec{V}_A$, направив его из

точки $p_v$. При заданном положении кривошипа вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей горизонтален. Направление вектора $\vec{V}_A$ перпендикулярно кривошипу $O_1A$ в сторону его вращения. Длина вектора на чертеже устанавливается в соответствии с масштабным коэффициентом (100 мм). В конце построенного вектора поставим точку *a*. Таким образом, вектор $\vec{V}_A$ на плане скоростей изображается отрезком $p_v a$ (см. рис. 5).

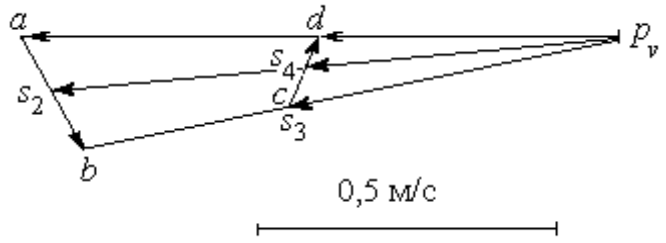



Рис. 5. План скоростей механизма для угла поворота кривошипа φ = 90°

Далее, из точки *a* направляем вектор $\vec{V}_{BA}$, перпендикулярно линии звена *AB*. Величина вектора $\vec{V}_{BA}$ неизвестна и потому вектор скорости $\vec{V}_B$ найти невозможно. Для того, чтобы его найти, построим вектор $\vec{V}_B$ в соответствии со вторым векторным уравнением. Из него следует, что величина и направление вектора $\vec{V}_B$ совпадает с величиной и направлением вектора $\vec{V}_{BO_1}$, который перпендикулярен линии звена $BO_1$. Проведём из полюса $p_v$ линию, перпендикулярную $BO_1$ до пересечения её с линией, вдоль которой направлен вектор $\vec{V}_{BA}$. Обозначим пересечение этих линий точкой *b*. Вектор, проведённый из полюса $p_v$ в точку *b*, равен вектору скорости $\vec{V}_B$. Модуль скорости точки *B* найдём измерив длину отрезка $p_v b$ на плане скоростей (в миллиметрах) и умножив её на масштабный коэффициент плана скоростей: $V_B = p_v b \cdot k_v = 92 \cdot 0{,}01 = 0{,}92$ м/с.

Скорость точки *B* во вращательном движении звена *AB* вокруг полюса *A* $V_{BA}$ найдём измерив длину отрезка *ab* на плане скоростей и умножив её на величину масштабного коэффициента $V_{BA} = ab \cdot k_v$.

Угловая скорость $\omega_2$ звена *AB* определяется как отношение $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{BA} = \frac{ab \cdot k_v}{BA} =$

$\frac{18 \cdot 0{,}01}{0{,}4} = 0{,}45$ рад/с.

Угловая скорость вращения коромысла $BO_1$: $\omega_3 = \frac{V_B}{BO_1} = \frac{0{,}92}{0{,}3} = 3{,}06$ рад/с.

Точка $C$ принадлежит коромыслу $BO_1$. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен линии $BO_1$ и по модулю равен: $V_C = \omega_3 \cdot CO_1 = 3{,}06 \cdot 0{,}15 = 0{,}46$ см/с.

Точке $C$ механизма, являющейся срединой коромысла $BO_1$, на плане скоростей соответствует точка $c$, лежащая на средине отрезка $p_v b$, изображающего скорость точки $B$ (так как скорость точки $C$ механизма направлена так же как скорость точки $B$, но по величине в два раза её меньше).

Величина и направление $\vec{V}_D$ скорости точки $D$ (ползуна 5) находится с учётом плоскопараллельного движения звена $CD$ на основании векторной формулы: $\vec{V}_D = \vec{V}_C + \vec{V}_{DC}$. По определению вектор $\vec{V}_{DC}$ скорости точки $D$ при вращении звена $CD$ вокруг полюса $C$ направлен перпендикулярно звену $CD$. Тогда на плане скоростей из точки $C$ проводим прямую, перпендикулярную линии $CD$, и так как точка $D$ (ползун 5) движется горизонтально из полюса $p_v$ проводим горизонтальную прямую, параллельную линии движения ползуна $OO_1$. Точка $d$ пересечения этих прямых на плане скоростей определяет конец вектора $\vec{V}_D$. Для того, чтобы найти модуль скорости, измерим расстояние $p_v d$ и умножим его на масштабный коэффициент скоростей. Получим $V_D = p_v d \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Угловая скорость звена 4 равна $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC}$. Модуль скорости точки $D$ $V_{DC}$ при вращении звена $CD$ вокруг полюса $C$ равен измеренному на плане скоростей расстоянию $dc$ и умноженному на масштабный коэффициент $\omega_4 = \frac{V_{DC}}{DC} = \frac{dc \cdot k_v}{DC} =$

$\frac{8 \cdot 0{,}01}{0{,}5} = 0{,}16$ рад/с.

Найдём скорости центров масс звеньев механизма. Полагая, что центры масс звеньев механизма расположены в средине соответствующих отрезков, отметим

эти точки на плане скоростей. Для того, чтобы на плане скоростей найти скорость центра масс звена *AB* механизма, разделим пополам отрезок *ab*. Получим точку $s_2$. Скорость центра масс звена *AB* равна расстоянию $p_v s_2$, умноженному на масштабный коэффициент: $V_{S_2} = p_v s_2 \cdot k_v = 96 \cdot 0{,}01 = 0{,}96$ м/с.

Аналогично, разделив пополам отрезки $p_v b$, $cd$ на плане скоростей, получим точки $s_3$, $s_4$, которые определяют скорости центров масс, соответственно, звена 3 (коромысла) и звена 4 (шатуна). Измерив расстояния $p_v s_3$, $p_v s_4$ и умножив их на масштабный коэффициент, получим скорости центров масс: $V_{S_3} = p_v s_3 \cdot k_v = 46 \cdot 0{,}01 = 0{,}46$ м/с, $V_{S_4} = p_v s_4 \cdot k_v = 44 \cdot 0{,}01 = 0{,}44$ м/с.

Результаты расчётов скоростей центров масс звеньев механизма и угловых скоростей звеньев приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Абсолютные скорости центров масс и угловые скорости звеньев**

| Звено | *AB* | $BO_1$ | *CD* | Ползун |
|---|---|---|---|---|
| Обозначение скорости центра масс звена | $V_{S_2}$ | $V_{S_3}$ | $V_{S_4}$ | $V_D$ |
| Величина скорости, м/с | 0,96 | 0,46 | 0,44 | 0,44 |
| Обозначение угловой скорости звена | $\omega_2$ | $\omega_3$ | $\omega_4$ | – |
| Величина угловой скорости, рад/с | 0,45 | 3,06 | 0,16 | – |

## Построение плана ускорений механизма

Для определения значений линейных и угловых ускорений звеньев механизма построим план ускорений. Принимаем, что ведущее звено 1 движется с постоянной угловой скоростью. В этом случае касательное ускорение точки *A* равно нулю – $a_A^{\tau} = 0$, полное ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* совпадает с нормальным и потому направлено к оси вращения звена – точке $O_1$. По величине ускорение $\vec{a}_A$ точки *A* будет: $a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot O_1 A = 10^2 \cdot 0{,}1 = 10$ м/с$^2$.

Перед началом построений выберем масштабный коэффициент. Примем

длину вектора ускорения точки $A$ на плане ускорений 100 мм, тогда масштабный коэффициент ускорения: $k_a = \frac{a_A}{100} = \frac{10}{100} = 0{,}1$ (м/с$^2$)/мм.

Чертёж плана ускорения начинаем с построения ускорения точки $A$.

Из некоторой точки $p_a$, называемой полюсом плана ускорений и взятой на чертеже в произвольном месте, направим вектор $\vec{a}_A$ вертикально вниз, что соответствует выбранному вертикальному положению кривошипа. С учётом масштабного коэффициента ускорений длина вектора ускорения точки $A$ на чертеже 100 мм. В конце вектора поставим стрелку и точку $a$ (рис. 6). Ускорение точки $B$ находим в соответствии с векторной формулой: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки $A$, выбранной за полюс; $\vec{a}^{\,n}_{BA}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки $B$ во вращательном движении шатуна $AB$ относительно полюса $A$. Правило сложения векторов в векторной формуле определения ускорения точки $B$ на плане ускорений выглядит следующим образом. К концу вектора, изображающего на чертеже ускорение $\vec{a}_A$, присоединяем вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{\,n}_{BA}$, а к его концу – вектор, изображающий ускорение $\vec{a}^{\,\tau}_{BA}$. Тогда вектор, проведённый из начала первого вектора в конец последнего, представляет собой сумму векторов.

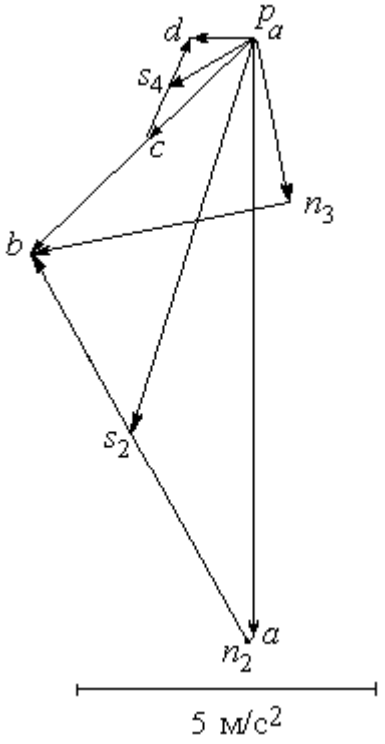


Рис. 6. План ускорений механизма для угла поворота кривошипа φ = 90º

Проведём необходимые построения для определения ускорения точки $B$. Ускорение $\vec{a}_A$ на чертеже изображается отрезком $p_a a$. Модуль вектора нормальной

составляющей ускорения точки $B$: $a^n_{BA} = \omega_2^2 \cdot AB = 0{,}45^2 \cdot 0{,}4 = 0{,}08$ м/с$^2$. На плане ускорений это будет отрезок длиной $\frac{a^n_{BA}}{k_a} = \frac{0{,}08}{0{,}1} = 0{,}8$ мм. Отложим на чертеже из точки $a$ отрезок длиной 0,8 мм вдоль линии, параллельной звену $AB$ механизма, в сторону, куда на плане механизма направлен вектор. В конце поставим точку $n_2$. Отрезок $an_2$ на плане ускорений изображает нормальную составляющую ускорения точки $B$ во вращательном движении шатуна $AB$ относительно полюса $A$. Здесь следует заметить, что расчётная величина отрезка $an_2$ настолько мала, что на чертеже показать его точно невозможно. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки $B$ $\vec{a}^n_{BA}$ и, следовательно, отрезок $an_2$ на плане ускорений равны нулю. На рис. 6 отрезок $an_2$ показан для того, чтобы сохранить правило последовательного построения суммы векторов.

Далее необходимо из конца отрезка $an_2$ провести линию, параллельную той, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{BA}$ – перпендикулярно линии звена $BA$ (то есть, перпендикулярно отрезку $an_2$). Однако вычислить ускорение точки $B$, пользуясь одним этим построением, невозможно, так как величина касательного ускорения $a^\tau_{BA}$ неизвестна. Воспользуемся тем, что точка $B$ принадлежит звену 3 – коромыслу, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра $O_1$. Следовательно, полное ускорение точки $B$ может быть представлено как сумма его нормального и касательного составляющих – $\vec{a}_B = \vec{a}^n_B + \vec{a}^\tau_B$, где величина нормальной составляющей ускорения равна $a^n_B = \omega_3^2 \cdot O_1B = 3{,}06^2 \cdot 0{,}3 = 2{,}84$ см/с$^2$, а направление – вдоль $BO_1$ от точки $B$ в сторону $O_1$. Относительно касательной составляющей $\vec{a}^\tau_B$ ускорения точки $B$ известно только, что она направлена перпендикулярно $BO_1$. Вычислим длину отрезка, изображающего на чертеже нормальную составляющую ускорения точки $B$, как отношение $\frac{a^n_B}{k_a} = \frac{2{,}84}{0{,}1} = 28{,}4$ мм и из полюса $p_a$ на чертеже отложим его

параллельно звену $BO_1$. В конце отрезка поставим точку $n_3$. В соответствии с правилом сложения векторов, из точки $n_3$ – конца отрезка $p_a n_3$, изображающего ускорение $\vec{a}_B^{\,n}$, проводим линию, перпендикулярную этому отрезку. Это линия перпендикулярна звену $BO_1$ и вдоль неё направлена касательная составляющая $\vec{a}_B^{\,\tau}$ ускорения точки *B*. Находим точку пересечения двух перпендикуляров – к отрезку $p_a n_3$ и к отрезку $an_2$ и обозначим её точкой *b*. Тогда отрезок, проведённый из полюса $p_a$ в точку *b*, изображает на плане ускорений полное ускорение $\vec{a}_B$ точки *B* механизма. Величину ускорения точки *B* найдём, измерив на чертеже длину отрезка $p_a b$ и умножив его на масштабный коэффициент: $a_B = p_a b \cdot k_a = 52 \cdot 0{,}1 = 5{,}2$ м/с$^2$.

Отрезок $n_3 b$ изображает на чертеже касательную составляющую ускорения $\vec{a}_B^{\,\tau}$ точки *B* . Измеряем длину отрезка $n_3 b$ ($n_3 b = 43$ мм), тогда угловое ускорение звена 3: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_B^{\tau}}{BO_1} = \dfrac{n_3 b \cdot k_a}{BO_1} = \dfrac{43 \cdot 0{,}1}{0{,}3} = 14{,}3$ рад/с$^2$. Угловое ускорение звена 2 находится аналогично. На чертеже измеряем отрезок $n_2 b$, который изображает ускорение $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ ($n_2 b = 74$ мм). Тогда угловое ускорение звена 2: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_{BA}^{\tau}}{BA} = \dfrac{n_2 b \cdot k_a}{BA} = \dfrac{74 \cdot 0{,}1}{0{,}4} = 18{,}5$ рад/с$^2$.

Точка *C* принадлежит звену 3, совершающему вращательное движение вокруг неподвижного центра $O_1$. Направление ускорения точки *C* такое же как и у точки *B*, которое на плане ускорений показано отрезком $p_a b$. Так как точка *C* на плане механизма находится в средине звена $BO_1$, соответствующая ей точка *c* на плане ускорений находится на средине отрезка $p_a b$. Тогда отрезок $p_a c$ изображает ускорение точки *C*.

Ускорение точки *D* находим на основании векторной формулы $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}_{DC}^{\,n} + \vec{a}_{DC}^{\,\tau}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки *C*, выбранной за полюс; $\vec{a}_{DC}^{\,n}$, $\vec{a}_{DC}^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки *D* во вращательном движении шатуна *DC* относительно полюса *C*.

Проведём необходимые построения. Заметим сразу, что направление ускорения $\vec{a}_D$ точки *D* ползуна 5 известно. Ускорение направлено вдоль линии $OO_1$ на плане механизма. Это означает, что на плане ускорений ускорение точки *D* изображается горизонтальным отрезком, исходящим из центра $p_a$. Модуль вектора нормальной составляющей ускорения точки *D* $a^n_{DC} = \omega_4^2 \cdot DC = 0{,}16^2 \cdot 0{,}5 = 0{,}01$ м/с$^2$. На плане ускорений это будет отрезок, длиной $\frac{a^n_{DC}}{k_a} = \frac{0{,}01}{0{,}1} = 0{,}1$ мм. Можно считать, что вектор нормальной составляющей ускорения точки *D* $\vec{a}^n_{DC}$ и соответствующий ему отрезок на плане ускорений равны нулю. Тогда, исходя из векторной формулы сложения ускорений и с учётом нулевого вектора $\vec{a}^n_{DC}$, на плане ускорений из конца отрезка $p_a c$, изображающего вектор ускорения $\vec{a}_C$, необходимо провести линию, перпендикулярную звену *CD*, вдоль которой на плане механизма направлен вектор $\vec{a}^\tau_{DC}$. Находим точку пересечения этой линии с горизонтальной прямой, проведённой из полюса ускорений, вдоль которой направлен вектор ускорения точки *D*. Обозначим точку пересечения *d*. Отрезок прямой $p_a d$ изображает на плане ускорений ускорение точки *D*. Замеряем длину отрезка $p_a d$ ($p_a d$ = 13 мм) и находим ускорение точки *D*: $a_D = p_a d \cdot k_a = 13 \cdot 0{,}1 = 1{,}3$ м/с$^2$.

Замеряем на плане ускорений длину отрезка *cd*, изображающего ускорение $\vec{a}^\tau_{DC}$ (*cd* = 18 мм), и находим угловое ускорение звена 4: $\varepsilon_4 = \frac{a^\tau_{DC}}{DC} = \frac{cd \cdot k_a}{DC} = \frac{18 \cdot 0{,}1}{0{,}5} = 3{,}6$ рад/с$^2$.

Определим ускорения центров масс звеньев механизма.

Разделим пополам отрезок *ab* на плане ускорений, обозначим середину отрезка точкой $s_2$ и соединим с полюсом $p_a$. Отрезок $p_a s_2$ изображает ускорение центра масс звена 2 – кривошипа *AB*. Длина отрезка $p_a s_2$ = 70 мм. Ускорение центра масс звена 2: $a_{S2} = p_a s_2 \cdot k_a = 70 \cdot 0{,}1 = 7$ м/с$^2$. Аналогично, точка $s_4$, лежащая на средине отрезка *cd*, изображает центр масс звена 4 шатуна *CD*. Ускорение центра

масс звена 4: $a_{S4} = p_a s_4 \cdot k_a = 18 \cdot 0{,}1 = 1{,}8$ м/с$^2$.

Все построения плана ускорений приведены на рис. 6.

Результаты вычислений ускорений центров масс звеньев, а также угловых ускорений звеньев механизма приводятся в табл. 6.

Таблица 6

**Ускорения центров масс звеньев механизма и угловые ускорения звеньев**

| Звено | $AB$ | $BO_1$ | $DC$ | Ползун |
|---|---|---|---|---|
| Обозначение ускорения центра масс звена | $a_{S_2}$ | $a_{S_3}$ | $a_{S_4}$ | $a_D$ |
| Величина ускорения, м/с$^2$ | 7 | 2,6 | 1,8 | 1,3 |
| Обозначение углового ускорения звена | $\varepsilon_2$ | $\varepsilon_3$ | $\varepsilon_4$ | – |
| Величина углового ускорения, рад/с$^2$ | 18,5 | 14,3 | 3,6 | – |

**Определение движущего момента, приведённого к валу кривошипа, по методу Н. Е. Жуковского**

Определим уравновешивающую силу, приведённую к крайней точке $A$ кривошипа.

Вычисляем силы тяжести звеньев.

$$G_2 = m_2 g = 40 \cdot 9{,}8 = 392 \text{ Н}, \quad G_3 = m_3 g = 30 \cdot 9{,}8 = 294 \text{ Н},$$

$$G_4 = m_4 g = 50 \cdot 9{,}8 = 490 \text{ Н}, \quad G_5 = m_5 g = 10 \cdot 9{,}8 = 98 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули сил инерции, действующих на механизм.

$$F_2^{\text{ин}} = m_2 a_{S2} = 40 \cdot 7 = 280 \text{ Н}, \quad F_3^{\text{ин}} = m_3 a_{S2} = 30 \cdot 2{,}6 = 78 \text{ Н},$$

$$F_4^{\text{ин}} = m_4 a_{S4} = 50 \cdot 1{,}8 = 90 \text{ Н}, \quad F_5^{\text{ин}} = m_5 a_D = 10 \cdot 1{,}3 = 13 \text{ Н}.$$

Вычисляем модули моментов сил инерции.

$$M_2^{\text{ин}} = J_{S2} \varepsilon_2 = 2 \cdot 18{,}5 = 37 \text{ Н·м}, \quad M_3^{\text{ин}} = J_{S3} \varepsilon_3 = 1 \cdot 14{,}3 = 14{,}3 \text{ Н·м},$$

$$M_4^{\text{ин}} = J_{S4} \varepsilon_4 = 3 \cdot 3{,}6 = 10{,}8 \text{ Н·м}.$$

Построим «жёсткий рычаг» Жуковского. Изобразим план скоростей механизма, повернув его на 90º (рис. 3.7). Приложим в точках, изображающих на повернутом плане скоростей центры масс звеньев механизма, силы тяжести и силы инерции. Направление сил инерции противоположно направлению ускорений центров масс, показанных на плане ускорений. Моменты сил инерции, действующие на звенья механизма, раскладываем на две антипараллельные силы, приложенные к крайним точкам звена, перпендикулярно ему.

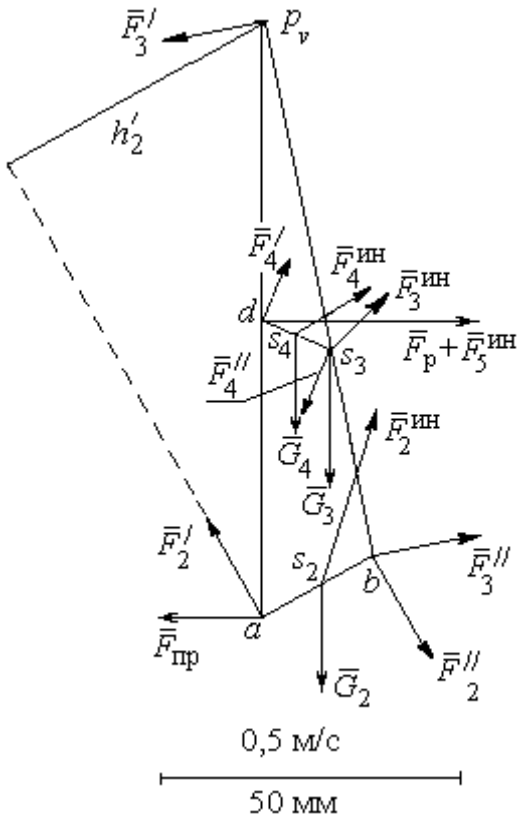



Рис. 3.7. «Жёсткий рычаг» Н. Е. Жуковского

$$F_2' = F_2'' = \frac{M_2^{ин}}{AB} = \frac{37}{0{,}4} = 92{,}5 \text{ Н},$$

$$F_3' = F_3'' = \frac{M_3^{ин}}{O_1B} = \frac{14{,}3}{0{,}3} = 48 \text{ Н},$$

$$F_4' = F_4'' = \frac{M_4^{ин}}{CD} = \frac{10{,}8}{0{,}5} = 21{,}6 \text{ Н}.$$

Заданное положение кривошипа осуществляется на рабочем ходу поршня. Сила полезного сопротивления $F_р$ направлена в сторону, противоположную движению поршня.

Рычаг Н. Е. Жуковского приведён на рис. 3.7. На рисунке отмечены силы тяжести и силы инерции звеньев, приложенные в точках плана скоростей $s_2$ – $s_4$, соответствующих положению центров масс этих звеньев. Показаны пары сил инерции $(\vec{F}_2', \vec{F}_2'')$, $(\vec{F}_3', \vec{F}_3'')$, $(\vec{F}_4', \vec{F}_4'')$, образующие главные моменты сил инерции $M_2^{ин}$, $M_3^{ин}$, $M_4^{ин}$, приложенные ко 2, 3 и 4 звеньям.

Применение «рычага Жуковского» для определения приведённой силы заключается в составлении уравнения равновесия в форме равенства нулю суммы моментов заданных сил относительно полюса $p_v$:

$$-F_{пр} \cdot h_{пр} - F_2' \cdot h_2' + F_2'' \cdot h_2'' - G_2 \cdot h_{G2} + F_2^{ин} \cdot h_2 + F_3'' \cdot h_3'' - F_4' \cdot h_4' + F_4'' \cdot h_4'' -$$

$$-G_4 \cdot h_{G4} - G_3 \cdot h_{G3} + (F_{\text{р}} + F_5^{\text{ин}})h_5 + F_4^{\text{ин}} \cdot h_4 + F_3^{\text{ин}} \cdot h_3 = 0.$$

При вычислении моментов сил плечи сил определяются графически с учётом масштабного коэффициента плана скоростей. Так при вычислении момента приведённой силы относительно полюса $p_v$ плечом $h_{\text{пр}}$ силы $\vec{F}_{\text{пр}}$ на плане рычага Жуковского является отрезок $p_v a$, равный, согласно масштабному коэффициенту плана скоростей, 100 мм. Тогда $h_{\text{пр}} = p_v a = 100$ мм.

На рис. 3.7, в качестве примера, показан способ вычисления плеча $h_2'$ силы $\vec{F}_2'$ – как кратчайшее расстояние от полюса $p_v$ до линии действия силы $\vec{F}_2'$. Измерив это расстояние, найдём $h_2' = 52$ мм. Аналогичным образом в уравнении равновесия вычисляются плечи остальных сил.

В результате получим равенство

$$F_{\text{пр}} \cdot 100 = -92{,}5 \cdot 52 + 92{,}5 \cdot 21 - 392 \cdot 6 + 280 \cdot 31 + 48 \cdot 92 - 21{,}6 \cdot 23 + 21{,}6 \cdot 33 -$$

$$-490 \cdot 3 - 294 \cdot 7 + (16045 + 13)44 + 90 \cdot 42 + 78 \cdot 36.$$

Откуда $F_{\text{пр}}$ =7177 Н. Величина движущего момента, приведенного к валу кривошипа, находится из формулы: $M_{\text{дв}} = F_{\text{пр}} \cdot O_1 A$ = 7177·0,1 = 717,7 Н·м.

Найденный движущий момент является исходной величиной для конструирования ведомого вала кривошипа.

## 2. Конструирование вала редуктора
## Предварительный расчет зубчатой передачи

Крутящий момент на валу $T_2 = M_{\text{дв}} = 717{,}7$ Н·м.

Твердость материала колеса по Бринеллю (приближённо)

$$HB = 0{,}285\sigma_{\text{в}} = 0{,}285 \cdot 640 = 182{,}4 \text{ МПа}.$$

Предел контактной выносливости при базовом числе циклов

$$\sigma_{H\,\text{lim}} = 2\,HB + 70 = 2 \cdot 182{,}4 + 70 = 434{,}8 \text{ МПа}.$$

При долговременной передаче принимаем:

– коэффициент долговечности $K_{HL} = 1{,}4$,

– коэффициент безопасности $S_H = 1{,}15$.

Допустимое контактное напряжение в зацеплении колеса

$$\sigma_{H\,adm} = \frac{\sigma_{H\,\lim}}{S_H} K_{HL} = \frac{434{,}8}{1{,}15} \cdot 1{,}4 = 529{,}3 \text{ МПа}.$$

Выберем средние значения коэффициента неравномерности нагрузки на венец зубчатого колеса $K_{H\beta}$ и коэффициента ширины колеса относительно межосевого расстояния $\psi_{ba}$. При симметричном расположении колеса принимаем:

$$K_{H\beta} = 1{,}1; \quad \psi_{ba} = 0{,}4.$$

Межосевое расстояние передачи

$$a_w = K_a (u+1) \sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta}}{\psi_{ba} u^2 \sigma^2_{H\,adm}}} = 495(5+1) \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 1{,}1}{0{,}4 \cdot 5^2 \cdot 529{,}3^2}} = 194{,}7 \text{ мм}.$$

Округляем расчётное межосевое расстояние до ближайшего большего значения из ряда межосевых расстояний. Принимаем $a_w = 200$ мм.

Делительный диаметр колеса

$$d_2 = \frac{2a_w u}{u+1} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 5}{5+1} = 333{,}3 \text{ мм}.$$

Ширина ступицы колеса и длина распорной втулки

$$b = \psi_{ba} a_w = 0{,}4 \cdot 200 = 80 \text{ мм}, \quad l_р = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Полученные расчетные результаты ширины ступицы колеса $b$ и длины распорной втулки $l_р$ не требуют округления, так как совпадают со значениями ряда номинальных линейных размеров *R*-40.

Принимаем $b = 80$ мм, $l_р = 12$ мм.

## Конструирование вала

Примем допустимое касательное напряжение кручения вала $\tau_{к\,adm} = 20$ МПа.

Диаметр консольной части вала

$$d_{к} = \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0{,}2\tau_{к\,adm}}} = \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 20}} = 56{,}4 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра консольной части вала округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{к} = 60$ мм.

Длина консольной части вала пропорциональна его диаметру: $l_{к} = (1{,}5 \div 2{,}5)d_{к}$. Выбираем

$$l_{к} = 2d_{к} = 2 \cdot 60 = 120 \text{ мм}.$$

Результат расчёта не требует округления, так как является одним из значений ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_{к} = 120$ мм.

При диаметре консольной части вала$d_{к} = 60$ мм высота ступени $t = 3$ мм (приложение, табл. П2). Диаметр вала под подшипник

$$d_{п} = d_{к} + 2t = 60 + 2 \cdot 3 = 66 \text{ мм}.$$

Результат округляем до ближайшего большего числа, кратного 5.

Принимаем $d_{п} = 70$ мм.

Длина ступени вала в месте посадки подшипника пропорциональна диаметру этого участка вала. Выберем минимальный из заданных значений коэффициент пропорциональности. Длина ступеньки вала в месте посадки подшипника

$$l_{п} = 1{,}25d_{п} = 1{,}25 \cdot 70 = 87{,}5 \text{ мм}.$$

Расчётное значение длины ступеньки вала в месте посадки подшипника округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_{п} = 90$ мм.

При диаметре вала под подшипник $d_{п} = 70$ мм координата фаски подшипника $r = 3{,}5$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр вала под колесом

$$d_{кол} = d_{п} + 3{,}2r = 70 + 3{,}2 \cdot 3{,}5 = 81{,}2 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра вала под колесом округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{кол} = 85$ мм.

При диаметре вала под колесом $d_{кол} = 85$ мм фаска ступицы колеса $f = 3$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр упорного буртика

$$d_{бур} = d_{кол} + 3f = 85 + 3 \cdot 3 = 94 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра буртика округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{бур} = 95$ мм.

Длина упорного буртика при симметричном расположении колеса относительно опор вала – подшипников

$$l_{бур} = 0{,}15b = 0{,}15 \cdot 80 = 12 \text{ мм}.$$

Принимаем без округления $l_{бур} = 12$ мм.

При диаметре вала в месте посадки подшипника $d_{\text{п}} = 70$ мм ширина подшипника $B = 24$ мм (см. табл. 5).

При переходе от консольной части вала к участку вала под подшипником диаметры участков $d_{\text{к}} = 60$ мм, $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Величина ступеньки $t = 0{,}5(d_{\text{п}} - d_{\text{к}}) = 0{,}5(70 - 60) = 5$ мм.

Радиус галтели ступеньки вала пропорционален высоте ступеньки. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6t = 0{,}6 \cdot 5 = 3 \text{ мм}.$$

В месте установки распорной втулки при переходе от участка вала под левым подшипником к участку под колесом на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски распорной втулки, равной координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

При переходе от участка вала под колесом к буртику, где происходит упор ступицы колеса в буртик, на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален величине фаски ступицы колеса. Радиус галтели

$$R = 0{,}7f = 0{,}7 \cdot 3 = 2{,}1 \text{мм}.$$

Принимаем $R = 2$ мм.

В месте установки правого подшипника при переходе от буртика к участку вала под подшипником на валу имеется ступенька. Радиус галтели ступеньки вала пропорционален координате фаски подшипника. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности. Радиус галтели

$$R = 0{,}6r = 0{,}6 \cdot 3{,}5 = 2{,}1 \text{ мм}.$$

Округляем расчётную величину до ближайшего числа, кратного 5.

Принимаем $R = 2$ мм.

### Проверка прочности шпоночного соединения

Диаметр консольной части вала $d_к = 60$ мм, длина $l_к = 120$ мм.

Выбираем размеры призматической шпонки в консольной части вала: ширина $b_ш = 18$ мм; высота $h_ш = 11$ мм; длина $l_ш = 80$ мм; глубина паза в вале $t_1 = 7$ мм (табл. П1).

Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 80 - 18 = 62$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_к (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{62 \cdot 60(11-7)} = 96{,}5 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

При выборе шпонки под колесом, где диаметр вала $d_{кол} = 85$ мм, ширина ступицы колеса $b = 80$ мм, принимаем по табл. П1 ширину шпонки $b_ш = 22$ мм; высоту $h_ш = 14$ мм; длину $l_ш = 63$ мм; глубину паза в вале $t_1 = 9$ мм. Рабочая длина шпонки: $l_ш^р = l_ш - b_ш = 63 - 22 = 41$ мм.

Напряжение смятия шпонки и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T_2 \cdot 10^3}{l_ш^р d_{кол} (h_ш - t_1)} = \frac{2 \cdot 717{,}7 \cdot 10^3}{41 \cdot 85(14-9)} = 82{,}4 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}.$$

Условие прочности выполнено.

## 3. Проверочный расчёт вала редуктора

### Расчетная схема вала. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов

Схематическое изображение вала и действующей на него нагрузки в вертикальной и горизонтальной плоскостях приведено на рис. 8, *т*. Показаны предположительно опасные сечения вала: *А*, *Б* – сечения на участках вала, ослабленных вырезом под шпонку; *В*, *Г*, *Д* – сечения по ступенькам вала.

Рассмотрим силовую нагрузку вала при симметричном расположении колеса.

Консольная сила от муфты $F_{\text{м}}=125\sqrt{T_2}=125\sqrt{717,7}=3348,7$ Н.

Силы в зацеплении зубчатой передачи:

– окружная сила $F_t=\dfrac{2T_2\cdot10^3}{d_2}=\dfrac{2\cdot717,7\cdot10^3}{333,3}=4306,6$ Н,

– радиальная сила $F_r=F_t\text{tg}20^\circ=4306,6\cdot0,364=1567,6$ Н.

Для построения эпюр изгибающих моментов вычислим расстояния между точками приложения сил, отнесенных к оси вала

$$l_{\text{опор}}=l_{\text{к}}+l_{\text{п}}-(l_{\text{р}}+0,5B)=120+90-(12+0,5\cdot24)=186 \text{ мм},$$

$$a=0,5b+l_{\text{р}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм},$$

$$c=0,5b+l_{\text{бур}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм}.$$

**Эпюра изгибающих моментов $M_x$ в вертикальной плоскости**

Условия равновесия вала в вертикальной плоскости (рис. 8, *n*):

$$F_r c-R_{1y}(a+c)=0,\quad -F_r a+R_{2y}(a+c)=0.$$

Находим реакции опор подшипников в вертикальной плоскости:

$$R_{1y}=\frac{F_r c}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н},\quad R_{2y}=\frac{F_r a}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н}.$$

Проверка: $R_{1y}-F_r+R_{2y}=783,8-1567,6+783,8=0.$

На 1-м участке вала $0\le z_1\le l_{\text{опор}}$, $M_{1x}=0.$

Изгибающие моменты в сечении вала *A*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, и в сечении *B*, где имеется ступенька вала при переходе от консольной части к участку вала под подшипник, равны нулю: $M_{xA}=M_{xB}=0.$

На 2-м участке вала $0\le z_2\le a$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{2x}=R_{1y}z_2$$

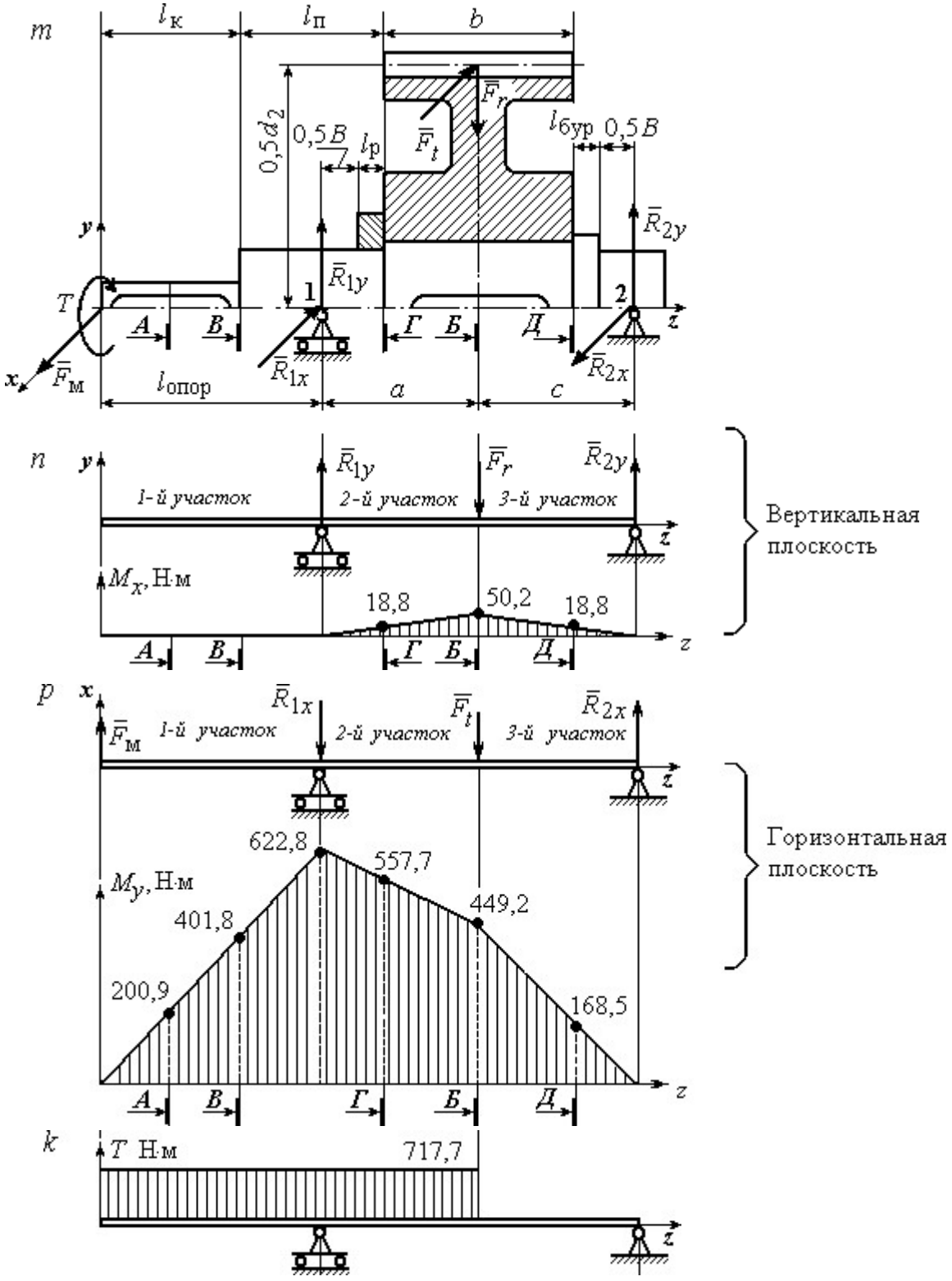



Рис. 8. Расчётная схема вала:
*m* – нагрузка вала; *n* – проекция нагрузки на вертикальную плоскость
и эпюра изгибающих моментов $M_x$; *p* – проекция нагрузки
на горизонтальную плоскость и эпюра изгибающих моментов $M_y$; *k* – эпюра крутящих моментов

В начале участка $z_2 = 0$, $M_{2x} = 0$. В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2x} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2 \text{ Н·м.}$$

Изгибающий момент в сечении *Г*, где у вала ступенька перехода от диаметра под подшипник к диаметру под колесо, при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{xГ} = R_{1y}(a - 0{,}5b) = 783{,}8 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м.}$$

Изгибающий момент в сечении *Б*, где вал ослаблен шпоночным вырезом под колесом, при $z_{2Б} = a = 64$ мм $M_{xБ} = R_{1y} a = 783{,}8 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 50{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3x} = R_{1y}(z_3 + a) - F_r z_3.$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$, $M_{3x} = 50{,}2$ Н·м. В конце участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м, $M_{3x} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д*, где у вала ступенька при переходе от участка под колесом к буртику, при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{xД} = R_{1y}(0{,}5b + a) - F_r 0{,}5b =$$

$$= 783{,}8(40 + 64)10^{-3} - 1567{,}6 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 18{,}8 \text{ Н·м.}$$

Вид эпюры изгибающих моментов в вертикальной плоскости $M_x$ показан на рис. 8, *п*.

## Эпюра изгибающих моментов $M_y$ в горизонтальной плоскости

Условия равновесия вала в горизонтальной плоскости (рис. 8, *р*):

$$-F_м(l_{опор} + a + c) + F_t c + R_{1x}(a + c) = 0, \quad -F_м l_{опор} - F_t a + R_{2x}(a + c) = 0.$$

Реакции опор подшипников в горизонтальной плоскости

$$R_{1x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м(l_{опор} + a + c) - F_t c\right] =$$

$$= \frac{1}{(64 + 64)}\left[3348{,}7(186 + 64 + 64) - 4306{,}6 \cdot 64\right] = 6061{,}5 \text{ Н,}$$

$$R_{2x} = \frac{1}{(a + c)}\left[F_м l_{опор} + F_t a\right] =$$

$$= \frac{1}{(64+64)}\left[3348{,}7 \cdot 186 + 4306{,}6 \cdot 64\right] = 7019{,}4 \text{ Н}.$$

Проверка: $F_{\text{м}} - R_{1x} - F_t + R_{2x} = 3348{,}7 - 6061{,}5 - 4306{,}6 + 7019{,}4 = 0.$

На 1-м участке вала $0 \le z_1 \le l_{\text{опор}}$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{1y} = F_{\text{м}} z_1.$$

В начале 1-го участка при $z_1 = 0$, $M_{1y} = 0$.

В конце участка при $z_1 = l_{\text{опор}}$

$$M_{1y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8 \text{ Н·м}.$$

Положим координату сечения вала *А*, где вал ослаблен шпоночным вырезом, $z_{1A} = 0{,}5 l_{\text{к}} = 60$ мм. Изгибающий момент в сечении *А*

$$M_{yA} = F_{\text{м}} 0{,}5 l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 200{,}9 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *В* при $z_{1B} = l_{\text{к}} = 120$ мм

$$M_{yB} = F_{\text{м}} l_{\text{к}} = 3348{,}7 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 401{,}8 \text{ Н·м}.$$

На 2-м участке вала $0 \le z_2 \le a$. Эпюра моментов

$$M_{2y} = F_{\text{м}} (l_{\text{опор}} + z_2) - R_{1x} z_2.$$

В начале участка при $z_2 = 0$, $M_{2y} = F_{\text{м}} l_{\text{опор}} = 3348{,}7 \cdot 186 \cdot 10^{-3} = 622{,}8$ Н·м.

В конце участка при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ м

$$M_{2y} = F_{\text{м}} (l_{\text{опор}} + a) - R_{1x} a =$$

$$= 3348{,}7(186+64)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Г* при $z_{2Г} = a - 0{,}5b = 24$ мм

$$M_{yГ} = F_{\text{м}} \left(l_{\text{опор}} + a - 0{,}5b\right) - R_{1x} \left(a - 0{,}5b\right) =$$

$$= 3348{,}7\left(186 + 24\right)10^{-3} - 6061{,}5 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 557{,}7 \text{ Н·м}.$$

Изгибающий момент в сечении *Б* при $z_2 = a = 64 \cdot 10^{-3}$ равен изгибающему моменту в конце 2-го участка $M_{yБ} = 449{,}2$ Н·м.

На 3-м участке вала $0 \le z_3 \le c$. Эпюра изгибающих моментов

$$M_{3y} = F_{\text{м}} (l_{\text{опор}} + a + z_3) - R_{1x} (z_3 + a) - F_t z_3.$$

В начале 3-го участка при $z_3 = 0$

$$M_{3y} = F_{\text{м}}(l_{\text{опор}} + a) - R_{1x}a = 449{,}2 \text{ Н·м}.$$

В конце 3-го участка при $z_3 = c = 64 \cdot 10^{-3}$ м $M_{3y} = 0$.

Изгибающий момент в сечении *Д* при $z_{3Д} = 0{,}5b = 40$ мм

$$M_{yД} = F_{\text{м}}\left(l_{\text{опор}} + a + 0{,}5b\right) - R_{1x}\left(a + 0{,}5b\right) - F_t\, 0{,}5b =$$

$$= \left[3348{,}7\left(186 + 64 + 40\right) - 6061{,}5\left(64 + 40\right) - 4306{,}6 \cdot 40\right]10^{-3} = 168{,}5 \text{ Н·м}.$$

Эпюра изгибающих моментов в горизонтальной плоскости приведена на рис. 8, *p*.

Эпюра крутящих моментов показана на рис 8, *k*.

## Проверочный расчёт вала

Результаты расчётов изгибающих моментов в потенциально опасных сечениях показаны на рис. 8, *n*, *p* и приведены в табл. 7.

Среди сечений, ослабленных шпоночным пазом (сечение *А*, *Б*), наиболее опасным является сечение *Б* вала под колесом. Суммарный изгибающий момент в этом сечении $M_{\text{сум}\,Б} = 452$ Н·м.

Среди сечений в местах ступенчатого перехода вала (сечения *В*, *Г* и *Д*) наиболее опасным является сечение *Г* – ступенька вала при переходе от диаметра вала под подшипник к диаметру под колесо. В этом сечении суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}\,Г} = 558$ Н·м.

Таким образом, проверку вала на усталостную прочность необходимо проводить в двух наиболее опасных сечениях – *Г* и *Б*.

Таблица 7

**Изгибающие моменты в потенциально опасных сечениях вала при расчётах на сопротивление усталости**

| Параметр | Виды опасных сечений | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом | | сечения в местах ступенчатого перехода вала | | |
| Сечение на валу | *А* | *Б* | *В* | *Г* | *Д* |
| Изгибающий момент в вертикальной плоскости $M_x$, Н·м | 0 | 50,2 | 0 | 18,8 | 18,8 |
| Изгибающий момент в горизонтальной плоскости $M_y$, Н·м | 200,9 | 449,2 | 401,8 | 557,7 | 168,5 |
| Суммарный изгибающий момент $M_{\text{сум}}$, Н·м | 200,9 | 452,0 | 401,8 | 558,0 | 169,5 |

**Сечение Г.** При расчёте момента сопротивления сечения выбирается меньший из диаметров – диаметр вала под подшипник $d_{\text{п}} = 70$ мм.

Момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{\text{и}Г} = 0{,}1 d_{\text{п}}^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{aГ} = \frac{M_{\text{сум}\,Г} 10^3}{W_{\text{и}Г}} = \frac{558 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 16{,}3 \text{ МПа}.$$

В сечении *Г* отношение радиуса галтели к диаметру $\frac{R}{d_{\text{п}}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$.

Коэффициент концентрации напряжений изгиба в сечении *Г*: $K_\sigma = 2$ (рис. П2, приложение).

Для материала вала с пределом прочности $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа при чистовой обработке поверхности коэффициент качества обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

При расчётном диаметре сечения $d_{\text{п}} = 70$ мм масштабный фактор для напряжений изгиба $\varepsilon_\sigma = 0{,}77$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_{\text{в}} = 640$ МПа $\psi_\sigma = 0{,}05$ (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mГ} = 0$.

Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба

$$\sigma_{-1} = 0{,}43\sigma_{в} = 0{,}43 \cdot 640 = 275{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Г*

$$n_{\sigma Г} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta\varepsilon_\sigma}\sigma_{aГ} + \psi_\sigma \sigma_{mГ}} = \frac{275{,}2}{\frac{2}{0{,}83 \cdot 0{,}77}16{,}3} = 5{,}4.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений пропорционален пределу прочности материала вала. Выберем среднее значение коэффициента пропорциональности

$$\tau_{-1} = 0{,}25\sigma_{в} = 0{,}25 \cdot 640 = 160 \text{ МПа}.$$

Полярный момент сопротивления сечения *Г*

$$W_{pГ} = 0{,}2d_{п}^3 = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aГ} = \tau_{mГ} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pГ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 68{,}6 \cdot 10^3} = 5{,}2 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений в сечении *Г* при отношении радиуса галтели к диаметру вала $\frac{R}{d_{п}} = \frac{2}{70} = 0{,}03$, $K_\tau = 1{,}49$ (рис. П2, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработки поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений при диаметре сечения $d_{п} = 70$ мм $\varepsilon_\tau = 0{,}65$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_{в} = 640$ МПа $\psi_\tau = 0$ (табл. П3, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Г*

$$n_{\tau Г} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aГ} + \psi_\tau \tau_{mГ}} = \frac{160}{\frac{1{,}49}{0{,}83 \cdot 0{,}65}5{,}2} = 11{,}1.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Г*

$$n_Г = \frac{n_{\sigma Г} n_{\tau Г}}{\sqrt{n_{\sigma Г}^2 + n_{\tau Г}^2}} = \frac{5{,}4 \cdot 11{,}1}{\sqrt{5{,}4^2 + 11{,}1^2}} = 4{,}8 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Г* вал удовлетворяет условию прочности.

**Сечение Б.** Предел выносливости материала вала при симметричном цикле изгиба $\sigma_{-1} = 275{,}2$ МПа.

Момент сопротивления сечения *Б* при изгибе с учетом шпоночного паза

$$W_{иБ} = 0{,}1 d_{кол}^3 - \frac{b_ш t_1 (d_{кол} - t_1)^2}{2 d_{кол}} = 0{,}1 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 54{,}7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{аБ} = \frac{M_{сум\,Б} 10^3}{W_{иБ}} = \frac{452 \cdot 10^3}{54{,}7 \cdot 10^3} = 8{,}3 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации напряжений изгиба для сечения *Б*, ослабленного шпоночным пазом, $\sigma_в = 640$ МПа, $K_\sigma = 1{,}85$ (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала $\beta = 0{,}83$ (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для напряжений изгиба вала при $d_{кол} = 85$ мм $\varepsilon_\sigma = 0{,}72$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_в = 640$ МПа $\psi_\sigma = 0{,}05$ (табл. П4, приложение).

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений $\sigma_{mБ} = 0$.

Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу в сечении *Б*

$$n_{\sigma Б} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta \varepsilon_\sigma} \sigma_{аБ} + \psi_\sigma \sigma_{mБ}} = \frac{275{,}2}{\frac{1{,}85}{0{,}83 \cdot 0{,}72} 8{,}3} = 10{,}7.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений $\tau_{-1} = 160$ МПа.

Полярный момент сопротивления сечения *Б* с учетом шпоночного паза

$$W_{рБ} = 0{,}2 d_{кол}^3 - \frac{b_ш t_1 (d_{кол} - t_1)^2}{2 d_{кол}} = 0{,}2 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 116{,}1 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла касательных напряжений и среднее напряжение

$$\tau_{aБ} = \tau_m = \frac{T_2 \cdot 10^3}{2W_{pБ}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 116{,}2 \cdot 10^3} = 3{,}1 \text{ МПа.}$$

Коэффициент концентрации касательных напряжений для сечения *Б* при $\sigma_в$ = 640 МПа $K_\tau$ = 1,6 (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала при $\sigma_в$ = 640 МПа $\beta$ = 0,83 (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений вала при $d_{кол}$ = 85 мм $\varepsilon_\tau$ = 0,62 (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_в$ = 640 МПа $\psi_\tau$ = 0 (табл. П4, приложение).

Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению в сечении *Б*

$$n_{\tau Б} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\beta\varepsilon_\tau}\tau_{aБ} + \psi_\tau \tau_{mБ}} = \frac{160}{\frac{1{,}6}{0{,}83 \cdot 0{,}62}3{,}1} = 16{,}6.$$

Общий коэффициент запаса сопротивления усталости сечения *Б*

$$n_Б = \frac{n_{\sigma Б} n_{\tau Б}}{\sqrt{n_{\sigma Б}^2 + n_{\tau Б}^2}} = \frac{10{,}7 \cdot 16{,}6}{\sqrt{10{,}7^2 + 16{,}6^2}} = 8{,}9 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

В сечении *Б* вал удовлетворяет условию прочности.

## Расчёт на статическую прочность

При расчёте на статическую прочность опасное сечение вала проходит через средину подшипника 1. В этом сечении суммарный изгибающий момент максимальный, равный $M_{сум1}$ = 622,8 Н·м.

Диаметр сечения $d_п$ = 70 мм. Вал сплошной. Осевой и полярный моменты сопротивления сечения при изгибе и кручении

$$W_{и1} = 0{,}1 d_п^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3, \quad W_{p1} = 0{,}2 d_п^3 = 0{,}2 \cdot 70^3 = 68{,}6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Напряжения изгиба и кручения в опасном сечении

$$\sigma_{и1} = \frac{M_{сум1} \cdot 10^3}{W_{и1}} = \frac{622{,}8 \cdot 10^3}{34{,}3 \cdot 10^3} = 18{,}2 \text{ МПа,}$$

$$\tau_{к1} = \frac{T_2 \cdot 10^3}{W_{p1}} = \frac{717{,}7 \cdot 10^3}{68{,}6 \cdot 10^3} = 10{,}5 \text{ МПа}.$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_{и1}^2 + 3\tau_{к1}^2} = \sqrt{18{,}2^2 + 3 \cdot 10{,}5^2} = 25{,}7 \text{ МПа}.$$

Коэффициент перегрузки $k = 2$. Предел текучести материала вала

$\sigma_т = 380$ МПа.

Запас статической прочности

$$n_т = \frac{\sigma_т}{k\sigma_{экв}} = \frac{380}{2 \cdot 25{,}7} = 6{,}2 > n_{т\,adm} = 1{,}2 \div 1{,}8.$$

Результаты проверочного расчёта вала на прочность приведены в табл. 8.

Эскизный чертёж вала дан на рис. 9.

Таблица 8

**Результаты расчета вала на прочность**

| Параметр | Виды расчётов | | |
|---|---|---|---|
| | сопротивление усталости | | статическая прочность |
| | сечения, где вал ослаблен шпоночным пазом | сечения в местах ступенчатого перехода вала | сечение, где суммарный изгибающий момент максимальный |
| Наиболее опасное сечение вала | *Б* | *Г* | средина опоры 1 |
| Суммарный изгибающий момент $M_{сум}$, Н·м | 452 | 558 | 622,8 |
| Коэффициент запаса сопротивления усталости по изгибу, $n_\sigma$ | 10,7 | 5,4 | – |
| Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению, $n_\tau$ | 16,6 | 11,1 | – |
| Общий коэффициент запаса сопротивления усталости, $n$ | 8,9 | 4,8 | – |
| Коэффициент запаса статической прочности | – | – | 6,2 |

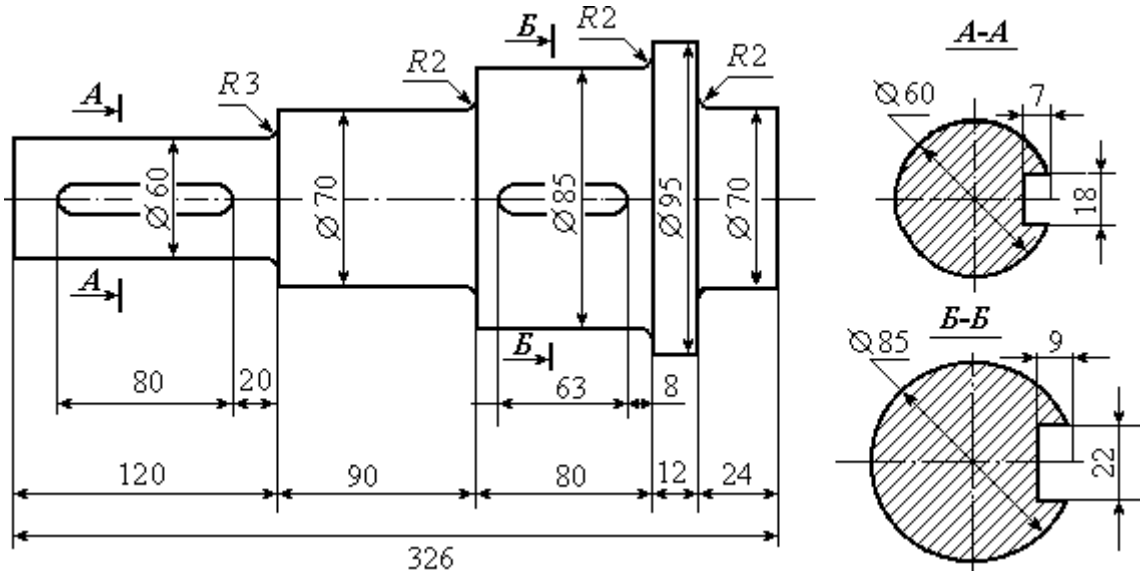
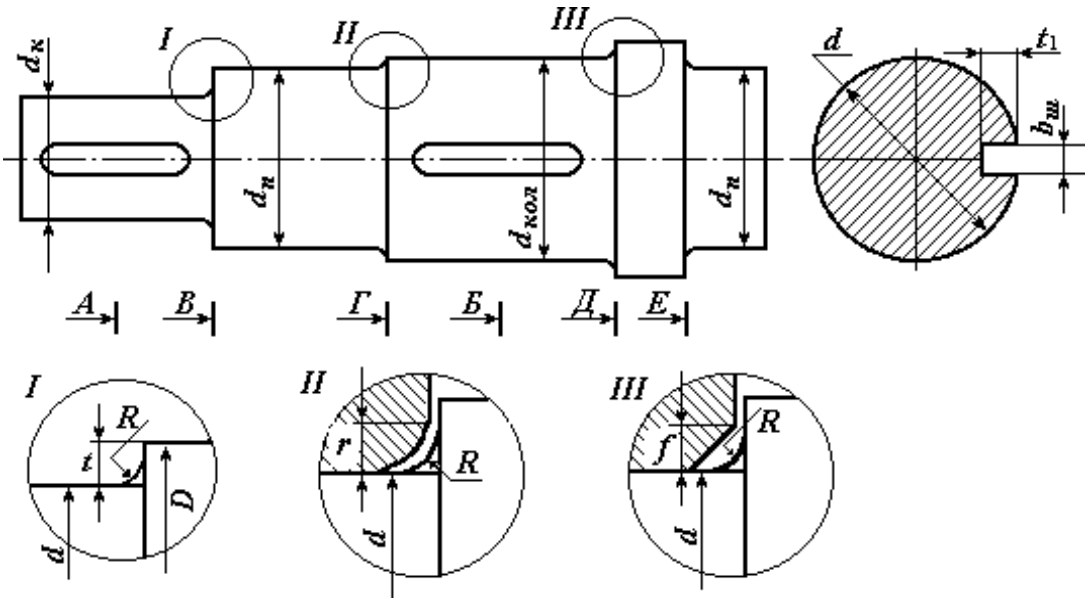



Рис. 9. Эскизный чертёж вала

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Рис. П1.







Элементы конструкций вала:
*R* – радиус галтели; *t* – высота ступеньки; *r* – координата фаски подшипника;
*f* – величина фаски ступицы

Таблица П1

**Шпонки призматические (ГОСТ 23360-78)**

| Диаметр вала, мм | Сечение шпонки, мм | | | Глубина паза, мм | Диаметр вала, мм | Сечение шпонки, мм | | | Глубина паза, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *d* | $b_ш$ | $h_ш$ | $l_ш$ | $t_1$ | *d* | $b_ш$ | $h_ш$ | $l_ш$ | $t_1$ |
| 17÷22 | 6 | 6 | 14÷70 | 3,5 | 58 ÷ 65 | 18 | 11 | 50÷200 | 7 |
| 22÷30 | 8 | 7 | 18÷90 | 4 | 65 ÷75 | 20 | 12 | 56÷220 | 7,5 |
| 30 ÷ 38 | 10 | 8 | 22÷110 | 5 | 75 ÷85 | 22 | 14 | 63÷250 | 9 |
| 38 ÷ 44 | 12 | 8 | 28÷140 | 5 | 85 ÷95 | 25 | 14 | 70÷280 | 9 |
| 44 ÷ 50 | 14 | 9 | 36÷160 | 5,5 | 95 ÷110 | 28 | 16 | | 10 |
| 50 ÷ 58 | 16 | 10 | 45÷180 | 6 | 110÷130 | 32 | 18 | | 11 |

*Примечание.* Длина шпонки $l_ш$ (мм) выбирается из стандартного ряда длин: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125

Таблица П2

**Значения высоты *t* ступеньки вала, координаты *r* фаски подшипника и величины *f* фаски ступицы колеса в зависимости от диаметра *d* вала, мм**

| $d$ | 17–24 | 25–30 | 32–40 | 42–50 | 52–60 | 63–70 | 75–85 | 85–95 | 95–105 | 105–115 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 3 | 3,3 | 3,5 | 3,8 | 4 | 4 |
| $r$ | 1,6 | 2 | 2,5 | 3 | 3 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4 | 4 |
| $f$ | 1 | 1 | 1,2 | 1,6 | 2 | 2 | 2 | 2,2 | 2,6 | 2,6 |

Таблица П3

**Эффективные коэффициенты концентрации напряжений для сечений валов, ослабленных шпоночными пазами**

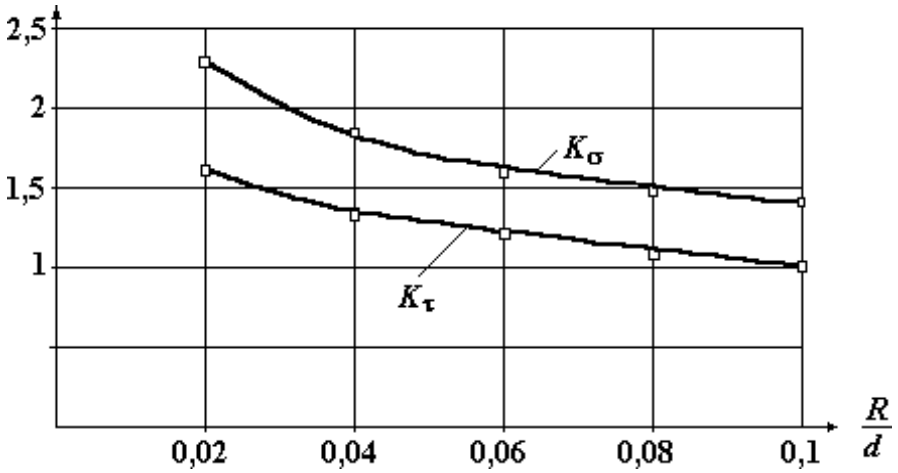
| $\sigma_в$, МПа | 500 | 700 | 900 |
|---|---|---|---|
| $K_\sigma$ | 1,6 | 1,9 | 2,15 |
| $K_\tau$ | 1,4 | 1,7 | 2,05 |

Таблица П4

**Коэффициенты чувствительности асимметрии цикла**

| $\sigma_в$, МПа | 350 – 520 | 520 – 720 | 720 – 1000 | 1000 – 1200 |
|---|---|---|---|---|
| $\psi_\sigma$ | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,2 |
| $\psi_\tau$ | 0 | 0 | 0,05 | 0,1 |

Рис. П2. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений $K_\sigma$ и $K_\tau$ в зависимости от отношения радиуса галтели к диаметру вала



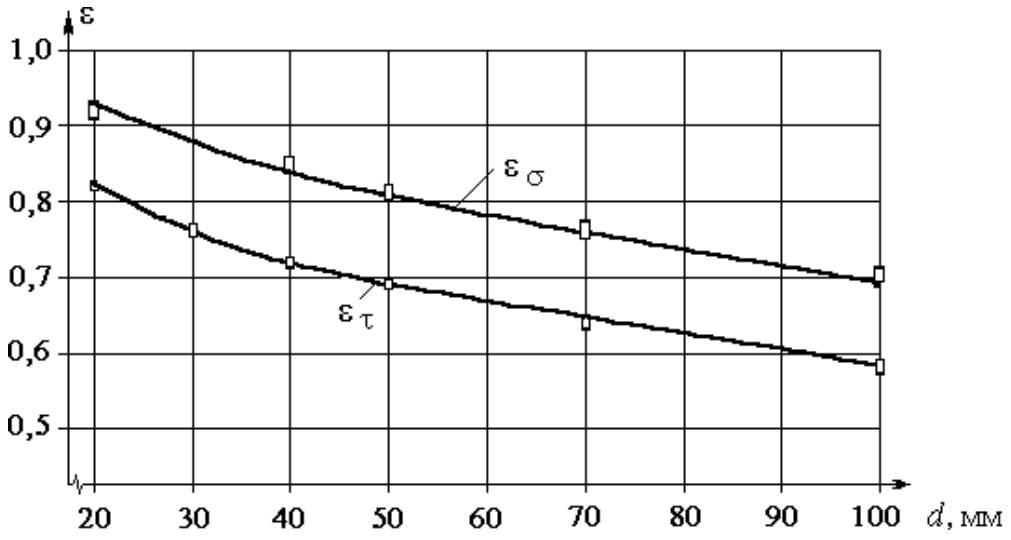



Рис. П3. Зависимость значений масштабных факторов $\varepsilon_\sigma$ и $\varepsilon_\tau$ от диаметра вала

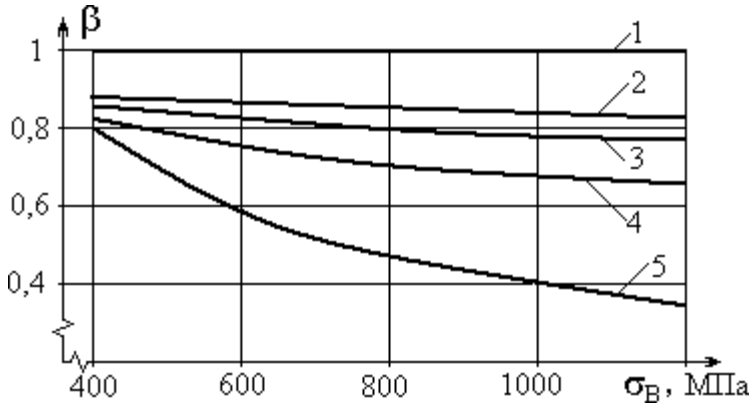



Рис. П4. Зависимость коэффициента β качества обработки поверхности от предела выносливости материала и вида обработки:

1 – полированная поверхность; 2 – шлифование; 3 – тонкая (чистовая) обработка; 4 – грубое точение; 5 – окалина

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Афанасьев А. И., Ляпцев С. А.* Курсовое проектирование по теории механизмов и машин. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2005.

*Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: учебн. пособие для студ. техн. спец. вузов. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 496 с.*

*Краснов М. М., Вереина Л. И.* Техническая механика. М.: – Academia, 2010. – 288 с.

*Левитский И. И.* Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 2007.

*Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А.* Лекции по сопротивлению материалов. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2012.

Сопротивление материалов в примерах и задачах. *Под ред*. *Мокрушина Н. В.*– Екатеринбург: Изд–во УГГУ, 2010.

*Олофинская В. П.* Техническая механика. – М.: Форум, 2009.

*Смеляпин А. И.* Теория механизмов и машин. – М.: Инфра, 2009.

*Степин П. А.* Сопротивление материалов. – М.: Лань, 2010.

УДК 621.01
ФГБОУ ВО «УГГУ»

**В. М. Таугер, А. А. Леонтьев**

# ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Учебное пособие

2020

УДК 621.01

Рецензент: А. П. Котельников, канд. техн. наук (доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей» УрГУПС)

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета

**Таугер В. М., Леонтьев А. А.**

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН: учебное пособие / В. М. Таугер, А. А. Леонтьев; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 128 с.: ил.

Изложены методы структурного анализа и синтеза, кинематического и динамического расчёта наиболее распространённых в промышленности механизмов и машин.

Учебное пособие предназначено для студентов направлений, программа которых включает дисциплину «Теория механизмов и машин».

УДК 621. 01

© Таугер В. М., Леонтьев А. А.

© Урал. гос. горный ун-т. 2020

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……...4
1. Основные понятия и определения ТММ……..…….5
2. Основные стадии проектирования и создания новой техники…….8
3. Структурная классификация и виды механизмов…..……..10
4. Кинематический анализ рычажных механизмов…….……19
5. Динамический анализ рычажных механизмов……..…….....28
6. Синтез рычажных механизмов…….48
7. Кулачковые механизмы…….57
8. Фрикционные и зубчатые механизмы…...……...72
9. Трение в кинематических парах……110
10. Уравновешивание масс в механизмах и машинах……...120
Библиографический список……..……..128

# ВВЕДЕНИЕ

Теория механизмов и машин (ТММ) является одним из разделов механики, в котором изучается строение, кинематика и динамика механизмов и машин в связи с их анализом и синтезом.

Прикладная механика, которая в настоящее время объединяет такие дисциплины, как ТММ, сопротивление материалов, и детали машин, является одной из старейших областей знаний. Известно, например, что еще при строительстве египетских пирамид использовались простейшие механизмы (рычаги, блоки и т. д.). ТММ как наука выделилась около 200 лет тому назад. Существенный вклад в её развитие внесли такие ученые и изобретатели, как М.В. Ломоносов, И.И. Ползунов – создатель паровой машины, И.П. Кулибин – создатель часов-автоматов, механизма протеза и т. п., отец и сын Черепановы, построившие первый в России паровоз, Л. Эйлер, разработавший теорию плоского зацепления и предложивший эвольвентный профиль зубьев колес, который используется в настоящее время.

Внесли свой вклад в развитие науки академики П.Л. Чебышев, И.А. Вышнеградский, Н.П. Петров, В.П. Горячкин, М.В. Остроградский; профессора Н.Е. Жуковский – отец русской авиации, В.Л. Кирпичев, Н.И. Мерцалов, Л.А. Ассур, И.В. Мещерский, физик Д. Максвелл, а также современные ученые, такие как И.И. Артоболевский, Н.Г. Бруевич, Д.Н. Решетов и другие.

# 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ведущей отраслью современной техники является машиностроение, развитие которого неразрывно связано с созданием новых машин и механизмов, повышающих производительность труда и заменяющих ручной труд машинным.

В технике широко используются подвижные механические системы, подразделяемые на машины, машинные агрегаты и механизмы.

В обобщенном виде *машина* – это устройство, создаваемое человеком для использования законов природы с целью облегчения физического и умственного труда.

По функциональному назначению машины условно можно разделить на энергетические, транспортные, технологические, контрольно-управляющие, логические (ЭВМ).

Устройства, включающие ряд машин и механизмов, называются машинными агрегатами (МА). Обычно МА состоит (рис. 1) из двигателя (*D*), передаточного механизма (ПМ), рабочей машины (РМ) и, в ряде случаев, контрольно-управляющего устройства, или системы автоматического регулирования (САР).

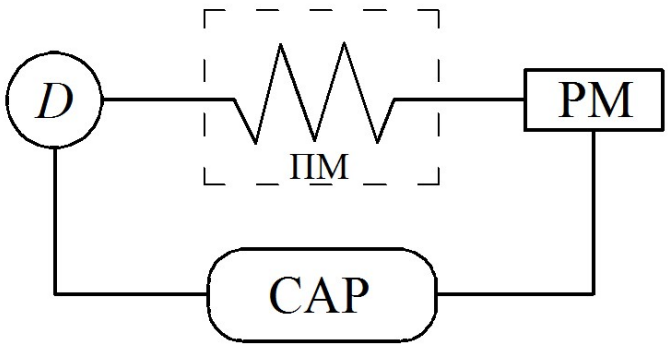



Рис. 1. Схема машинного агрегата

В состав каждой отдельной машины входит один или несколько механизмов.

*Механизмом* называется система материальных тел, предназначенных для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения остальных.

Состав механизмов разнообразен и включает механические, гидравлические, электрические и другие устройства.

Несмотря на разницу в назначении механизмов их строение, кинематика и динамика имеет много общего, поэтому исследование механизмов проводится на базе основных принципов современной механики.

Всякий механизм состоит из отдельных тел (деталей), соединенных между собой.

*Деталь* – это изделие, изготовленное из однородного материала без сборочных операций.

Детали, соединенные между собой неподвижно или с помощью упругих связей, образуют отдельное *звено*.

Выполнение звеньев из нескольких деталей обеспечивается их *соединением*. Различают соединения неразъемные (сварные, заклепочные, клеевые) и разъемные (шпоночные, шлицевые, резьбовые).

Звенья в зависимости от вида их материала могут быть твердые и гибкие (упругие).

Два звена, соединенных друг с другом подвижно, образуют *кинематическую пару*.

Неподвижное звено, состоящее из одной или нескольких деталей, называется *стойкой*.

Таким образом, каждый механизм имеет стойку и подвижные звенья, среди которых выделяют входные, выходные и промежуточные звенья.

*Входным* (*ведущим*) звеньям сообщается движение, преобразуемое механизмом в требуемые движения *выходных* (*ведомых*) звеньев с помощью *промежуточных* звеньев. В простых механизмах имеется одно входное и одно выходное звено.

Но в некоторых случаях имеют место механизмы с несколькими входными или выходными звеньями, например, дифференциал автомобиля.

Развитие техники осуществляется в направлении совершенствования ранее известных механизмов и путем создания принципиально новых их видов.

# 2. ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ

При проектировании новой техники возникает необходимость проведения работ, связанных с анализом и синтезом новой конструкции.

*Анализ* осуществляется при заданных размерах и массе звеньев, когда необходимо определить: скорости, ускорения, действующие силы, напряжения в звеньях и их деформации. В результате может быть произведен проверочный расчет на прочность, выносливость и т. д.

*Синтез* осуществляется при заданных скоростях, ускорениях, действующих силах, напряжениях или деформациях. При этом требуется определить необходимые размеры звеньев, их форму и массу.

При синтезе часто решается задача оптимального проектирования конструкции, когда находятся необходимые показатели работы машины при наименьших затратах труда.

Обычно основными этапами создания новой конструкции являются:

1) разработка принципиальной схемы;

2) проектирование и расчет машины и отдельных ее узлов;

3) экспериментальные исследования и доводка опытного образца.

Проектирование новой техники включает следующие основные этапы:

а) разработка технического задания, включающего основные исходные данные;

б) разработка эскизного проекта, включающего выбор схемы и компоновку основных узлов конструкции;

в) разработка технического проекта, где осуществлены основные расчеты и представлены сборочный чертеж и др. документация.

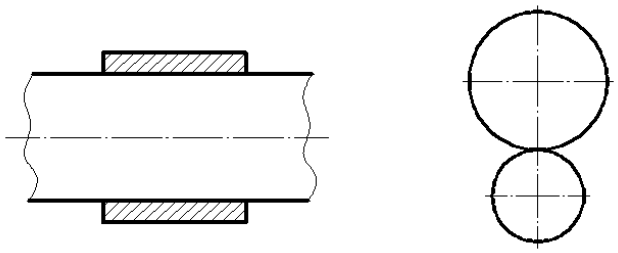
При проектировании сложных механизмов обычно стремятся выделить из общей схемы отдельные, более простые типовые механизмы, проектирование которых имеет свои закономерности. К таким широко используемым в технике механизмам относятся рычажные (стержневые),

кулачковые, фрикционные, зубчатые и т. д., причем с точки зрения строения, кинематики и динамики любой механизм можно заменить условным рычажным механизмом с последующим его анализом, поэтому структура, кинематика и динамика рычажных механизмов рассматривается наиболее подробно.

# 3. СТРУКТУРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДЫ МЕХАНИЗМОВ

## 3.1. Классификация кинематических пар

Подвижные соединения двух звеньев, называемые кинематической парой (КП), классифицируются по разным признакам. Например, по характеру соприкосновения звеньев различают низшие КП, когда контакт происходит по поверхности (рис. 2, *а*), и высшие, когда контакт звеньев осуществляется по линии или в точке (рис. 2, *б*).



*а* *б*

Рис. 2. Кинематические пары:
*а* – низшая; *б* – высшая

Преимуществом низших КП является возможность передачи значительных усилий при малом износе, а достоинством высших кп возможность воспроизводить достаточно сложные относительные движения.

Низшие КП могут быть поступательными, вращательными, плоскими и пространственными, а также классифицироваться по числу условий связи, накладываемых на звенья при формировании КП.

Любое тело в декартовой системе координат (рис. 3) имеет 6 степеней свободы, или подвижности ($W = 6$), часть из которых уничтожается в КП. При этом класс КП определяется числом $S$ накладываемых связей, а число её степеней подвижности равно

$$W = 6 - S. \qquad (3.1)$$

На рис. 4 приведены КП различных классов.

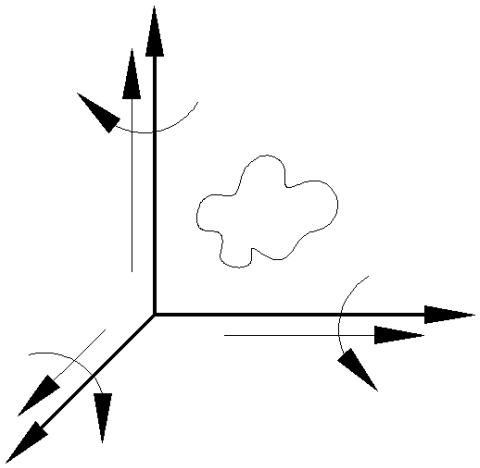


Рис. 3. Степени свободы в декартовой системе координат

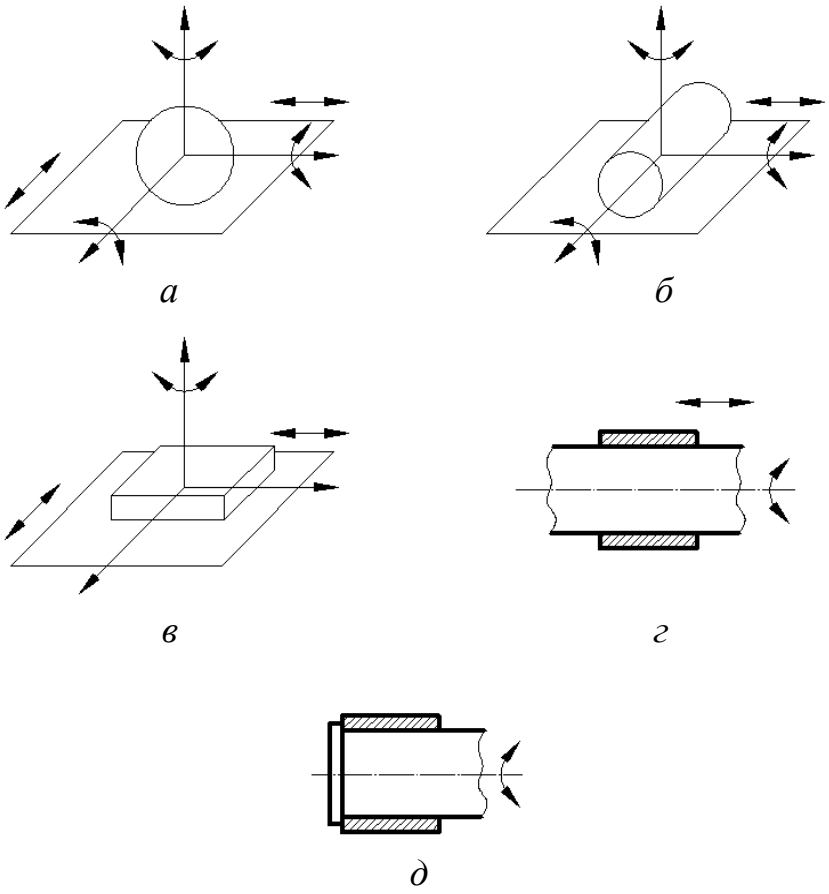



Рис. 4. Классификация КП по числу условий связи:
*а* – КП 1 класса, S = 5; *б* – КП 2 класса, S = 4; *в* – КП 3 класса, S = 3;
*г* – КП 4 класса, S = 2; *д* – КП 5 класса, S = 1

Кинематические пары и звенья механизмов изображаются упрощенно (рис. 5) при соблюдении стандарта на обозначения звеньев и КП.

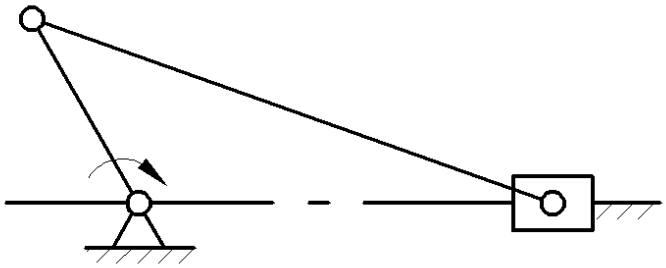


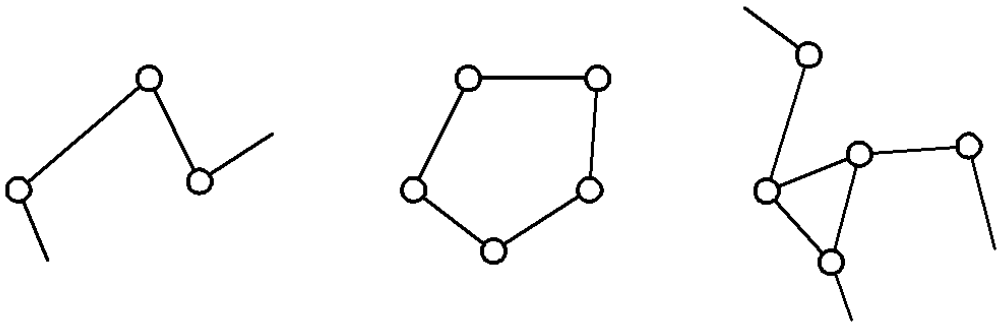
Рис. 5. Упрощенное изображение КП

### 3.2. Кинематические цепи и их классификация

Любой механизм представляет собой *кинематическую цепь* (КЦ) звеньев, соединенных в КП. КЦ могут быть простыми и сложными, открытыми и замкнутыми, плоскими и пространственными.

В *простой* КЦ каждое из ее звеньев входит в состав одной или двух КП, а в *сложной* КЦ имеются звенья, входящие в состав трех и более КП.

В *открытой* КЦ имеются звенья, входящие в состав одной КП, а в замкнутой цепи каждое звено входит в состав двух и более КП (рис. 6).



*а* *б* *в*

Рис. 6. Классификация КЦ:
*а* – простая открытая; *б* – простая замкнутая; *в* – сложная открытая

Если точки всех звеньев двигаются в одной или параллельных плоскостях, то КЦ называется *плоской*, в противном случае КЦ –

*пространственная* (точки звеньев описывают плоские кривые в непараллельных плоскостях или пространственные кривые).

### 3.3. Понятие о степени подвижности механизма

Если в пространственной КЦ, состоящей из $n$ подвижных звеньев, имеются КП 1, 2,… 5 класса, число которых, соответственно, $p1$, $p2$,… $p5$, то КЦ имеет число степеней свободы, определяемое формулой А.П. Малышева:

$$W = 6n - 5p5 - 4p4 - 3p3 - 2p2 - p1. \qquad (3.2)$$

Так как любой механизм имеет одно неподвижное звено (стойку) и $n$ подвижных звеньев, то формула (3.2) может использоваться для определения $W$ пространственного механизма, где $n$ – число подвижных звеньев, а $W$ – степень подвижности механизма, показывающая, сколько нужно иметь ведущих звеньев (двигателей) для получения определенного движения остальных его звеньев.

Для плоского механизма степень подвижности определяется по формуле Чебышева:

$$W = 3n - 2p5 - p4, \qquad (3.3)$$

причём КП 5 класса существуют в виде поступательных, вращательных и винтовых пар.

Например, кривошипно-ползунный плоский механизм (рис. 7), в котором $n = 3$; $p5 = 4$; $p4 = 0$, имеет степень подвижности

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1.$$

При определении $W$ необходимо учитывать возможность наличия так называемых *пассивных* звеньев, т.е. звеньев, которые могут быть исключены без формального ущерба для кинематики анализируемого механизма (рис. 8).

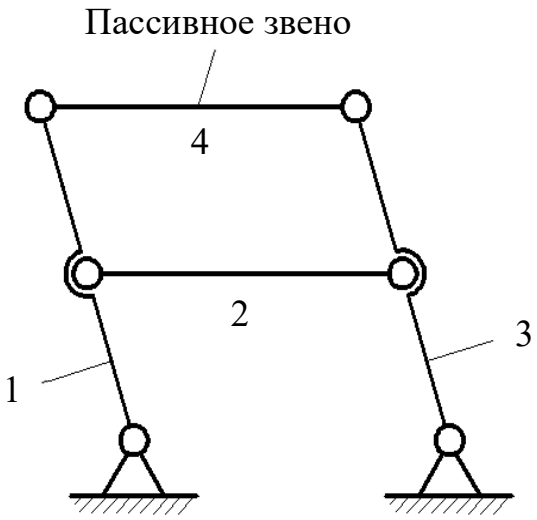
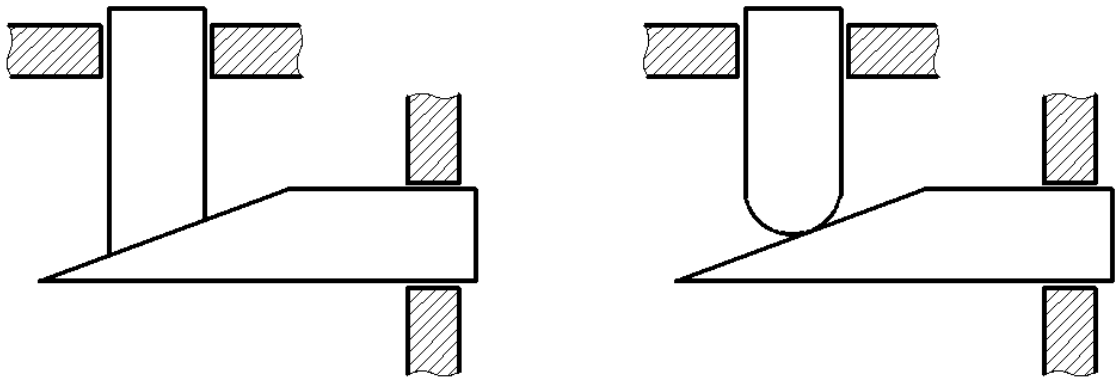



Рис. 8. Механизм с пассивным звеном

Кроме того, необходимо учитывать возможность наличия избыточных связей, которые не реализуются в реальном механизме, а их число $q$ определяется разностью между числом связей в КП действительного и формально возможного механизмов.

На рис. 9, *а* показан действительный механизм, а на рис. 9, *б* – формально возможный механизм, имеющий функциональное назначение, аналогичное действительному механизму, но все связи в котором, в отличие от действительного механизма, реализованы.



*а* *б*

Рис. 9. Примеры механизмов:
*а* – действительный механизм; *б* – формально возможный механизм

Степень подвижности действительного механизма с учётом избыточных связей равна

$$W = 3n - 2p5 - p4 + q. \tag{3.4}$$

В общем случае пространственного механизма

$$W = 6n - ipi + q, \tag{3.5}$$

где $i$ от 1 до 5.

### 3.4. Структурный анализ механизмов

Основной принцип образования рычажных механизмов был сформулирован в 1914 г. профессором Л. В. Ассуром и заключается в следующем.

Схема любого механизма может быть составлена последовательным присоединением к входным (начальным) звеньям и стойке КЦ с нулевой степенью подвижности. Такие КЦ называются структурными группами Ассура. Примеры различных групп Ассура показаны на рис. 10.

Начальное звено со стойкой образует простейший механизм 1-ого класса (рис. 11).

Путем присоединения к таким механизмам различных групп Ассура можно получить механизм любой сложности.

Группы Ассура классифицируются по числу КП, которыми они присоединяются к основному механизму. Это число определяет *порядок* группы. Кроме того, группа Ассура имеет *класс*, определяемый числом КП, образующих наиболее сложный замкнутый контур.

Состав и последовательность присоединения групп Ассура в механизме можно выразить его формулой строения. Механизм в целом классифицируется по группе наивысшего класса. Для показанного на рис. 12 механизма формула строения выглядит следующим образом:

$$1(1,6) \rightarrow 2(2,3) \rightarrow 2(4,5), \qquad (3.6)$$

и означает, что механизм 1 класса, состоящий из звена 1 и стойки 6, взаимодействует с группой 2 класса из звеньев 2 и 3, которая, в свою очередь, взаимодействует с группой 2 класса из звеньев 4 и 5.

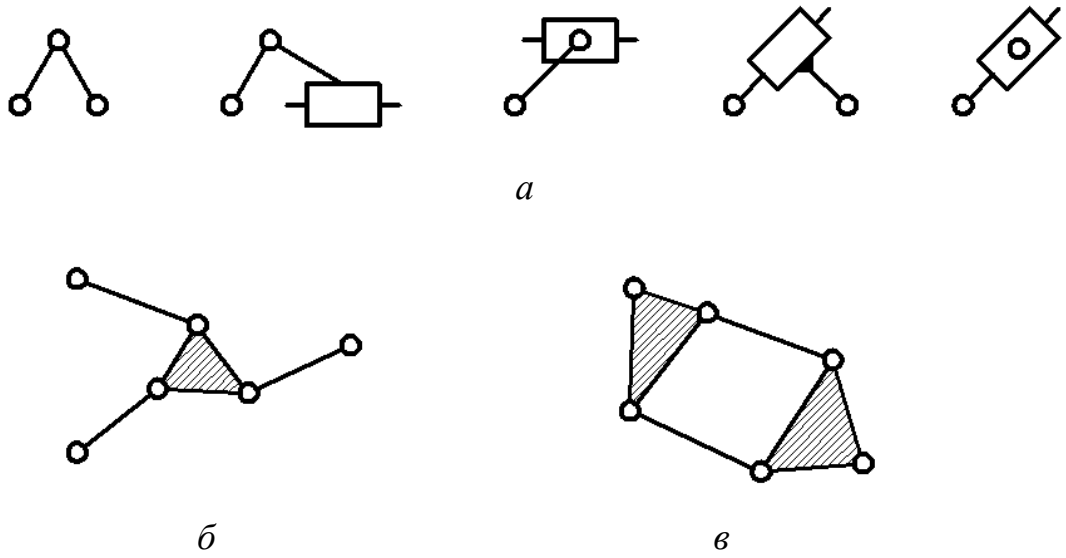



Рис. 10. Примеры групп Ассура:
*а* – двухповодковая группа 2 класса, 2 порядка, $W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$;
*б* – трёхповодковая группа 3 класса, 3 порядка, $W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 0 = 0$;
*в* – группа 4 класса, 2 порядка, $W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 6 - 0 = 0$

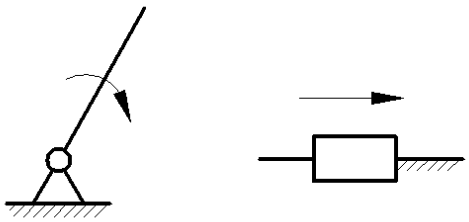


Рис. 11. Простейшие механизмы 1 класса

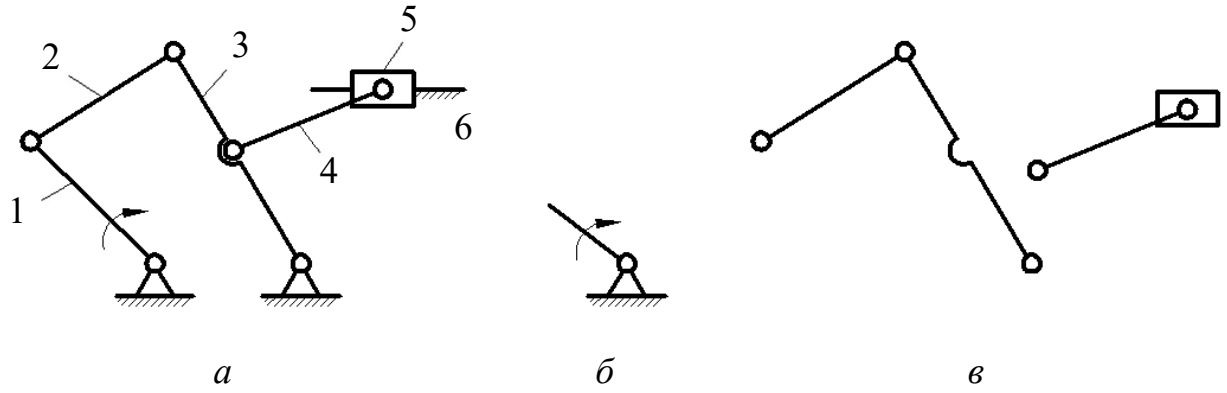



Рис. 12. Классификация механизма по группам Ассура:
*а* – схема полного механизма; *б* – механизм 1 класса;
*в* – группы Ассура 2 класса, 2 порядка

### 3.5. Виды механизмов и их структурные схемы

Среди всего многообразия конструкций механизмов различают: стержневые (рычажные), кулачковые, фрикционные, зубчатые механизмы, механизмы с гибкими звеньями (например, ременные передачи) и другие виды.

Менее распространенные классификации подразумевают наличие механизмов с низшими или высшими парами в плоском или пространственном исполнении и т. д.

Учитывая возможность условного превращения практически любого механизма с высшими парами в рычажный, в дальнейшем наиболее подробно рассматривается именно эти механизмы, а структурные схемы других механизмов изложены в соответствующих разделах.

Среди рычажных механизмов наиболее распространены так называемые четырехзвенные, примеры которых представлены на рис.13.

В этих механизмах встречаются однотипные звенья: *кривошип* 1 –звено, совершающее полноповоротное вращательное движение вокруг неподвижной оси; *коромысло* 3 (рис. 13, *б*) – звено, совершающее неполноповоротное вращательное движение вокруг неподвижной оси; *ползун* 3 (рис. 13, *а*) – звено, совершающее поступательное движение относительно стойки; *камень* 2 –

звено, совершающее поступательное движение относительно подвижной направляющей, называемой *кулисой* 3 (рис. 13, *в*, *г*); *шатун* 2 (рис. 13, *а*, *б*) – звено, совершающее плоскопараллельное движение.

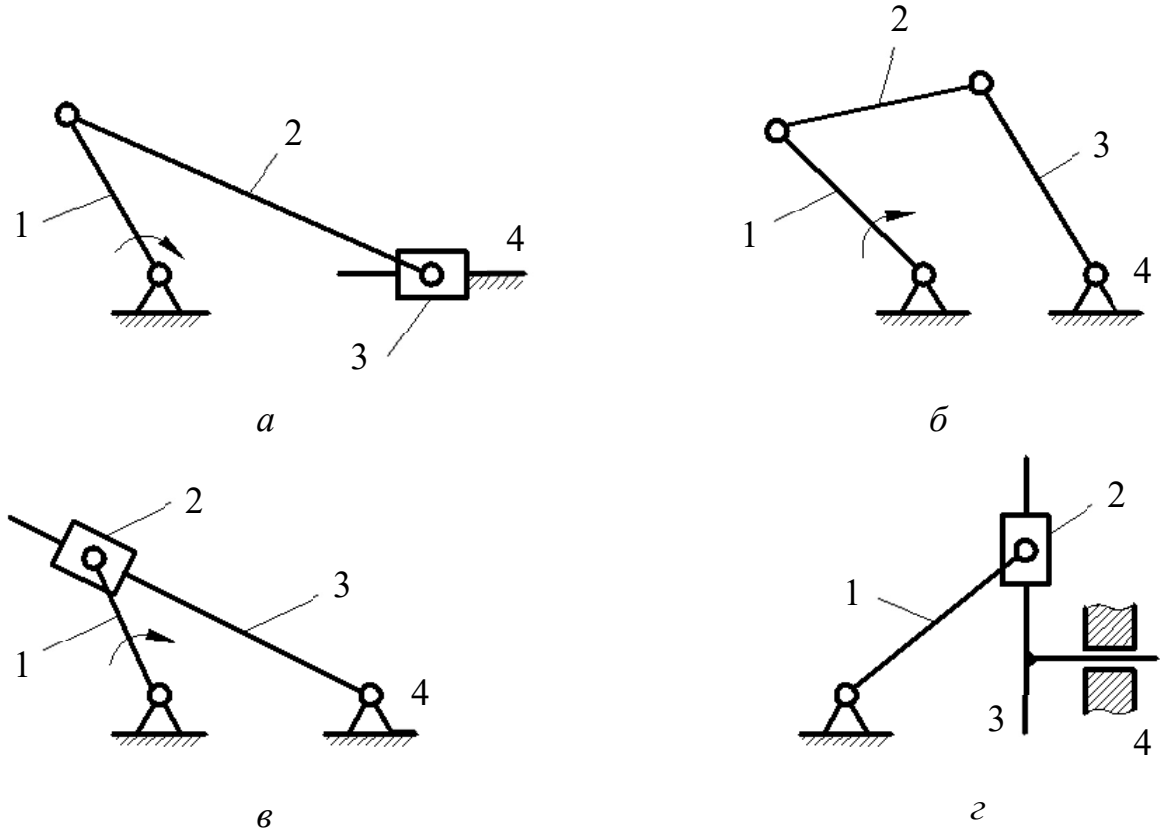



Рис. 13. Виды четырехзвенных рычажных механизмов:
*а* – кривошипно-ползунный механизм; *б* – четырехшарнирный механизм;
*в* – кулисный механизм; *г* – синусный механизм

# 4. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

## 4.1. Построение планов положения механизма

Кинематический анализ механизмов включает вопросы изучения звеньев с геометрической точки зрения, т. е. без учета действующих сил. Для этого используются графические, аналитические и экспериментальные методы исследования.

Одним из наглядных методов является графоаналитический, который включает:

а) построение планов положения механизма; б) определение скоростей и ускорений характерных точек или звеньев механизма.

При графических построениях на чертеже изображаются длины звеньев, скорости, ускорения и другие величины в определенном масштабе, характеризуемом масштабным коэффициентом μ:

$$\mu = \frac{\text{значение параметра}}{\text{длина отрезка}}. \qquad (4.1)$$

Например, вектор ***ра*** длиной 10 мм изображает скорость $v$ = 20 м/с. Тогда

$$\mu = \frac{20}{10} = 2\,\text{м}\cdot\text{с}^{-1}/\,\text{мм}.$$

Графическое изображение взаимного расположения звеньев механизма, соответствующее заданному моменту времени, называется *планом положений* или *планом механизма*.

Планы положения строятся в определенном масштабе методом засечек в соответствии с формулой строения механизма. Линейные размеры всех звеньев должны быть заданы (рис. 14).

После построения нескольких совмещенных планов механизма при необходимости можно определить графически траектории характерных точек звеньев, имеющих сложное движение, например, центра тяжести *S* шатуна АВ.

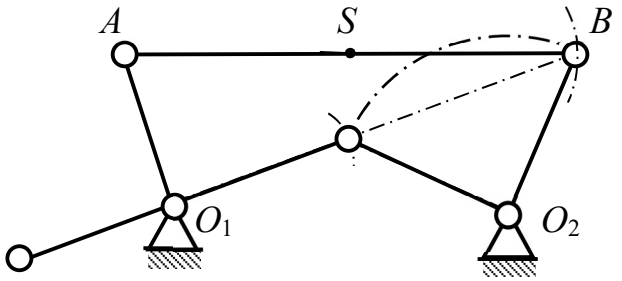



Рис. 14. План положений (план механизма)

### 4.2. Определение скоростей и ускорений механизма методом планов

Метод планов является одним из самых наглядных. Определению подлежат линейные скорости и ускорения точек и угловые скорости и угловые ускорения звеньев. При этом предварительно составляются векторные уравнения для скоростей и ускорений точек звеньев, совершающих сложное движение.

Пусть звено совершает плоскопараллельное движение, состоящее из переносного, т. е. поступательного со скоростью полюса и относительного вращательного вокруг полюса (рис. 15).

Принимая за полюс т. *A*, получим векторное уравнение скоростей точек:

$$\overline{v}_B = \overline{v}_A + \overline{v}_{BA}, \tag{4.2}$$

где $\overline{v}_B$ – скорость точки *B*; $\overline{v}_A$ – скорость точки *A*; $\overline{v}_{BA}$ – скорость точки *B* относительно точки *A*.

Относительная скорость по модулю равна

$$v_{BA} = \omega l_{AB}, \tag{4.3}$$

где ω – угловая скорость звена; $l_{AB}$ – длина звена (длина отрезка *AB*).

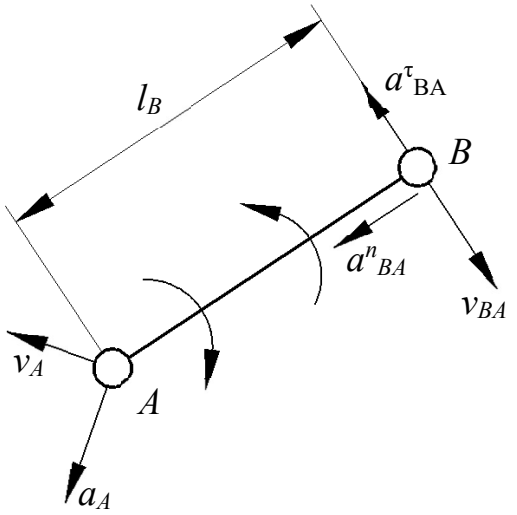



Рис. 15. Векторы скоростей и ускорений для механизма (пример 1)

Векторное уравнение ускорений точек выглядит следующим образом:

$$\overline{a}_B = \overline{a}_A + \overline{a}_{BA}, \qquad (4.4)$$

где $\overline{a}_B$ – ускорение точки $B$; $\overline{a}_A$ – ускорение точки $A$; $\overline{a}_{BA}$ – ускорение точки $B$ относительно точки $A$.

Относительное ускорение равно

$$\overline{a}_{BA} = \overline{a}^{n}_{BA} + \overline{a}^{\tau}_{BA}, \qquad (4.5)$$

где $\overline{a}^{n}_{BA}, \overline{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения $\overline{a}_{BA}$ соответственно.

Нормальное и касательное составляющие по модулю равны

$$a^{n}_{BA} = \omega^2 l_{AB}; \qquad (4.6)$$

$$a^{\tau}_{BA} = \varepsilon l_{AB}, \qquad (4.7)$$

где ε – угловое ускорение звена.

Пусть звено 1 совершает сложное движение, состоящее из переносного вращательного вместе со звеном 2 и относительного поступательного вдоль звена 2 (рис. 16). Точку на звене 1 обозначим $B_1$, а точку на звене 2, лежащую под точкой $B_1$, обозначим $B_2$. Тогда для скорости $\overline{v}_{B1}$ справедливо векторное уравнение

$$\overline{v}_{B1} = \overline{v}_{B2} + \overline{v}_{B1B2}, \qquad (4.8)$$

где $\overline{v}_{B2}$ – окружная скорость точки $B_2$ (т. е. переносная скорость); $\overline{v}_{B1B2}$ – скорость точки $B_1$ относительно точки $B_2$.

Величина переносной скорости

$$v_{B2} = \omega l_{AB}. \qquad (4.9)$$

Векторное уравнение для ускорения точки $B_1$:

$$\overline{a}_{B1} = \overline{a}_{B2} + \overline{a}^{t}_{B1B2} + \overline{a}^{k}_{B1B2}, \qquad (4.10)$$

где $\overline{a}_{B2}$ – ускорение точки $B_2$; $\overline{a}^{t}_{B1B2}$ – ускорение точки $B_1$ относительно точки $B_2$; $\overline{a}^{k}_{B1B2}$ – ускорение Кориолиса, которое равно

$$a^{k}_{B1B2} = 2v_{B1B2}\omega \qquad (4.11)$$

и совпадает с направлением вектора $\overline{v}_{B1B2}$, повернутого на 90° в сторону переносного вращения.

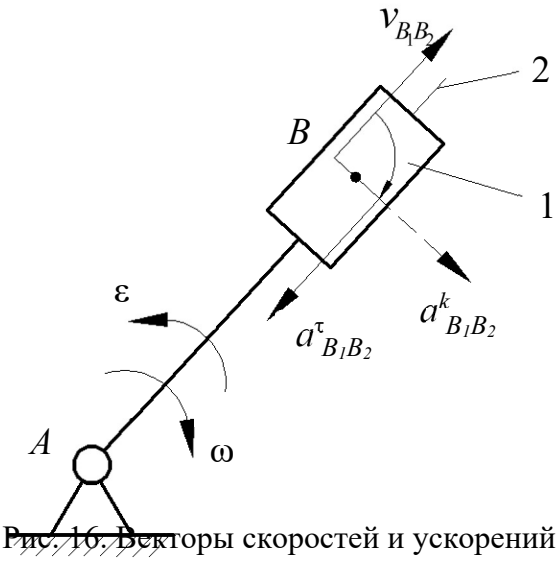



Рис. 16. Векторы скоростей и ускорений для механизма (пример 2)

Решение векторных уравнений осуществляется графически путем построения так называемых *планов скоростей и ускорений*, на которых абсолютные скорости и ускорения откладываются от одной точки, называемой полюсом, в определенном масштабе.

Пример расчета кривошипно-ползунного механизма рассмотрен на рис. 17, где план положений показан на рис. 17, *а*, план скоростей – на рис. 17, *б* и план ускорений – на рис. 17, *в*.

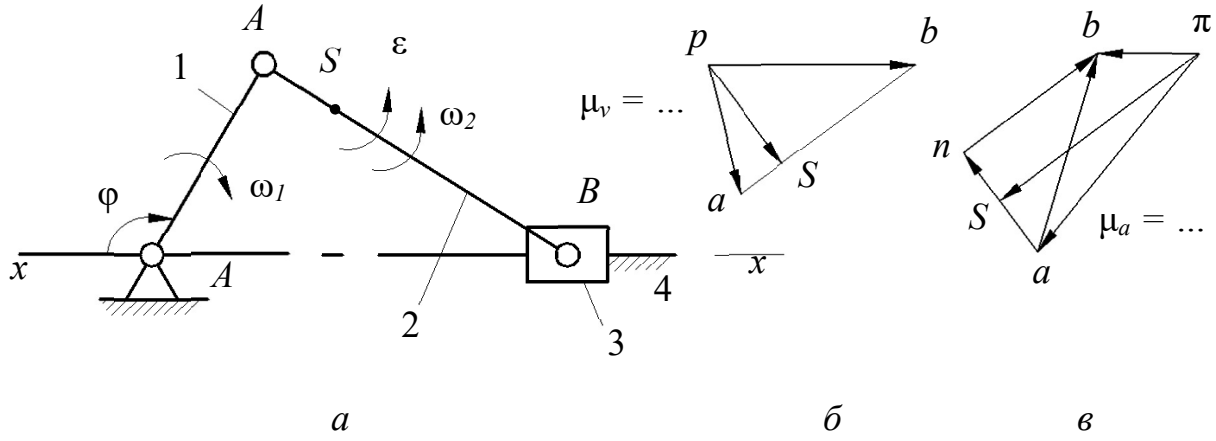



Рис. 17. Пример расчета кривошипно-ползунного механизма:
*а* – план положений; *б* – план скоростей; *в* – план ускорений

Векторное уравнение для скорости точки $B$ записывается в виде:

$$\overline{v}_B = \overline{v}_A + \overline{v}_{BA}, \tag{4.12}$$

где $v_A = \omega_1 l_{OA}; v_{BA} \perp AB; v_B \parallel x - x.$

План скоростей строится в масштабе

$$\mu_v = \frac{v_A}{pa}, \frac{\text{м}}{\text{с} \cdot \text{мм}}, \tag{4.13}$$

где $pa$ – отрезок произвольной длины.

На плане скоростей вектор $\overline{v}_B$ отображается отрезком $pb$, а вектор $\overline{v}_{BA}$ – отрезком $ab$, поэтому $pb \parallel x - x$; $ab \perp AB$.

Величины скоростей определяются по формулам:

$$\begin{aligned} v_{BA} &= \mu_v \cdot ab; \\ v_B &= \mu_v \cdot pb; \\ \omega_2 &= \frac{v_{BA}}{l_{AB}}. \end{aligned} \tag{4.14}$$

Векторное уравнение для ускорения точки $B$ при $\omega_1 = const$ записываются в виде:

$$\overline{a}_B = \overline{a}_A + \overline{a}^n_{BA} + \overline{a}^\tau_{BA}, \tag{4.15}$$

где $a_A = \omega_1^2 l_{OA}; a^n_{BA} = \omega_2^2 AB; a_A \parallel AB; a^\tau_{BA} \perp AB; a_B \parallel x - x.$

Все ускорения представлены на рис. 17 в выбранном масштабе $\mu_a$, равном

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi a}, \frac{\text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{мм}}, \tag{4.16}$$

где $\pi a$ – отрезок произвольной длины.

При определении скоростей и ускорений промежуточных точек звеньев, например, точки $S$, можно использовать так называемую теорему подобия, согласно которой точки на плане положений звеньев и соответственные точки на планах скоростей и ускорений образуют подобные фигуры или пропорциональные отрезки. Рассмотрим доказательство данной теоремы.

На рис. 18 показано звено $ABC$ и планы скоростей и ускорений для точек этого звена:

– отрезок *ca* на плане скоростей соответствует $v_{CA} \perp CA$;

– отрезок *ab* на плане скоростей соответствует $v_{AB} \perp AB$;

– отрезок *bc* на плане скоростей соответствует $v_{BC} \perp BC$;

т. е. треугольник *abc* подобен треугольнику *ABC*.

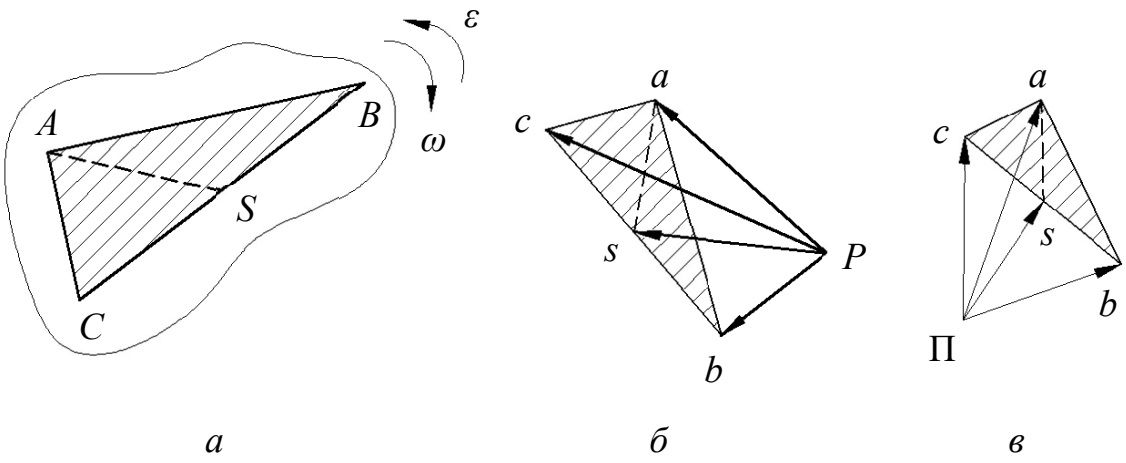



Рис. 18. Теорема подобия

Ускорения относительного (вращательного) движения равны:

$$\begin{aligned} a_{CA} &= l_{CA}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}; \\ a_{AB} &= l_{AB}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}; \\ a_{BC} &= l_{BC}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}, \end{aligned} \qquad (4.17)$$

т. е. $a_{CA}/l_{CA} = a_{AB}/l_{AB} = a_{BC}/l_{BC}$, или $ca/CA = ab/AB = bc/BC$.

Следовательно, $\triangle abc \sim \triangle ABC$.

Аналогично выполняется построение фигур для любой промежуточной точки, например, точки S (рис. 18, *а*, *б*).

### 4.3. Исследование рычажных механизмов методом кинематических диаграмм

*Кинематической диаграммой* называется графическая зависимость какого-либо параметра движения звена от времени или от перемещения входного звена, представленные в определенной системе координат.

Если известна одна кинематическая диаграмма, то можно получить остальные зависимости путем графического дифференцирования или интегрирования.

На рис. 19, *а*, *б* показана последовательность построения кинематической диаграммы перемещения ползуна кривошипно-ползунного механизма от угла поворота кривошипа $S(\varphi)$ и от времени $S(t)$, а также элементы графического дифференцирования с получением диаграммы скоростей $v(t)$ методом хорд.

Если диаграмма $v(t)$ первична, то процесс, обратный интегрированию, обеспечит получение диаграммы $S(t)$ и называется *графическим интегрированием*.

Следует отметить, что графические методы часто приводят к искажениям результатов из-за неточности графических построений, поэтому необходимо контролировать расположение характерных точек, соответствующих экстремумам на диаграммах.

### 4.4. Кинематическое исследование рычажных механизмов аналитическим методом

Аналитические методы исследования позволяют проводить анализ с заданной степенью точности. Кроме того, создание математических моделей механизмов позволяет решать задачи их оптимального синтеза при использовании ЭВМ.

Рассмотрим пример кинематического исследования синусного механизма (механизм двойного ползуна), где кривошип 1 вращается с угловой скоростью ω и угловым ускорением ε (рис. 20).

Тогда скорость и ускорение точки $A$ равны:

$$\begin{aligned} v_A &= \omega l_{OA}; \\ a_A &= l_{OA}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \end{aligned} \qquad (4.18)$$

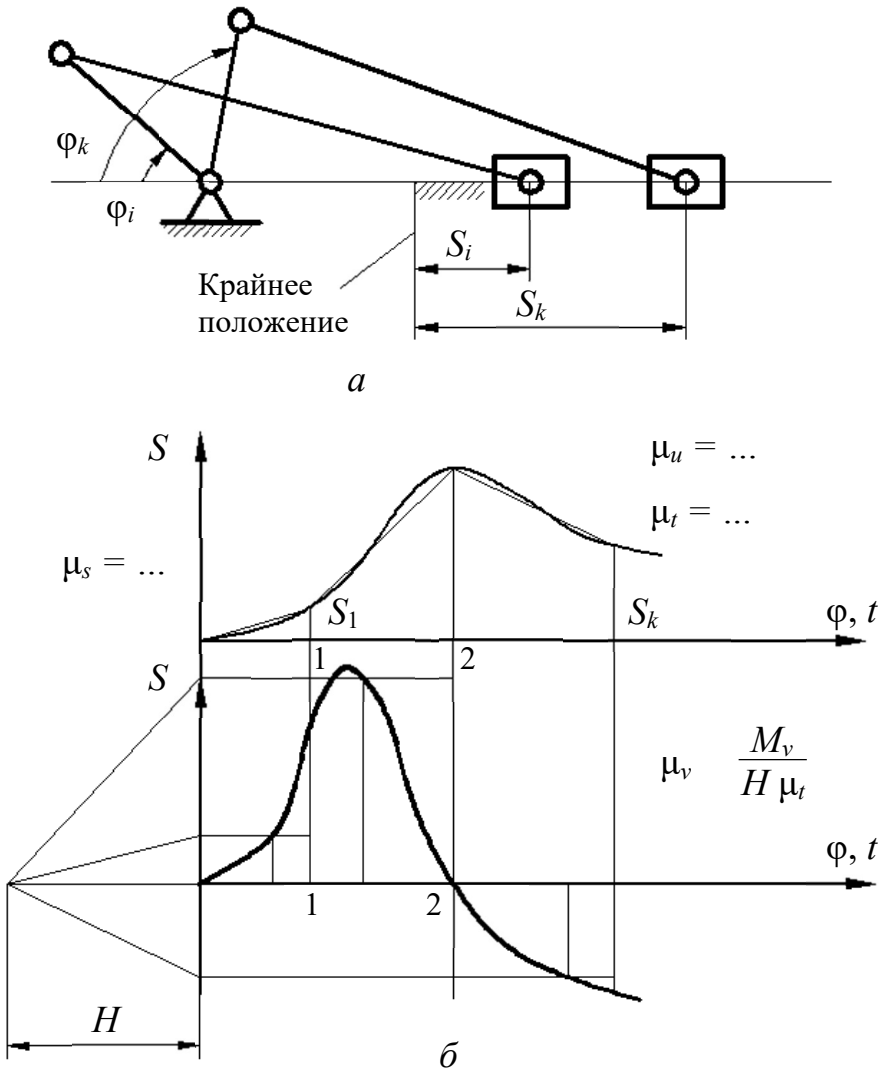



Рис. 19. Последовательность построения кинематической диаграммы перемещения ползуна кривошипно-ползунного механизма:
*а* – план механизма; *б* – кинематическая диаграмма перемещения ползуна

Рассмотрим пример кинематического исследования синусного механизма (механизм двойного ползуна), где кривошип 1 вращается с угловой скоростью ω и угловым ускорением ε (рис. 20).

Тогда скорость и ускорение точки *A* равны:

$$v_A = \omega l_{OA};$$
$$a_A = l_{OA}\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \qquad (4.18)$$

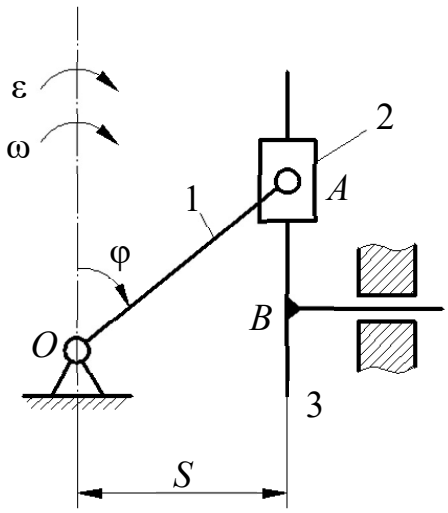


Рис. 20. Синусный механизм

Все точки звеньев 1 и 2 описывают окружности, а точки звена 3 движутся поступательно, причём их перемещения, скорости и ускорения равны:

$$S_B = l_{OA} \sin \varphi = l_{OA} \sin \omega t; \qquad (4.19)$$

$$v_B = \frac{dS_B}{dt} = \frac{dS_B}{dt} \cdot \frac{d\varphi}{d\varphi} = l_{OA} \omega \cos \varphi; \qquad (4.20)$$

$$a_B = \frac{d^2 S_B}{dt^2} = l_{OA} (\varepsilon \cos \varphi - \omega^2 \sin \varphi). \qquad (4.21)$$

В случае равномерного вращения кривошипа при $\varepsilon = 0$

$$a_B = -l_{OA} \omega^2 \sin \varphi. \qquad (4.22)$$

При исследовании многих механизмов получаются достаточно громоздкие формулы, что не является препятствием при использовании ЭВМ.

В исследовании пространственных механизмов используются элементы векторной алгебры и векторного анализа. Положения, скорости и ускорения точек механизма выражаются в векторной форме, при необходимости вычисляются проекции на оси и плоскости. Примеры таких исследований изложены в учебной литературе.

# 5. ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

## 5.1. Классификация действующих сил

Среди сил, действующих на механизм, различают:

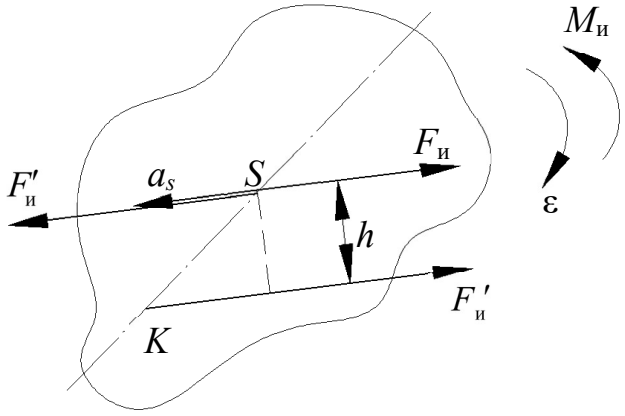
а) движущие силы $F_д$ или моменты $M_д$, ускоряющие движение входных (начальных) звеньев и совершающие положительную работу (например, силы давления газа на поршень в двигателе внутреннего сгорания, силы веса при опускании груза и т. д.);

б) силы сопротивления $F_с$ или моменты $M_с$, замедляющие движение входных звеньев и совершающие отрицательную работу. Они могут быть силами полезного сопротивления, дающими производственный эффект, и силами вредного сопротивления, не дающими такого эффекта (к первому типу относятся, например, силы тяжести при подъеме груза, а ко второму типу – силы трения);

в) силы реакции в кинематических парах $F_{ij}$, возникающие в опорах звеньев и являющиеся внутренними силами для механизма в целом и внешними для каждого отдельного звена;

г) силы инерции $F_и$ или моменты сил инерции $M_и$, возникающие при неравномерном движении звеньев механизма и могут быть как движущими, так и силами сопротивления (в зависимости от их направления относительно направления движения звеньев).

Фактически силы инерции действуют на тело, вызывающее ускорение другого тела. Однако условное приложения сил инерции к ускоряемому телу позволяет рассматривать его в равновесии. Этот способ называется **принципом Даламбера** и позволяет задачу динамики свести к статическому расчету.




Силы инерции относятся к категории распределенных по объёму или так называемых массовых сил, которые, как и другие аналогичные силы, могут быть приведены к главному вектору и главному моменту (рис. 21).

Рис. 21. Пояснение принципа Даламбера

На рис. 21 сила и момент сил инерции равны:

$$\begin{aligned} F_и &= -m\,a_s; \\ M_и &= -J_s\,\varepsilon, \end{aligned} \qquad (5.1)$$

где $m$, $J_S$ – масса и момент инерции звена относительно оси, проходящей через центр масс; $a_S$ – ускорение центра масс; ε – угловое ускорение звена; знаки минус показывают, что направления $F_и$ и $M_и$ противоположны соответствующим ускорениям.

Сила $F_и$ и момент $M_и$, могут быть заменены одной силой $F'_и = F_и$, линия действия которой проходит через так называемый центр качаний (точка $K$ на рис. 21) на оси звена и отстоит от линии действия $F_и$ на расстоянии $h = \dfrac{M_и}{F_и}$ при замене $M_и$ парой сил: $M_и = F'_и h$.

### 5.2. Приведение сил и масс в механизме

Для исследования закона движения механизма его удобно заменить одним условным звеном – звеном приведения, имеющим закон движения аналогичного звена реального механизма.

Для этого все внешние силы, действующие на звенья, заменяются одной

приведенной силой $F_{\text{пр}}$, мощность $P_{\text{пр}}$ которой равна сумме мощностей заменяемых сил $F_i$:

$$P_{\text{пр}} = \Sigma P_i = \Sigma F_i v_i \cos(F_i \hat{} v_i) = F_{\text{пр}} v \cos(F_{\text{пр}} \hat{} v),$$

(5.2)

или приведённым моментом $M_{\Sigma}^{\text{пр}}$, мощность $P_{\Sigma}^{\text{пр}}$ которого равна сумме мощностей заменяемых моментов сил $M_i$:

$$P_{\text{пр}} = \Sigma P_i = \Sigma M_i \omega_i = M_{\text{пр}} \omega. \qquad (5.3)$$

В формулах (5.2), (5.3) $v_i$ – скорость точки приложения $i$-ой силы; $v$ – скорость точки приложения приведённой силы на звене приведения; $\omega_i$ – угловая скорость $i$-го звена; $\omega$ – угловая скорость звена приведения.

Приведённую силу или приведённый момент удобно записывать в виде суммы составляющих, например:

$$M_{\text{пр}} = \Sigma M_{Fi\ \text{пр}} + \Sigma M_{Mi\ \text{пр}}, \qquad (5.4)$$

где $\Sigma M_{Fi\ \text{пр}}, \Sigma M_{Mi\ \text{пр}}$ – составляющие приведённого момента, обусловленные действием сил и моментов соответственно.

В кривошипно-ползунном механизме (рис. 22):

$$M_{\text{пр}} = M_{F\text{пр}} + M_{G\text{пр}}, \qquad (5.5)$$

где

$$M_{F\text{пр}} = \frac{F v_B}{\omega_1} = F l_{OA} \frac{pb}{pa};$$
$$M_{M\text{пр}} = \frac{G v_S}{\omega_1} \cos(G \hat{} v_S) = G l_{OA} \frac{ps}{pa} \cos(G \hat{} v_S), \qquad (5.6)$$

где $pa$, $pb$, $ps$ –вектора, взятые с плана скоростей (рис.22).

Как видно из формул, величина $F_{\text{пр}}$ ($M_{\text{пр}}$) зависит лишь от соотношения скоростей, а не от их абсолютной величины, что позволяет для приведения сил использовать планы скоростей без учета их масштабов.

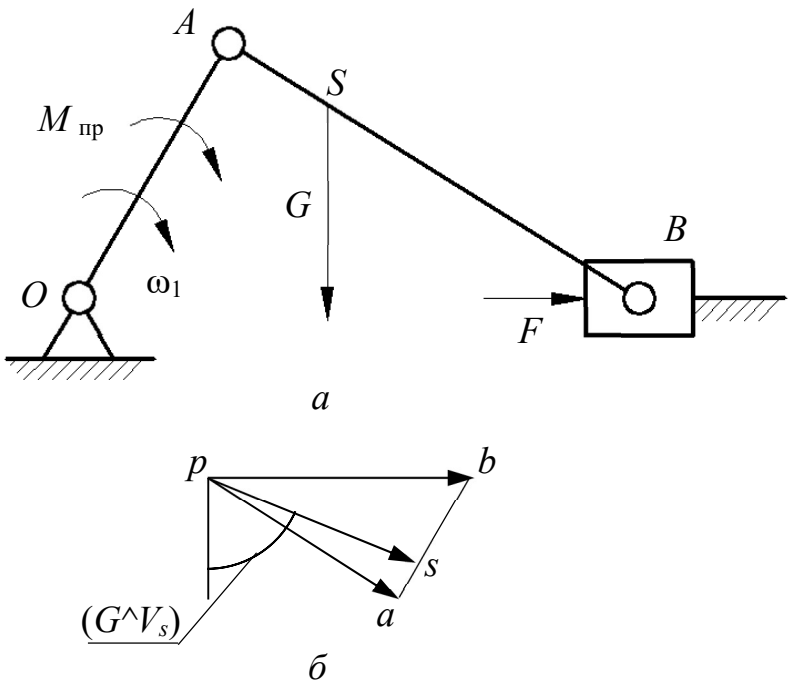



Рис. 22. Пример кривошипно-ползунного механизма:
*а* – схема; *б* – план скоростей

Каждое *i*-ое звено механизма обладает массой $m_i$ и моментом инерции $J_i$ относительно оси, проходящей через центр масс звена, при этом кинетическая энергия *i*-го звена плоского механизма равна:

$$E_i = \frac{m_i v_i^2}{2} + \frac{J_i \omega_i^2}{2}. \qquad (5.7)$$

Массы и моменты инерции всех звеньев механизма можно условно заменить некоторой массой $m_{\text{пр}}$, сосредоточенной в произвольно выбранной точке *A* звена приведения (рис. 23, *а*), или некоторым моментом инерции $J_{\text{пр}}$, приписанным звену приведения (рис. 23, *б*).

Замена должна производится из условия равенства кинетических энергий:

$$E_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пр}} v_A^2}{2} + \frac{J_{\text{пр}} \omega^2}{2}, \qquad (5.8)$$

где $E_{\text{пр}}$ – приведённая кинетическая энергия.

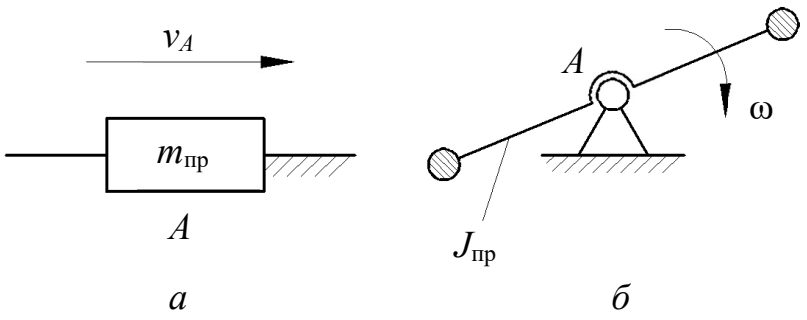



Рис. 23. Массы и моменты инерции звеньев приведения:
*а* – звено приведения – ползун; *б* – звено приведения - кривошип

Приведённые масса при поступательном движении звена приведения определяется по формуле

$$m_{пр} = \sum \left[ m_i \left( \frac{v_i}{v_A} \right)^2 + J_i \left( \frac{\omega_i}{v_A} \right)^2 \right], \tag{5.9}$$

а при вращательном движении звена приведения – по формуле

$$J_{пр} = \sum \left[ m_i \left( \frac{v_i}{\omega} \right)^2 + J_i \left( \frac{\omega_i}{\omega} \right)^2 \right]. \tag{5.10}$$

Приведённые масса и момент инерции являются функциями положения звена приведения, т.е. их величина может меняться при изменении положения звена в процессе его движения.

### 5.3. Уравнение движения машины

Работу машины можно разбить на три периода (рис. 24):

1) период пуска (разгона) $t_п$;

2) период установившегося движения $t_у$;

3) период остановки (выбега) $t_о$.

Аналитическая зависимость между действующими на звенья силами и кинематическими параметрами движения называется уравнением движения.

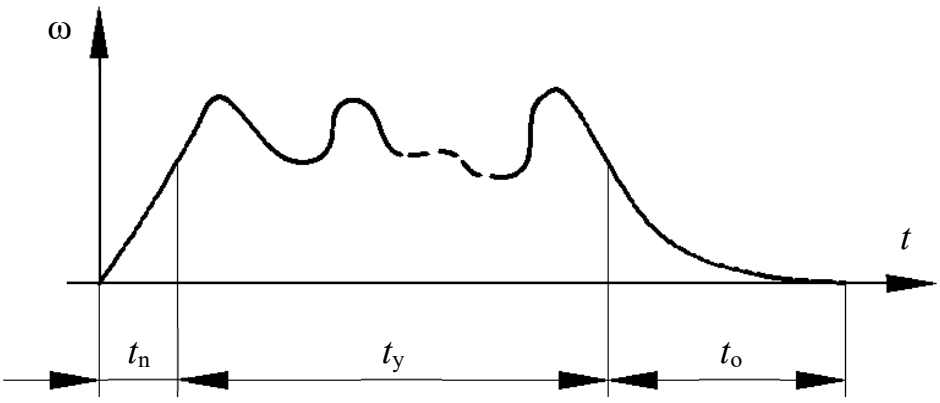



Рис. 24. Периоды работы машины

Это уравнение в общем случае имеет вид

$$\Delta E = E - E_0 = A_д - A_с, \qquad (5.11)$$

где $\Delta E$ – изменение кинетической энергии за рассматриваемый промежуток времени; $E$ и $E_0$ – величина кинетической энергии в конце и начале промежутка; $A_д$, $A_с$ – работа движущих сил и сил сопротивления.

В период пуска (разгона) $A_д > A_с$, т. е. происходит ускорение движения звеньев, движение является неустановившимся.

В период установившегося движения $A_д = A_с$, т. е. скорости звеньев в конечный и начальный моменты периода равны, и вся работа движущихся сил расходуется на преодоление сопротивлений.

В период остановки (выбега) $A_д < A_с$, движение продолжается некоторое время за счет накопленной кинетической энергии, поглощаемой силами сопротивления движению.

Уравнение движения может быть выражено в интегральной и дифференциальной форме, а для упрощения его решения исследование машины заменяют исследованием звена приведения, в котором изменение кинетической энергии равно

$$\Delta E_{пр} = A_д^{пр} - A_с^{пр}, \qquad (5.12)$$

где суммарная работа действующих на звено приведения сил может быть выражена:

а) в интегральной форме:

$$A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}} = \int F_{\text{пр}} ds \tag{5.13}$$

или

$$A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}} = \int M_{\text{пр}} d\varphi, \tag{5.14}$$

где $ds$ – элементарное перемещение точки приведения; $d\varphi$ – элементарный угол поворота звена приведения;

б) в дифференциальной форме:

$$d\Delta E_{\text{пр}} = d(A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}}) = F_{\text{пр}} ds \tag{5.15}$$

или

$$d\Delta E_{\text{пр}} = d(A_{\text{д}}^{\text{пр}} - A_{\text{с}}^{\text{пр}}) = M_{\text{пр}} d\varphi. \tag{5.16}$$

Таким образом, уравнение движения машины приводится к тому или иному конкретному виду и решается графическим и графоаналитическим методами, а учитываемые силы и моменты сил, приведенные массы и моменты инерции могут быть как постоянными, так и переменными величинами, зависящими от того или иного фактора.

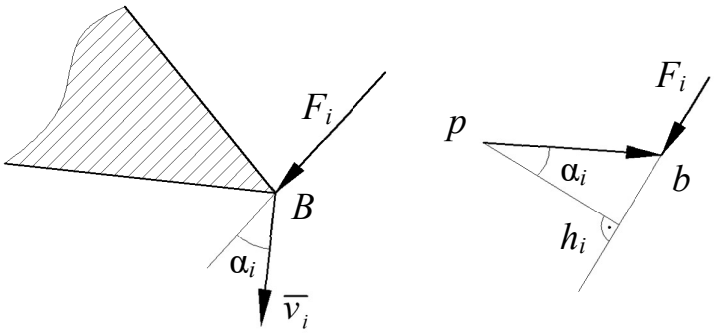
## 5.4. Понятие об уравновешивающей силе. Теорема Жуковского о жестком рычаге

Одним из способов определения приведенной силы $F_{\text{пр}}$ является способ, предложенный Н. Е. Жуковским. Уравнение, из которого может быть найдена $F_{\text{пр}}$, основано на равенстве мощностей (формула (5.2)).

Рассмотрим какое-либо звено механизма, в точке $B$ которого приложена сила $F_i$ под углом $\alpha_i$ к вектору скорости $v_i$ этой точки (рис.25, *а*).

Мощность силы $F_i$ равна

$$P_i = F_i v_i \cos\alpha_i. \tag{5.17}$$




*а* *б*

Рис. 25. Теорема Жуковского о жестком рычаге:
*а* – звено механизма; *б* – план скоростей

Если вектор скорости точки *B* (план скоростей) повернуть на 90° и силу $F_i$ приложить к концу вектора (к точке *b*), сохранив ее направление, то момент этой силы относительно полюса p будет равен (рис. 25, *б*)

$$M_i = F_i h_i = F_i v_i \cos\alpha_i = P_i, \tag{5.18}$$

т.е. равен мощности силы $F_i$. Таким образом, $F_i$ можно найти, повернув на 90° план скоростей и приложив к нему все внешние силы, включая силы инерции, в соответствующих точках и сохраняя их направления. Тогда из уравнения моментов такого рычага

$$F_{\text{пр}} h_{\text{пр}} = \Sigma F_i h_i \tag{5.19}$$

получим:

$$F_{\text{пр}} = \sum \frac{F_i h_i}{h_{\text{пр}}}, \tag{5.20}$$

где $h_i$ и $h_{\text{пр}}$ – кратчайшие расстояния от полюса плана скоростей до линий действия *i*-ой и приведенной сил.

Повернутый на 90° план скоростей с приложенными к нему силами называется жестким рычагом Жуковского.

Величина $F_{\text{пр}}$ или $M_{\text{пр}}$ зависит от положения механизма, поэтому можно построить диаграмму, например, $F_{\text{пр}}(\varphi)$, являющуюся функцией положения звена приведения. Для этого необходимо последовательно определить

значения $F_{пр}$ методом рычага Жуковского для целого ряда положений механизма в пределах цикла ($F_{1пр}$, $F_{2пр}$, …) и отложить их на диаграмме (рис. 26).

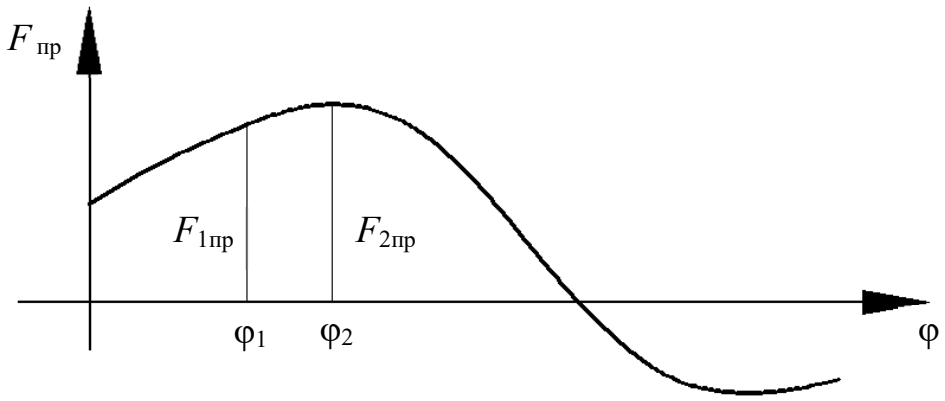



Рис. 26. Диаграмма приведенной силы

Приведенная сила $F_{пр}$ или момент $M_{пр}$ характеризуют реакцию механизма на движение его входного звена по определенному закону, задаваемому двигателем. Сила или момент, равные по величине приведенной силе или моменту, но противоположные им по направлению, называется уравновешивающей силой $F_у$ или уравновешивающим моментом $M_у$. Эти сила или момент развиваются двигателем и обеспечивают заданное движение входного звена.

Если к рычагу Жуковского приложить все внешние силы, включая силы инерции, а также $F_у$, то его можно рассматривать в равновесии, из условия которого

$$F_у h_у + \Sigma F_i h_i = 0 \qquad (5.21)$$

можно определить неизвестную $F_у$, а также найти мощность двигателя $P_{дв}$, требуемую для получения заданного движения входного звена в заданном положении:

$$P_{дв} = F_у v_A \cos(F_у \hat{} v_A) = M_у \omega. \qquad (5.22)$$

## 5.5. Графоаналитический метод решения уравнения движения машины

Данный метод позволяет не только наглядно иллюстрировать связь между динамическими и кинематическими параметрами движения, но и решать практические задачи синтеза, например, задачу уменьшения неравномерности вращения звеньев.

В качестве примера рассмотрим построение так называемой диаграммы энергомасс. Эта диаграмма строится на основе графиков $J_{\text{пр}}(\varphi)$ и

$$\Delta E_{\text{пр}}(\varphi) = E_{\text{пр}}(\varphi) - E_{0\text{пр}}, \tag{5.23}$$

где $E_{\text{пр}0}$ – энергия звена приведения в начале цикла.

График $\Delta E_{\text{пр}}(\varphi)$ может быть получен путем графического интегрирования графика $M_{\text{пр}}(\varphi)$.

На рис. 27 показана последовательность построения диаграммы энергомасс в координатах $\Delta E_{\text{пр}}(J_{\text{пр}})$, которая при установившемся движении является замкнутой кривой и строится на базе диаграмм $\Delta E_{\text{пр}}(\varphi)$ и $J_{\text{пр}}(\varphi)$ путем исключения параметра φ (угла поворота звена приведения).

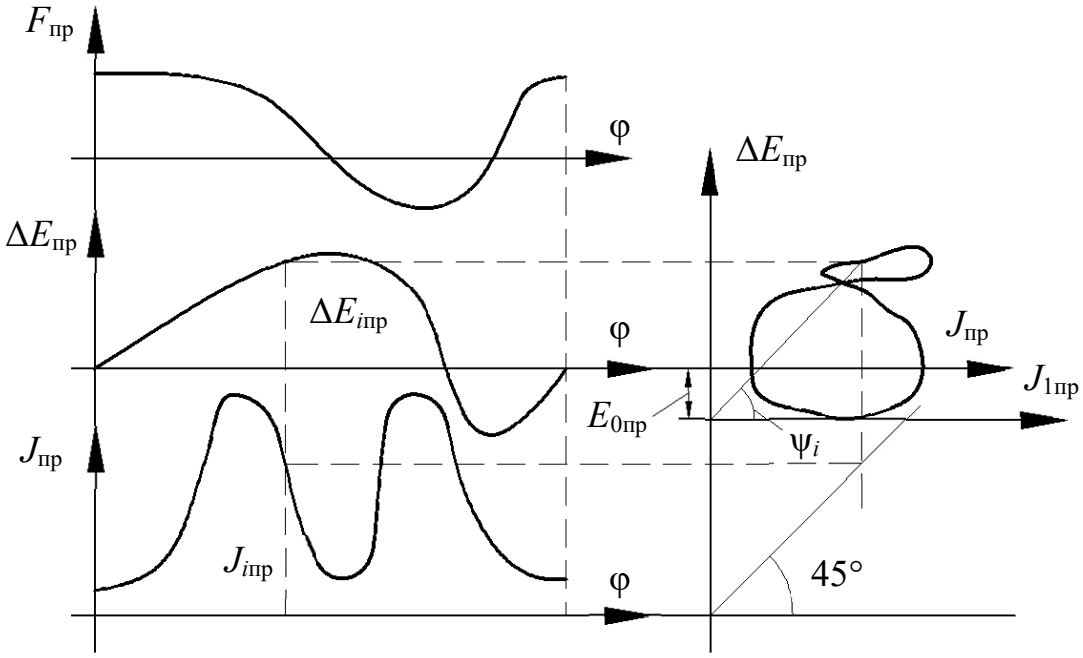



Рис. 27. Диаграмма энергомасс

Если известна угловая скорость вращения $\omega_0$ звена приведения в начале цикла, то можно определить начальную кинетическую энергию:

$$E_{0\text{пр}} = \frac{J_{0\text{пр}}\omega_0^2}{2}. \tag{5.24}$$

Тогда диаграмму энергомасс можно рассматривать в координатах $\Delta E_{\text{пр}}(J_{1\text{пр}})$, где ось $J_{1\text{пр}}$ отстоит от первоначальной оси $J_{\text{пр}}$ на величину $E_{0\text{пр}}$ (рис. 27).

Так как

$$E_{\text{пр}} = \frac{J_{\text{пр}}\omega^2}{2}, \tag{5.25}$$

то

$$\omega^2 = \frac{2E_{\text{пр}}}{J_{\text{пр}}} = 2\frac{\mu_E}{\mu_J}\operatorname{tg}\psi, \tag{5.26}$$

где $\mu_E$ и $\mu_J$ – масштабные коэффициенты, используемые для построения диаграмм.

Таким образом, диаграмма энергомасс позволяет при установившемся движении определить угловую скорость $\omega$ звена приведения в любой момент времени, т. е.

$$\begin{aligned} \omega &= \sqrt{2\frac{\mu_E}{\mu_J}\operatorname{tg}\psi}, \\ \operatorname{tg}\psi &= \frac{\mu_J\omega^2}{2\mu_E}. \end{aligned} \tag{5.27}$$

### 5.6. Неравномерное движение машин. Маховики

Одним из режимов движения машины при совершении полезной работы является режим равномерного или установившегося движения.

При равномерном движении угловая скорость $\omega$ вала двигателя постоянна, а при установившемся движении она периодически изменяется

(рис. 28), причём степень неравномерности можно оценить коэффициентом неравномерности δ:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_c}, \tag{5.28}$$

где $\omega_c$ – средняя угловая скорость за цикл:

$$\omega_c = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}. \tag{5.29}$$

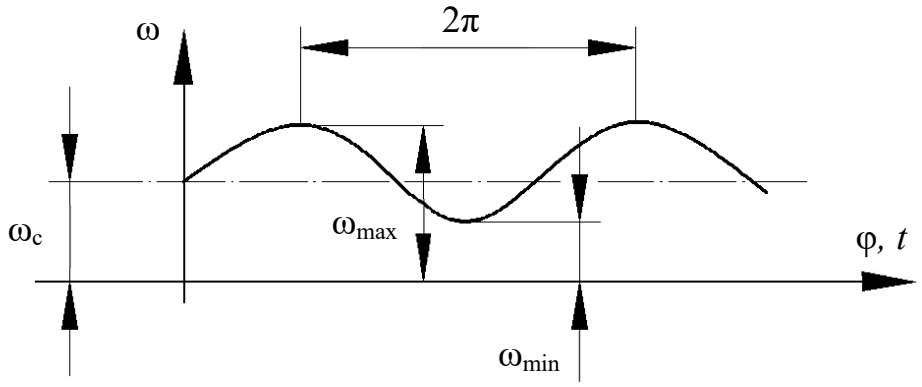



Рис. 28. Изменение угловой скорости ведущего звена

Неравномерность вредно сказывается на работе машин, т. к. вызывает дополнительные инерционные нагрузки, которые могут привести к поломке.

Практикой установлены значения δ, которые допустимы в различных условиях эксплуатации. Регулировать величину δ можно путем изменения величины момента инерции звена приведения, т. е. на быстро вращающийся вал закрепляется дополнительная масса, называемая маховиком.

При конструировании маховика стремятся к получению необходимого момента инерции маховика $J_м$ с наименьшим весом $G$ и заданным диаметром $D$. Для этой цели маховик изготавливается в виде тяжелого обода, соединенного со втулкой тонким диском с отверстием или спицами (рис. 29). Приближенно $J_м$ можно определить по формуле:

$$J_м = G\frac{D^2 + d^2}{8g}, \tag{5.30}$$

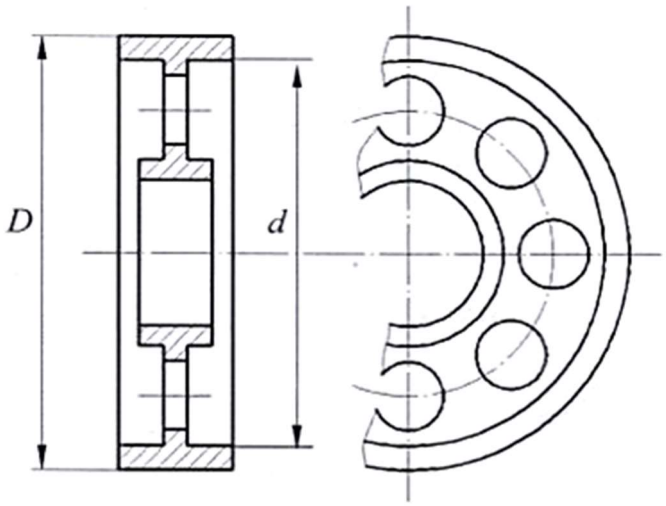


Рис. 29. Конструкция маховика

где $D$, $d$ – диаметры обода маховика; $g$ – ускорение свободного падения.

### 5.7. Подбор момента инерции $J_м$ маховика по заданному коэффициенту неравномерности δ

Обычно требуется определить параметры маховика при заданных значениях $\omega_c$ и δ. Существуют различные методы определения $J_м$, наиболее точным из которых является метод Ф. Виттенбауэра, в соответствии с которым предварительно строится диаграмма энергомасс $\Delta E_{пр}(J_{пр})$.

Согласно этой диаграмме (рис. 30):

$$\omega^2_{max(min)} = 2\frac{\mu_E}{\mu_J}\operatorname{tg}\psi_{max(min)};$$

$$\operatorname{tg}\psi_{max(min)} = \frac{\omega^2_{max(min)}\mu_J}{2\mu_E}. \qquad (5.31)$$

С другой стороны, из уравнений (5.28), (5.29):

$$\omega_{max(min)} = \omega_c\left(1 \pm \frac{\delta}{2}\right). \qquad (5.32)$$

Таким образом, найдя $\psi_{max}$, $\psi_{min}$ и проведя касательные к диаграмме энергомасс под этими углами к горизонтали (рис. 30), получим в точке их

пересечения начало новой системы координат с осями $E_{пр}$ и $J_{1пр}$, отстоящими от принятых ранее осей на искомую величину $J_м$ и $E_{0пр}$.

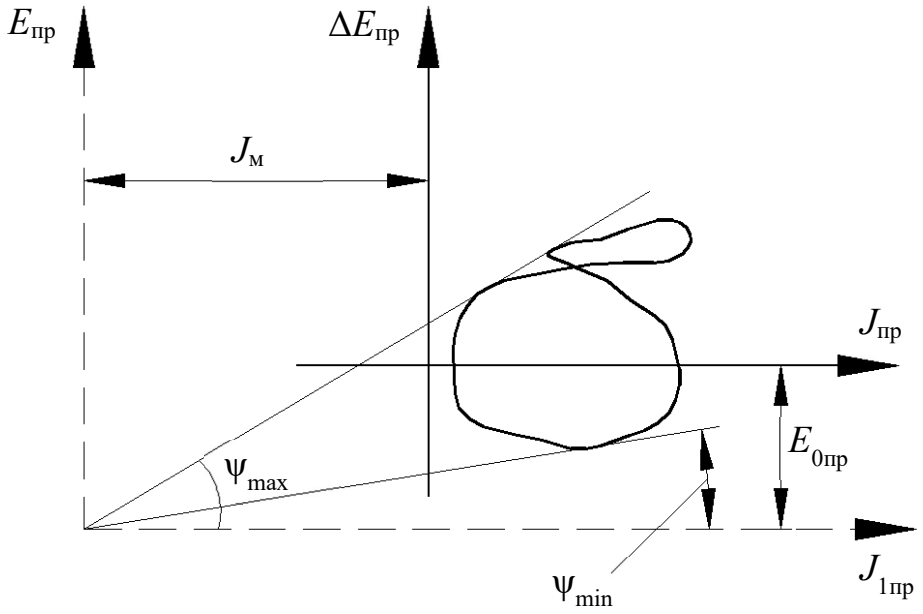



Рис. 30. Определение момента инерции маховика
по диаграмме Виттенбауэра

В целом последовательность определения $J_м$ включает следующие операции:

1) строится диаграмма $M_{пр}(\varphi)$ для установившегося движения;

2) строится диаграмма $\Delta E_{пр}(\varphi)$ путем графического интегрирования диаграммы $M_{пр}(\varphi)$;

3) строится график $J_{пр}(\varphi)$ и диаграмма энергомасс путем исключения параметра $\varphi$ из графиков $\Delta E_{пр}(\varphi)$ и $J_{пр}(\varphi)$;

4) определяются углы $\psi_{max}$, $\psi_{min}$, после чего находится $J_м$ в новых координатах $E_{пр}$ и $J_{1пр}$ диаграммы $E_{пр}(J_{1пр})$.

## 5.8. Регулирование непериодических колебаний скорости движения машин

В процессе выполнения работы приходится регулировать скорость рабочего органа машины. Например, в стационарных двигателях необходимо

поддерживать скорость рабочего органа постоянной, а в двигателях транспортных машин эта скорость должна изменяться в широких пределах.

Из уравнения движения машины следует, что изменения скорости рабочего органа можно достигнуть за счет изменения разности работ движущих сил и сил сопротивления ($A_д - A_с$). Устройства, обеспечивающие изменения работы сил сопротивления применяются в виде тормозов, например, в транспортных машинах, которые снабжаются также и приспособлениями для одновременного разобщения двигателя с исполнительным механизмом.

Другим способом регулирования является изменение работы движущих сил путем воздействия на орган, подающий энергию к входному звену (поршню у двигателя внутреннего сгорания, лопаткам турбины и т. д.).

Регулирование может осуществляться либо человеком-оператором, либо автоматически – с помощью устройств, называемых регуляторами.

Одним из них является центробежный регулятор (рис. 31), приводимый во вращение валом двигателя *B*. Ползун *A* соединяется с органом, подводящим рабочее тело (пар, топливо и т. д.). Регулятор за счёт изменения сил инерции $F_и$, действующих на шары *C*, автоматически поддерживает угловую скорость вала двигателя постоянной, т. к. ее увеличение приводит к уменьшению подачи рабочего тела и наоборот.

### 5.9. Силовой расчет рычажных механизмов

Зная активные силы, действующие на звенья механизма и силы инерции этих звеньев, можно произвести его кинетостатический расчет, т.е. определить реакции в кинематических парах и уравновешивающую силу (момент) на входном звене, причем эта сила (момент) является движущей при совпадении ее направления с направлением движения входного звена или силой

(моментом) сопротивления, если ее направление противоположно этому движению.

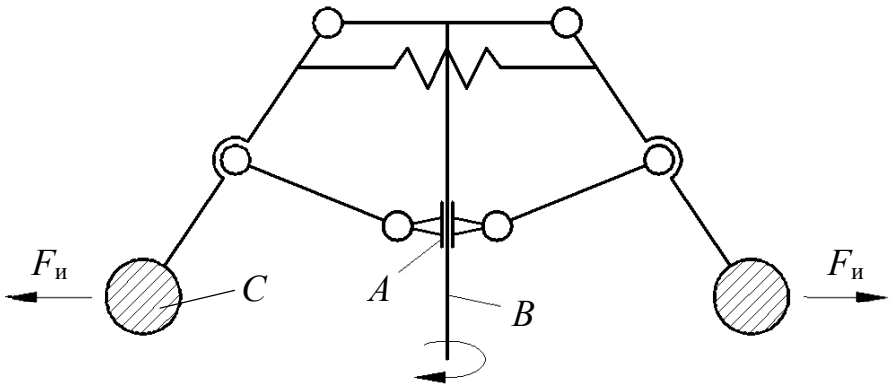



Рис. 31. Центробежный регулятор

При кинетостатическом расчете реакции в кинематических парах определяются путем статического расчета, который базируется на результатах кинематического анализа, включая ускорения, необходимые для определения сил (моментов) инерции.

При силовом расчете используется принцип Даламбера, позволяющий решение задачи динамики свести к статическому расчету (метод кинетостатики). Согласно этому принципу, приведение ускоренно движущейся системы в равновесие обеспечивается условным приложением к этой системе сил инерции. При этом неизвестные силы определяются из уравнений статики.

Силы взаимодействия между звеньями (реакции) можно считать направленными по нормали к контактирующим поверхностям, если расчет ведется без учета сил трения (рис. 32). Принято следующее обозначение реакций: $R_{12}$ – реакция со стороны звена 1 на звено 2; $R_{21}$ – реакция со стороны звена 2 на звено 1.

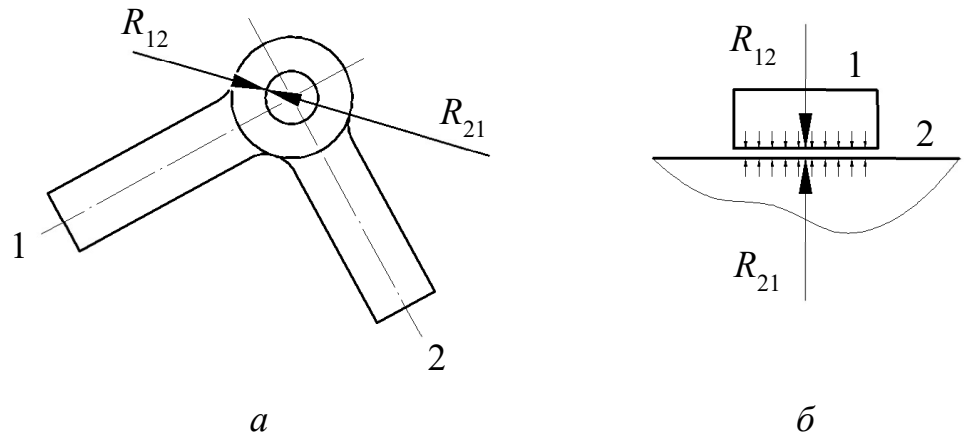



Рис. 32. Реакции в кинематических парах:
*а* – вращательной; *б* – поступательной

При графоаналитическом решении используется метод плана сил.

Механизм расчленяется на структурные группы Ассура и начальные звенья. Расчет ведется, начиная с последней структурной группы и заканчивается расчетом входного звена.

При расчете структурных групп к ним прикладываются все действующие силы, включая силы инерции и реакции отброшенных связей. Каждая из неизвестных реакций, при необходимости, может быть разложена на две составляющих по выбранным направлениям, например, вдоль оси звена (нормальная $R^n$) и перпендикулярно оси (тангенциальная $R^\tau$). При равенстве числа уравнений статики числу неизвестных реакций их можно определить аналитически и графически, построив многоугольник (план) сил. Неизвестные определятся из условия замкнутости векторной суммы сил.

Рассмотрим примеры.

Пример 1. Двухповодковая группа с вращательными парами (рис. 33).

Составляющая $R_{i1}^\tau$ определяется из уравнения моментов для звена 1 относительно точки $B$: $\Sigma M_{B1} = 0$ (рис.33, *а*).

Составляющая $R_{j2}^\tau$ определяется из уравнения моментов для звена 2 относительно точки $B$: $\Sigma M_{B2} = 0$ (рис.33, *а*).

При отрицательных значениях реакций необходимо изменить их направления на противоположные.

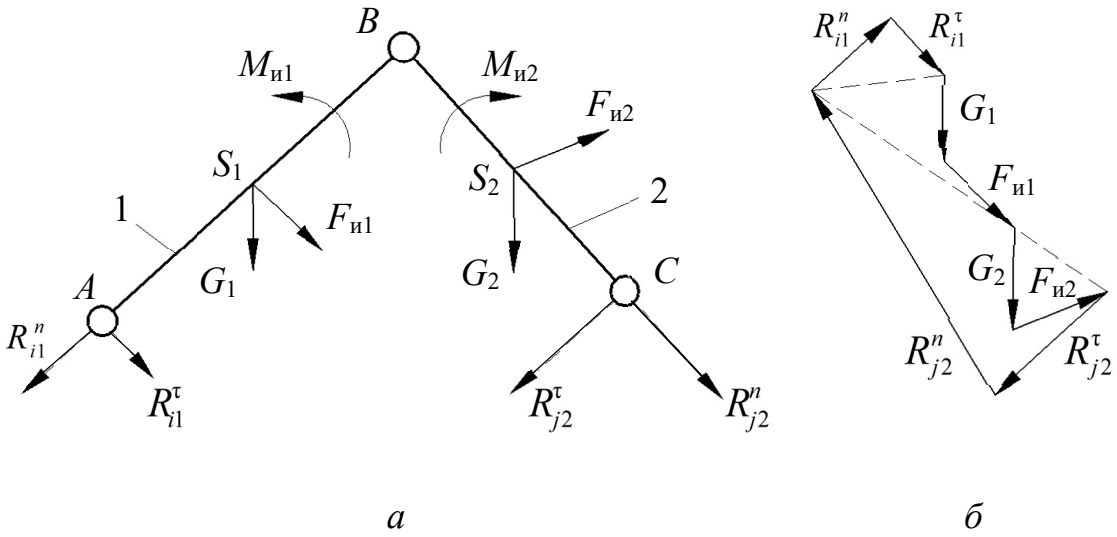



Рис. 33. Двухповодковая группа с вращательными парами:
*а* – план группы; *б* – план сил

Составляющие $R_{i1}^n, R_{j2}^n$ определяются из плана сил (рис. 33, *б*), полученного на основе векторного уравнения $\Sigma\overline{F}_k = 0$, где $\overline{F}_k$ – силы, действующие на структурную группу, включая найденные составляющие реакций.

Пример 2. Двухповодковая группа шатун-ползун (рис. 34).

Реакция $R_{j2}$ определяется из уравнения моментов $\Sigma M_A = 0$.

Реакция $R_{i1}$ определяется непосредственно из плана сил (рис. 34, *б*) на основе векторного уравнения $\Sigma\overline{F}_k = 0$. Вычислять для этого составляющую $R_{i1}^\tau$ нет необходимости.

Пример 3. Двухповодковая группа кулиса-камень (рис. 35) при $G_2 \approx 0$.

Реакция $R_{j2}$ определяется из уравнения моментов $\Sigma M_A = 0$.

Реакция $R_{i1}$ определяется непосредственно из плана сил (рис. 34, *б*) на основе векторного уравнения $\Sigma\overline{F}_k = 0$ по аналогии с примером 2.

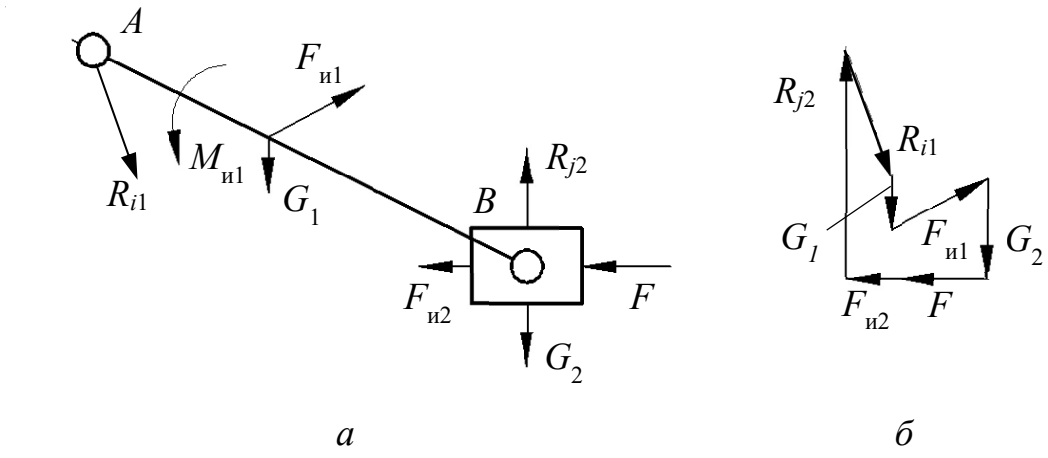



Рис. 34. Двухповодковая группа шатун-ползун:
*а* – план группы; *б* – план сил

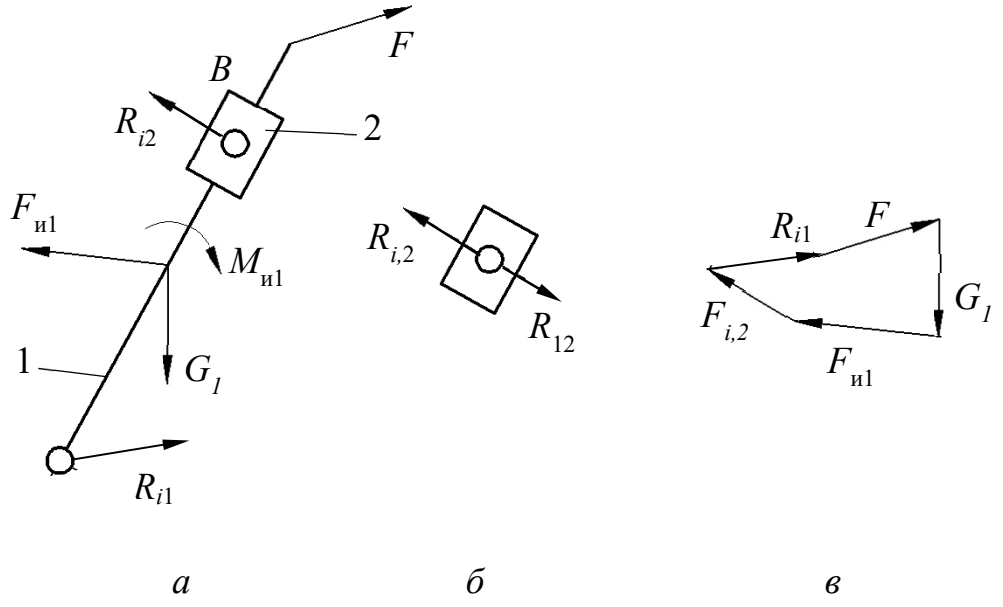
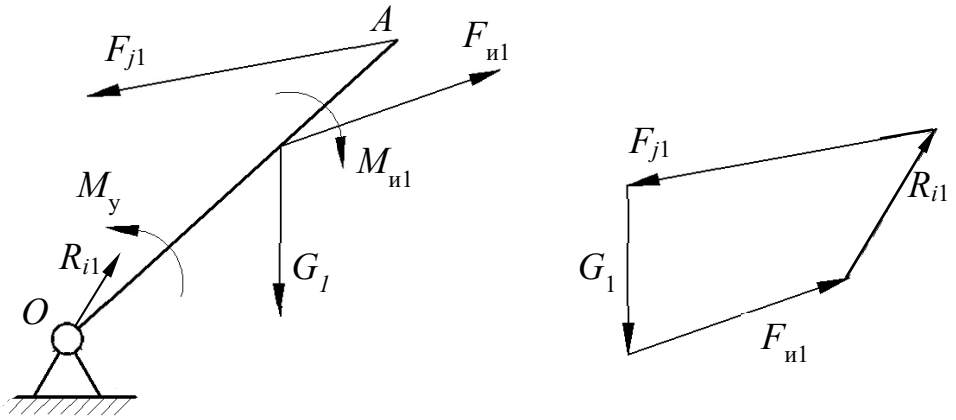



Рис. 35. Двухповодковая группа кулиса-камень:
*а* – план группы; *б* – силы на звене *B*; *в* – план сил

Особенность расчета данной группы Ассура состоит в возможности некоторого упрощения вычислений в случае, когда весом камня 2 можно пренебречь. Тогда реакция $R_{12}$ равна по модулю и противоположна реакции $R_{j2}$ (рис. 35, *б*).

4. Входное звено – кривошип (рис. 36).

Уравновешивающий момент $M_{\text{у}}$ определяется из уравнения моментов $\Sigma M_O = 0$.




*а* *б*

Рис. 36. Входное звено – кривошип:
*а* – план звена; *б* – план сил

Реакция $R_{i1}$ определяется непосредственно из плана сил (рис. 36, *б*) на основе векторного уравнения $\Sigma \overline{F}_k = 0$ по аналогии с примером 2.

# 6. СИНТЕЗ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

## 6.1. Постановка задачи, виды и способы синтеза

Задачи синтеза рычажных механизмов в общем случае являются сложными задачами оптимального проектирования, включающими этапы структурного, кинематического и динамического расчёта. Поэтому для упрощения решения рассматриваются частные задачи, в которых учитываются лишь некоторые (основные) условия проектирования.

В зависимости от исходных данных различают следующие виды синтеза:

– геометрический, когда заданы отдельные положения звеньев или траектории отдельных точек;

– кинематический, когда заданы некоторые скорости, ускорения или их соотношения;

– динамический, когда заданы действующие силы или наложены некоторые ограничения на динамические параметры.

К способам синтеза относятся:

а) опытный, когда экспериментальным путём подбираются размеры звеньев для реализации заданной траектории;

б) графический;

в) аналитический.

Возможны различные комбинации видов и способов синтеза, перечисленных выше.

## 6.2. Решение задач оптимального синтеза стержневых механизмов

При постановке задачи оптимального синтеза следует различать входные и выходные параметры.

*Входные* – это изначально заданные параметры (размеры звеньев, скорости, ускорения или их соотношения).

*Выходные* –это параметры, определяемые в результате решения задачи.

При синтезе необходимо учитывать ряд требований кинематического, конструктивного, технологического характера и т. д., среди которых одно, как правило, является главным, а остальные – второстепенными (дополнительными).

Если главное требование записать математически в виде функции $Z = f(x_1, x_2, ..., x_n)$, где $x_1, x_2, \ldots, x_n$ – выходные параметры, то такая функция называется *функцией цели* (целевой), при этом дополнительные условия, выраженные в виде $a_i \le g_i(x_1, x_2, ..., x_n) \le b_i$, называются ограничениями.

Задачей оптимального синтеза является обеспечение экстремального значения $Z$ при соблюдении всех ограничений.

Например, выразив вес механизма в виде функции $Z$ его параметров (длин звеньев), можно решать задачу минимизации Z при соблюдении условий его существования. К таким условиям относятся условия проворачивания кривошипа в шарнирном четырёхзвеннике, условие соблюдения заданного угла давления и ряд других.

При малом числе выходных параметров решение задачи оптимизации может быть получено в аналитической форме. В противном случае используются численные методы направленного, случайного или комбинированного поиска оптимальных решений.

### 6.3. Условия проворачиваемости кривошипа в шарнирном четырёхзвеннике

При проектировании (синтезе) механизма с ведущим звеном – кривошипом одним из учитываемых условий является проворачиваемость кривошипа. Данное условие иначе называется условием существования кривошипа.

Выполнение условия существования кривошипа обеспечивается определённым соотношением длин звеньев. Например, для того чтобы звено $AB$ четырёхзвенника (рис. 37) могло стать кривошипом, оно должно последовательно пройти через два крайних положения.

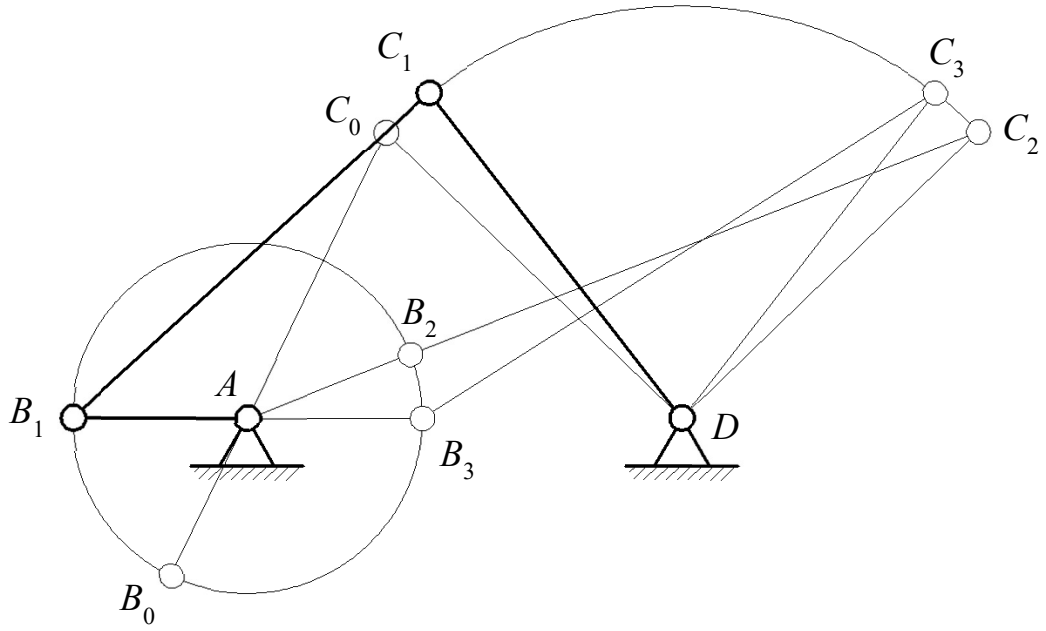



Рис. 37. Выполнение условия существования кривошипа

Используя три положения механизма, получим следующие условия для положений 1, 2, 3, предварительно обозначив длины звеньев $l_{AB} = a$; $l_{BC} = b$; $l_{CD} = c$; $l_{AD} = d$:

а) $a + d < b + c$ – положение 1;

б) $a + b < d + c$ – положение 2;

в) $c < b + d - a$ или $a + c < b + d$ – положение 3;

то есть сумма длин кривошипа и любого другого звена меньше суммы остальных звеньев.

Сложим попарно полученные неравенства и получим: $a < c$; $a < d$ ; $a < b$, то есть кривошип является самым коротким звеном.

А если данные условия не выполняются, то механизм будет либо двухкривошипным, либо двухкоромысловым. Эти условия используются при геометрическом синтезе.

## 6.4. Учёт углов давления в стержневых механизмах

Углы давления во многом определяют условия работы механизма. Угол давления (например, угол α на рис. 38) измеряется между вектором силы и вектором скорости в точке её приложения и влияет на трение и износ в кинематических парах.

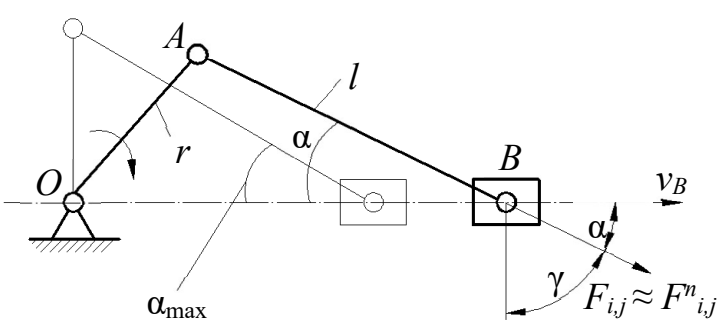



Рис. 38. Углы давления в стрежневом механизме

Поэтому максимальные значения углов давления при синтезе механизмов ограничивают допустимыми значениями [α] для исключения возможности заклинивания и предотвращения снижения КПД. Для упрощения расчётов, связанных с определением углов давления, обычно пренебрегают тангенциальными составляющими реакций, что позволяет находить наихудшие положения с точки зрения риска заклинивания и назначать длины звеньев $l_{min}$, обеспечивающие приемлемые условия работы при заданном [α], т. е. при выполнении условия $\alpha_{max} \leq [\alpha]$.

Углы $\gamma = 90° - \alpha$ называются углами передачи и ограничиваются при проектировании величиной $\gamma_{min}$.

## 6.5. Синтез четырёхзвенника по трём заданным положениям шатуна

Так как точки B и C шарнирного четырёхзвенника описывают дуги окружностей (рис. 39), то, проведя перпендикуляры через середины хорд, соединяющих концы шатуна в трёх положениях, получим центры вращения звеньев *AB* и *CD* (точки *A* и *D*). Вид синтеза – геометрический; способ синтеза – графический.

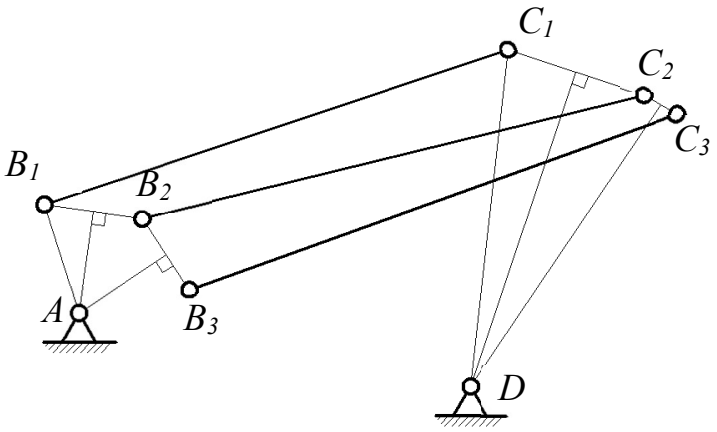



Рис. 39. Синтез четырёхзвенника

### 6.6. Синтез кривошипно-кулисного механизма по заданному коэффициенту изменения скорости хода

Схема кривошипно-кулисного механизма показана на рис. 40.

Одной из кинематических характеристик стержневого механизма может служить коэффициент изменения скорости хода $k_v$, представляющий собой отношение средней скорости холостого хода $v_{\text{х.х}}$ к средней скорости рабочего хода $v_{\text{р.х}}$.

При равномерном движении кривошипа коэффициент $k_v$ равен

$$k_v = \frac{v_{\text{х.х}}}{v_{\text{р.х}}} = \frac{s}{t_{\text{х.х}}} \cdot \frac{t_{\text{р.х}}}{s} = \frac{180° + \theta}{\omega} \cdot \frac{\omega}{180° - \theta} = \frac{180° + \theta}{180° - \theta}, \qquad (6.1)$$

где $s$ – ход ползуна; $t_{\text{р.х}}$ и $t_{\text{х.х}}$ – время рабочего и холостого хода; ω – угловая скорость кривошипа; θ – угол размаха кулисы.

При заданном $V$ $k$ можно определить  или наоборот. Используя дополнительные конструктивные соображения, можно определить размеры всех звеньев механизма.

Вид синтеза – кинематический; способ – графоаналитический.

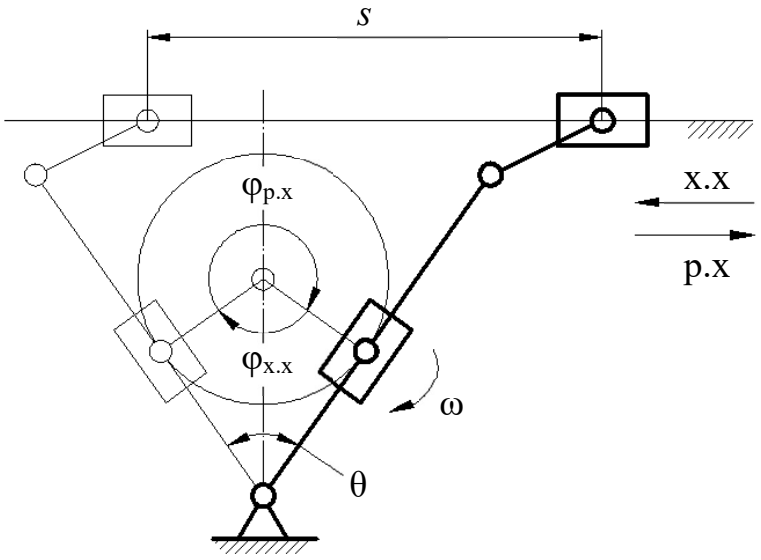



Рис. 40. Синтез кривошипно-кулисного механизма

## 6.7. Синтез кривошипно-ползунного механизма по некоторым заданным размерам

Кривошипно-ползунный механизм характеризуется пятью параметрами: $a$, $\varphi_1$, $\varphi_2$, $r = l_{OA}$, $l = l_{AB}$ (рис. 41), при этом можно записать два аналитических выражения, связывающие эти параметры:

$$\begin{aligned} \sin\varphi_1 &= \frac{a}{l+r}; \\ \sin\varphi_2 &= \frac{a}{l-r}. \end{aligned} \tag{6.2}$$

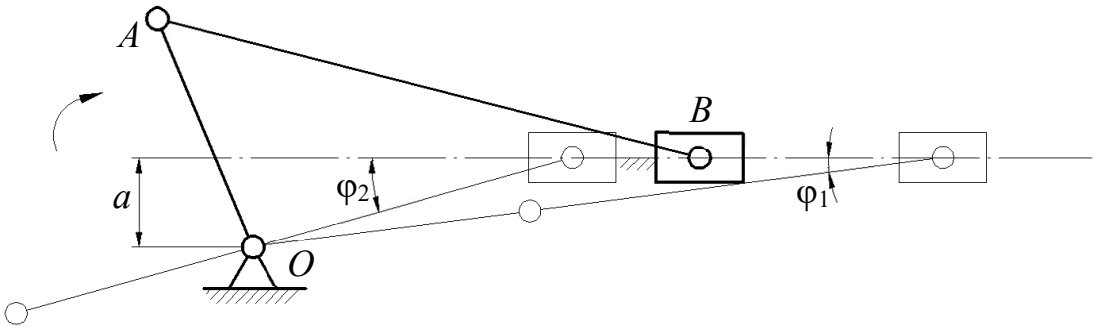



Рис. 41. Синтез кривошипно-ползунного механизма

Таким образом, задавая три параметра из пяти, можно определить два оставшихся из указанных выражений. Например, задав величины: $a$, $\varphi_1$ и $\varphi_2$, можно определить $r$ и $l$.

Вид синтеза – геометрический; способ – аналитический.

## 6.8. Понятие о синтезе механизма по заданному закону движения выходного звена

Пусть задан закон движения ведомого звена (угла поворота коромысла обозначен $\psi$) в зависимости от угла поворота кривошипа $\varphi$, например, в четырёхшарнирном механизме (рис. 42).

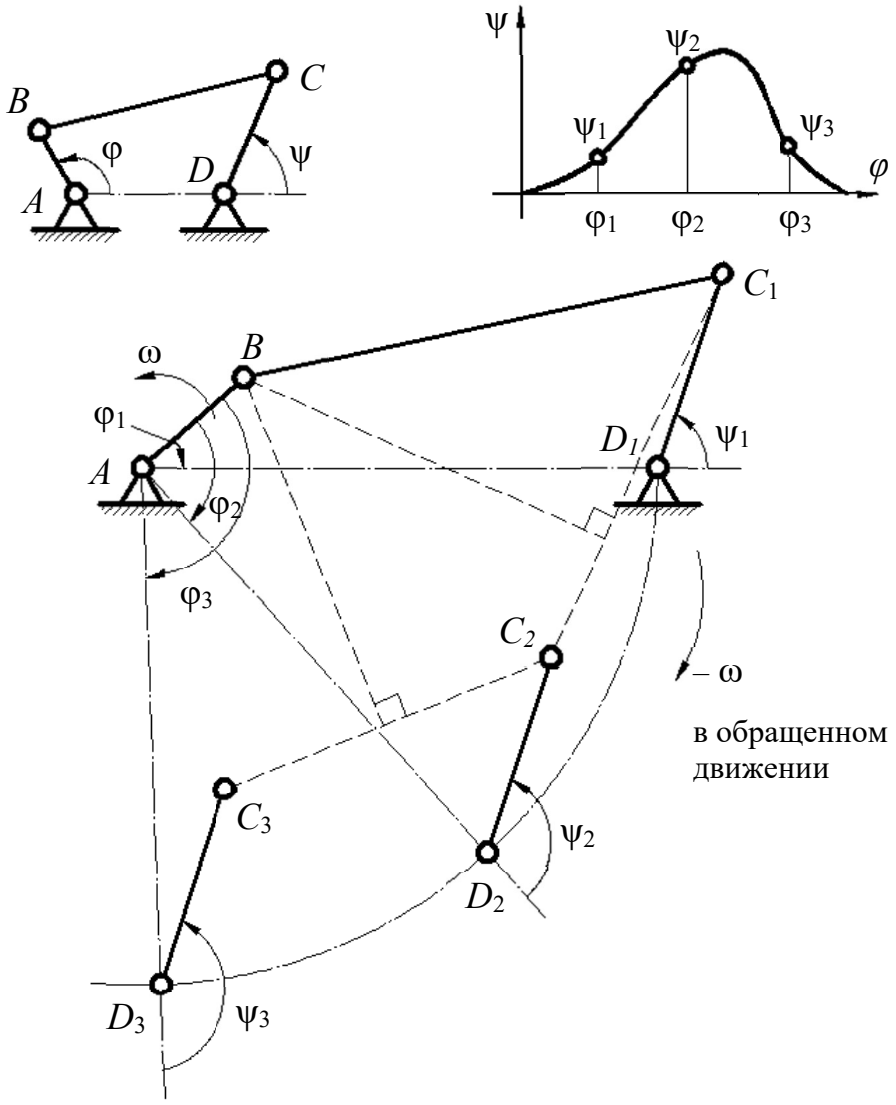



Рис. 42. Синтез механизма по заданному закону движения выходного звена

Приближенный синтез включает разбивку всего интервала по оси графика $\psi(\varphi)$ по оси абсцисс $\varphi$ на участки, соответствующие трём произвольным значениям $\varphi_1$, $\varphi_2$, $\varphi_3$. Используется метод обращения движения, когда механизму условно задаётся движение, обратное кривошипу. Если заданы длина коромысла и межцентровое расстояние, то по трём положениям в обращённом движении можно найти размеры шатуна и кривошипа согласно рис. 42, где точку *B* находят как центр вращения точки *C* в обращённом движении.

Существует постановка задачи, когда отыскивается оптимальный закон движения с точки зрения различных параметров: скорости, ускорения, работы динамических сил и т. д.

### 6.9. Понятие о синтезе механизма по заданной траектории

Часто требуется спроектировать механизм с заданной траекторией движения ведомого звена. Например, четырёхшарнирный механизм стрелы портального крана позволяет перемещать груз горизонтально при вращении стрелы в вертикальной плоскости (рис. 43).

Синтез таких механизмов осуществляется графическими и аналитическими методами с использованием теории функций с наибольшим приближением к заданной траектории. В этой области имеются работы Чебышева, который первым предложил решение задачи для лямбдообразного прямила Чебышева, положенного в основу конструкции стрелы портального крана.

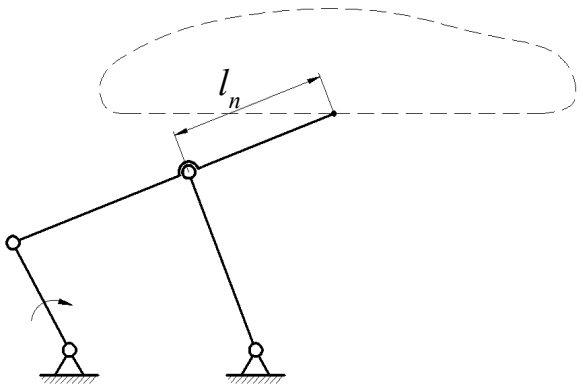



Рис. 43. Синтез механизма по заданной траектории

Искомыми параметрами являются длины звеньев, включая и $l_n$.

## 6.10. Общий порядок проектирования рычажного механизма

Процесс проектирования рычажного механизма включает следующие основные этапы:

1) производится синтез кинематической схемы (определяются длины звеньев по заданным условиям;

2) принимается упрощённый закон движения входного звена, определяются скорости и ускорения звеньев, производится приближённый силовой расчёт (определяются реакции в кинематических парах);

3) по найденным усилиям подбираются сечения звеньев и определяются их массы;

4) производится приведение сил и масс, подбор маховика и определение истинного закона движения звена приведения;

5) при найденном законе движения звена приведения находятся уточнённые значения скоростей и ускорений, определяются более точные величины реакций и производится проверка прочности и жёсткости звеньев. Размеры сечений и массы звеньев последовательно уточняются.

Иногда используют более простую последовательность, в которой расчёт ведётся при заданных длинах и массах звеньев, а также при упрощённом законе движения входного звена.

# 7. КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

## 7.1. Классификация кулачковых механизмов

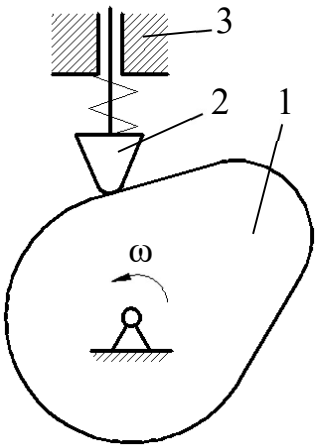



Рис. 44. Кулачковый механизм

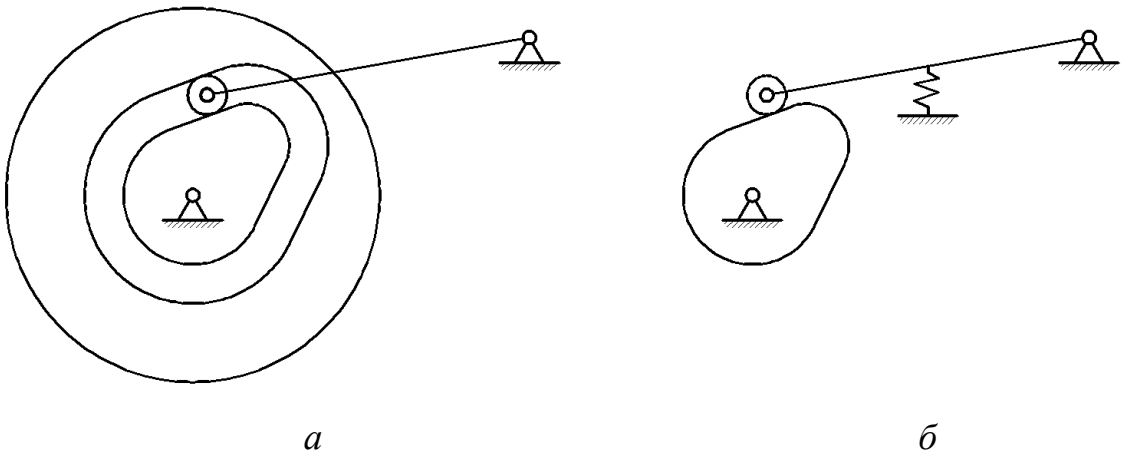
Кулачковые механизмы содержат хотя бы одну высшую кинематическую пару и состоят из кулачка 1, толкателя 2 и стойки 3 (рис. 44).

Степень подвижности такого механизма равна:

$$W = 3n - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1. \qquad (7.1)$$

Основными достоинствами кулачковых механизмов является возможность получения заранее заданного закона движения толкателя с помощью кулачка. К недостаткам следует отнести большое удельное давление в точке контакта кулачка с толкателем, а также сложность изготовления профиля кулачка.

Постоянный контакт толкателя с кулачком обеспечивается с помощью кинематического (рис. 45, *а*) или силового замыкания (рис. 45, *б*).



*а* *б*

Рис. 45. Классификация кулачковых механизмов по типу контакта толкателя с кулачком: *а* – с кинематическим замыканием; *б* – с силовым замыканием

В зависимости от характера движения кулачка и толкателя возможно преобразование вращательного или поступательного движения кулачка во вращательное или поступательное движение толкателя (рис. 46). На рис. 46, *а* показан механизм с преобразованием поступательного движения в поступательное (плоский с тарельчатым толкателем); на рис. 46, *б* – с преобразованием вращательного движения в поступательное (плоский внеосный с плоским толкателем); на рис. 46, *в* – с преобразованием вращательного движения в поступательное (пространственный с роликовым толкателем).

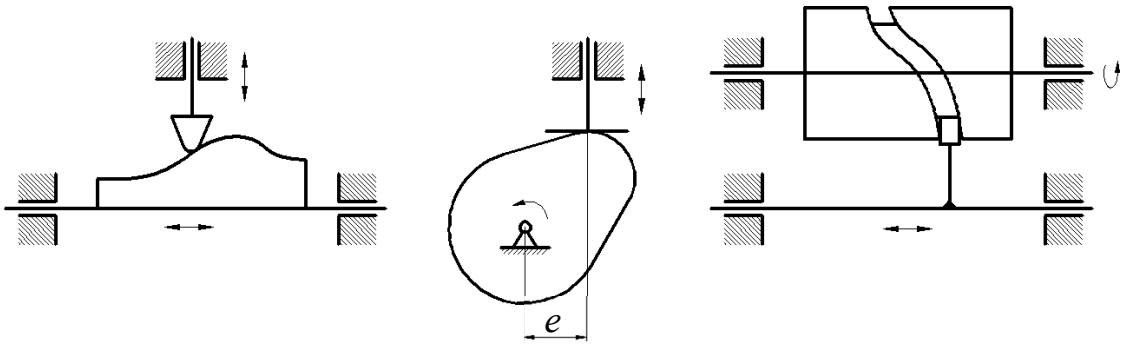



Рис. 46. Классификация кулачковых механизмов

Кулачковые механизмы могут быть плоскими (рис. 46, *а*, *б*) и пространственными (рис. 46, *в*), осевыми ($e = 0$) и внеосными ($e \neq 0$), с плоским, тарельчатым или роликовым толкателем. Назначение ролика – уменьшение трения и износа в контакте толкателя с кулачком.

Кулачковые механизмы, как правило, используются в машинах автоматического или полуавтоматического действия и обеспечивают функции «жёсткого» управления выполняемого процесса.

## 7.2. Кинематический анализ кулачковых механизмов

Основной задачей кинематического анализа является определение перемещений, скоростей и ускорений толкателя при заданных схеме механизма и профиле кулачка. Решение этой задачи может быть осуществлено аналитическими и графическими методами, первый из которых более точен, но сложен, а второй – менее точен, но более прост.

Рассмотрим графический метод на примере осевого механизма с роликовым толкателем. Анализ начинается с построения планов механизма. При этом используется метод обращения движения, когда всему механизму условно задают вращение с угловой скоростью (– ω), обратной скорости кулачка (рис. 47). Тогда толкатель в обращённом движении будет двигаться вокруг неподвижного кулачка, а центр ролика опишет кривую, отстоящую от профиля кулачка на расстояние радиуса *r* ролика и называемую *эквидистантой*. Построение профиля кулачка называется *профилированием.*

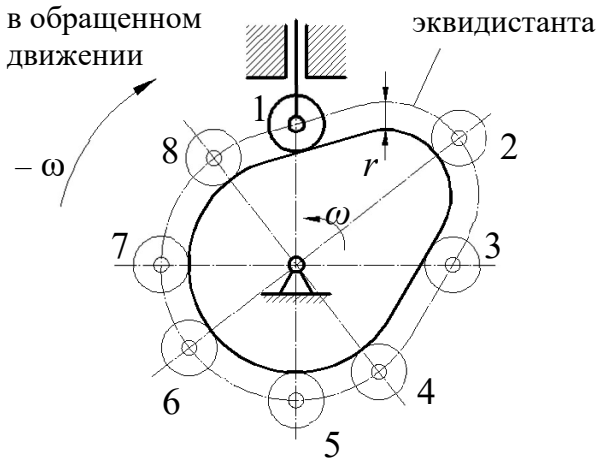


Рис. 47. Профилирование кулачка

Путь *s* любой точки толкателя при повороте кулачка на угол φ будет равен разности радиусов-векторов, соединяющих центр кулачка и соответствующие положения центра ролика.

На основе планов механизма можно построить диаграмму перемещений толкателя в координатах (*s*; φ) или (*s*; *t*), после чего определяются скорости *v*

(рис. 48) (аналоги скорости $\frac{ds}{d\varphi}$) и ускорения $a$ (аналоги ускорения $\frac{d^2s}{d\varphi^2}$) путём графического дифференцирования графиков $s(\varphi)$, $s(t)$, $v(t)$, $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$.

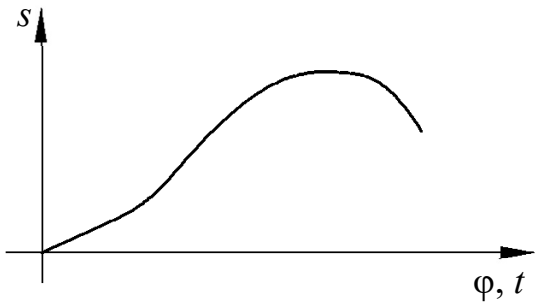



Рис. 48. Диаграмма перемещений толкателя

Движение толкателя имеет реверсивный характер за весь кинематический цикл, при этом наблюдаются четыре фазы движения толкателя (см. рис. 54), соответствующие четырём фазовым углам поворота кулачка: $\varphi_у$ – угол удаления (подъёма) толкателя; $\varphi_д$ – угол дальнего выстоя; $\varphi_в$ – угол возврата (опускания); $\varphi_б$ – угол ближнего выстоя.

С целью непосредственного определения скоростей и ускорений толкателя осуществляют условную замену высшей пары на низшую. Замена осуществляется так, что движение заменяемого механизма в момент замены соответствует движению заменяющего.

В общем случае мгновенный заменяющий механизм представляет шарнирный четырёхзвенник с подвижными шарнирами $A$ и $B$, расположенными в центрах кривизны, контактирующих в точке P профилей (рис. 49).

В частных случаях возможны различные варианты замены (рис. 50), при этом можно производить кинематический анализ кулачкового механизма как обычного стержневого.

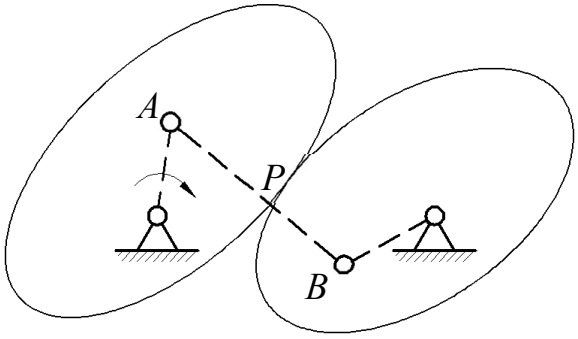



Рис. 49. Мгновенный заменяющий механизм

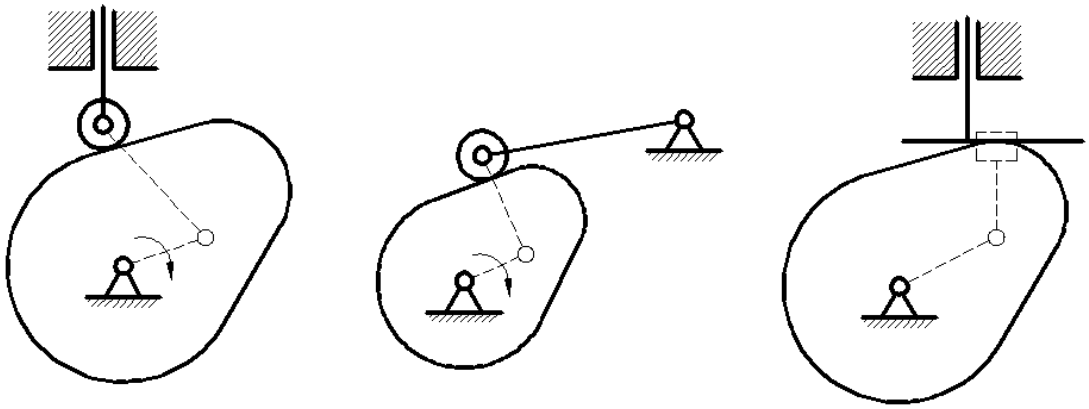


Рис. 50. Различные варианты замены кулачкового механизма

### 7.3. Некоторые вопросы динамического анализа кулачковых механизмов

Условия нормальной работы звеньев кулачкового механизма в существенной степени зависит от угла давления α между направлением усилия *F*, действующего на толкатель со стороны кулачка, и направлением скорости толкателя (рис. 51, *а*).

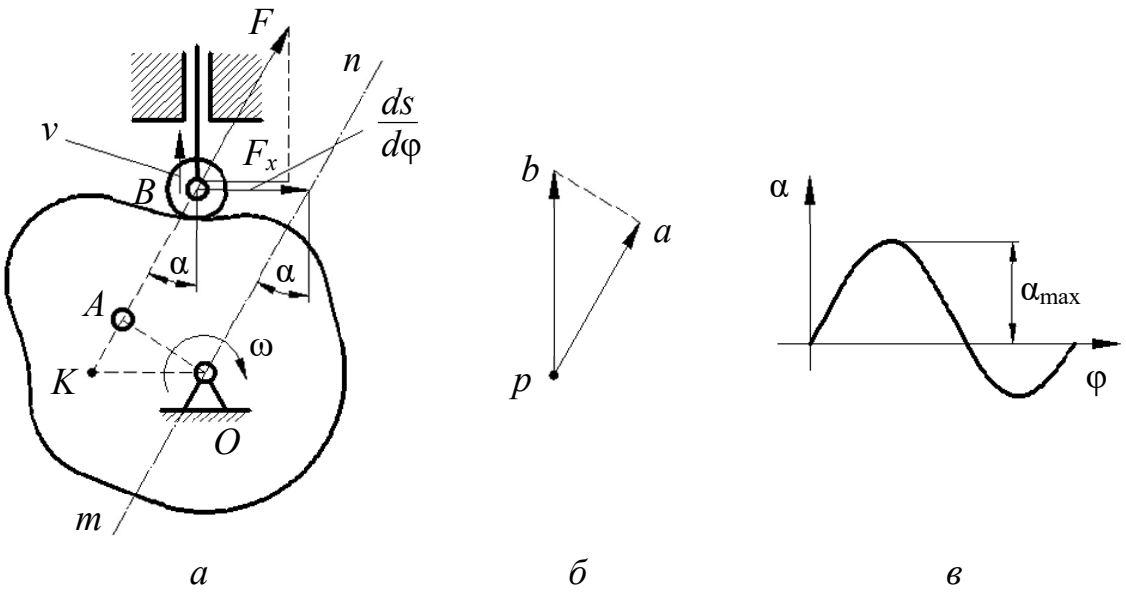
Угол давления – переменная величина, с увеличением которой возрастает опасность заклинивания механизма, т. к. увеличивается составляющая $F_x$, вызывающая трение в кинематических парах.

Обычно величину $\alpha_{max}$ ограничивают подбором размеров кулачка при условии, что

$$\alpha_{max} \le \begin{cases} 30° - \text{для механизмов с поступательным движением толкателя;} \\ 45° - \text{для механизмов с коромысловым толкателем.} \end{cases}$$

Рассмотрим задачу определения текущего угла α для любого положения механизма (рис. 51).

Построим заменяющий кривошипно-ползунный механизм *OAB*, где точка *A* совпадает с центром кривизны кулачка в точке его контакта с роликом (рис. 51, *а*).




*а* *б* *в*

Рис. 51. Динамический анализ кулачковых механизмов:
*а* – план положений; *б* – план скоростей заменяющего механизма; *в* – диаграмма изменения угла α

На рис. 51, *б* приведён план скоростей заменяющего механизма, где $\triangle pab \sim \triangle OAK$ (треугольники с взаимно перпендикулярными сторонами), поэтому

$$\frac{l_{OK}}{l_{OA}} = \frac{pb}{pa} = \frac{v_B}{v_A} = \frac{ds}{dt\omega l_{OA}} = \frac{ds}{dt} \cdot \frac{dt}{d\varphi l_{OA}}, \tag{7.2}$$

откуда

$$l_{OK} = \frac{ds}{d\varphi}. \tag{7.3}$$

Таким образом, отложив вектор $\frac{ds}{d\varphi}$ от точки *B* в направлении вектора скорости *v* толкателя, повёрнутого на 90° в сторону вращения кулачка, и проведя линию *mn* через точку *O* и конец вектора $\frac{ds}{d\varphi}$, получим угол α.

Можно решить обратную задачу, находя положение центра $O$ вращения кулачка при заданных значениях α и $\frac{ds_1}{d\varphi}, \frac{ds_2}{d\varphi}$ для двух положений толкателя (рис. 52).

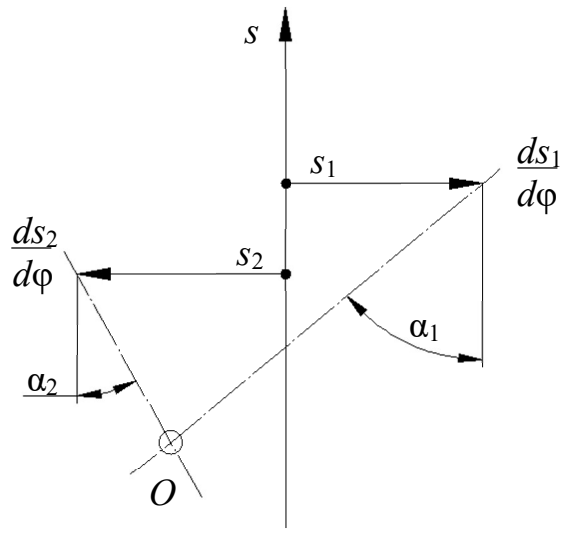



Рис. 52. Решение обратной задачи (нахождение положения центра вращения)

Из рис. 52 видно, что чем больших значений достигают углы давления α, тем меньшие габариты имеет механизм, но риск заклинивания при этом увеличивается.

## 7.4. Синтез кулачковых механизмов

### 7.4.1. Выбор закона движения толкателя

При проектировании кулачковых механизмов используются различные методы синтеза.

Если известен минимальный радиус ($r_{min}$) кулачка и закон его движения, то построение профиля – задача кинематического синтеза. Если $r_{min}$ должен определяться с условием отсутствия заклинивания, то построение профиля – задача динамического синтеза.

Вопрос о выборе закона движения толкателя отпадает в случае, если он полностью определяется той операцией, которую толкатель осуществляет, т. е. является исходно заданным. Однако во многих случаях заданы лишь частичные перемещения, скорости или ускорения толкателя и необходимо подобрать какой-либо закон движения на недостающих участках.

Например, может быть задано максимальное и минимальное перемещение толкателя по двум участкам $t_2$ и $t_4$ (рис. 53) в виде графика $s(t)$, показанного основной линией. На остальных участках $t_1$ и $t_3$ закон движения следует выбрать.

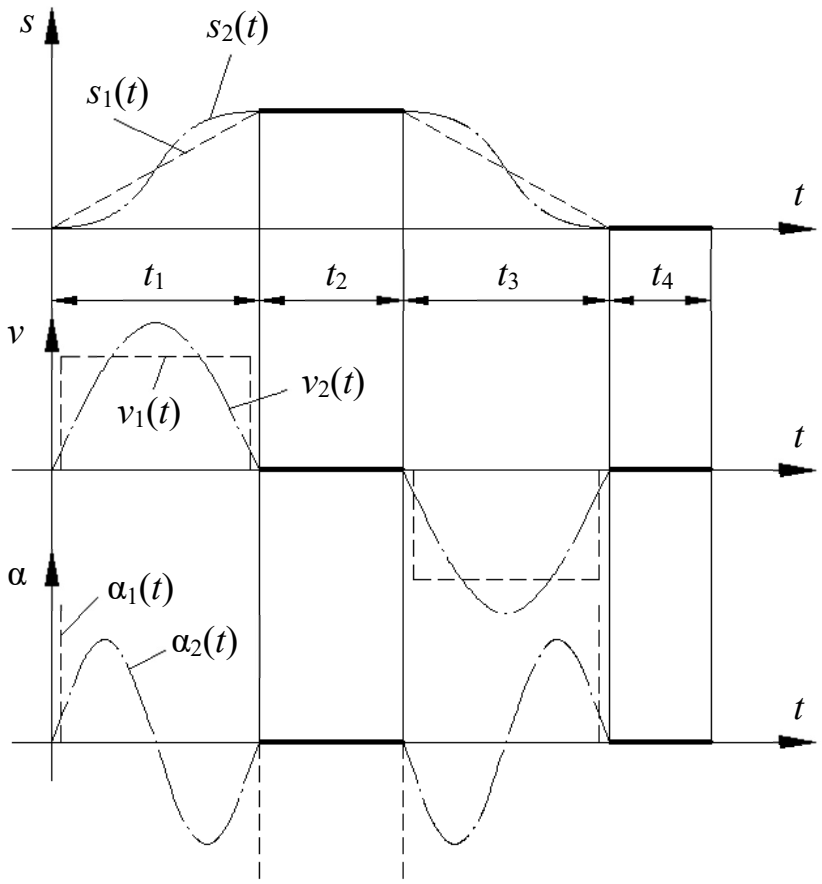


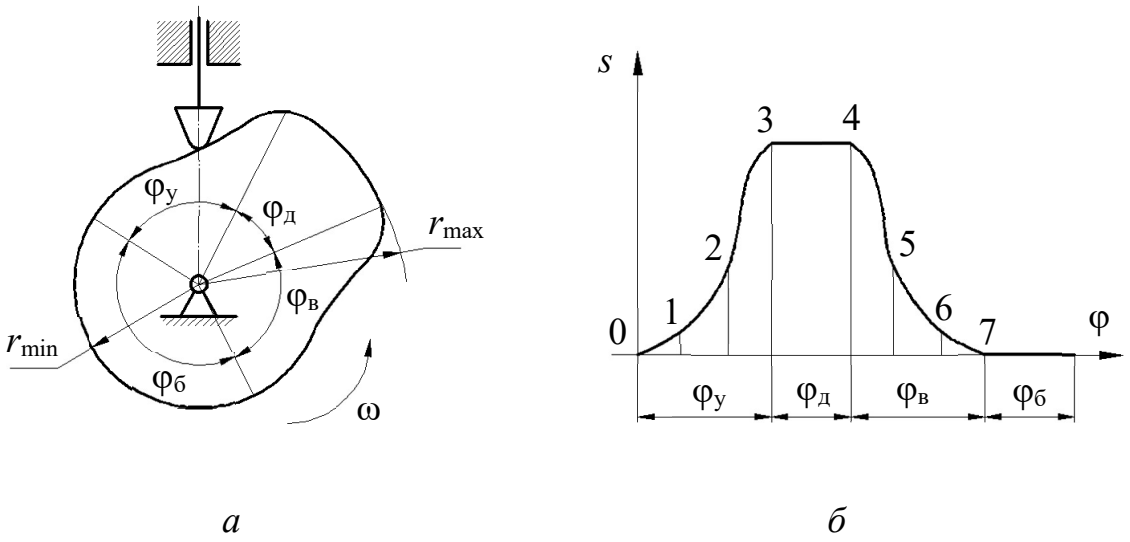

Рис. 53. Выбор закона движения толкателя

Из всех возможных законов движения необходимо выбирать оптимальный с точки зрения условий работы механизма. Одним из таких законов является синусоидальный закон $s_2(t)$, обеспечивающий плавную безударную работу механизма без резких изменений скорости и без больших значений ускорений, как, например, при выборе закона $s_1(t)$, где ускорения, а следовательно, силы инерции достигают больших величин, способных вызвать износ и поломку.

7.4.2. Профилирование кулачка

Рассмотрим графический метод получения профиля кулачка как задачу кинематического синтеза. В этом случае заданы схема кулачкового механизма, закон движения толкателя и $r_{min}$ кулачка. Профилирование осуществляется на основе закона движения толкателя. В качестве примера рассмотрим профилирование кулачка в осевом механизме с поступательно движущимся толкателем.

Схема механизма, диаграмма движения толкателя и $r_{min}$ кулачка даны (рис. 54).




*а* *б*

Рис. 54. Профилирование кулачка:
*а* – схема механизма; *б* – диаграмма движения толкателя

В начале размечаются основные размеры механизма в масштабе $\mu_l$, а также фазовые углы, причём углы $\varphi_у$ и $\varphi_в$ делятся на ряд равных частей в соответствии с диаграммой (рис. 54, *б*). Строятся начальное, а затем ряд последующих положений толкателя в обращённом движении (рис. 55, *а*), и полученные точки соединяются плавной кривой.

В случае построения профиля кулачка для механизма с роликовым толкателем сначала строится эквидистанта (центровой профиль) как и в

предыдущем случае, а затем и сам рабочий профиль кулачка, отстоящий от эквидистанты на величину радиуса ролика $r_{рол}$ (рис. 55, *б*).

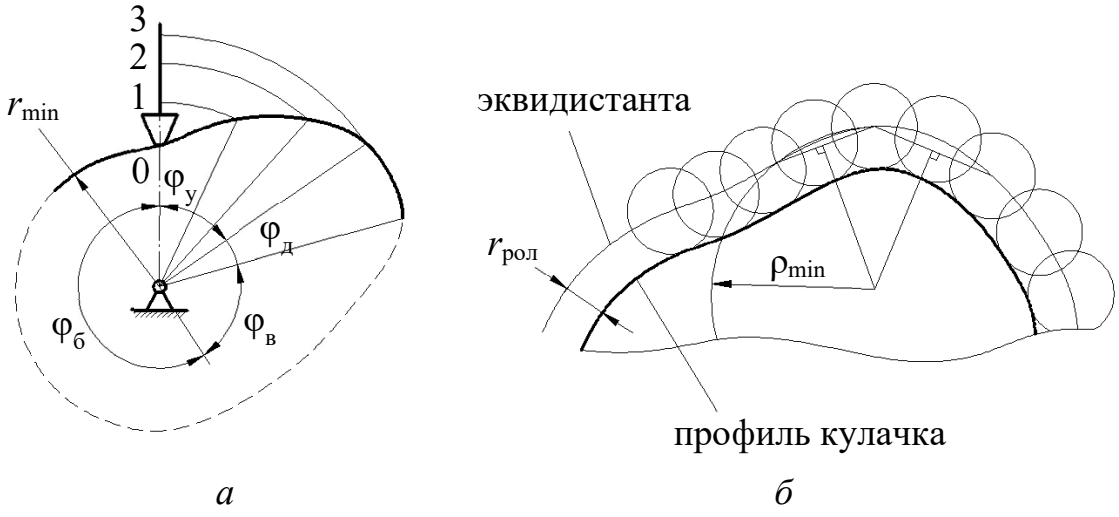


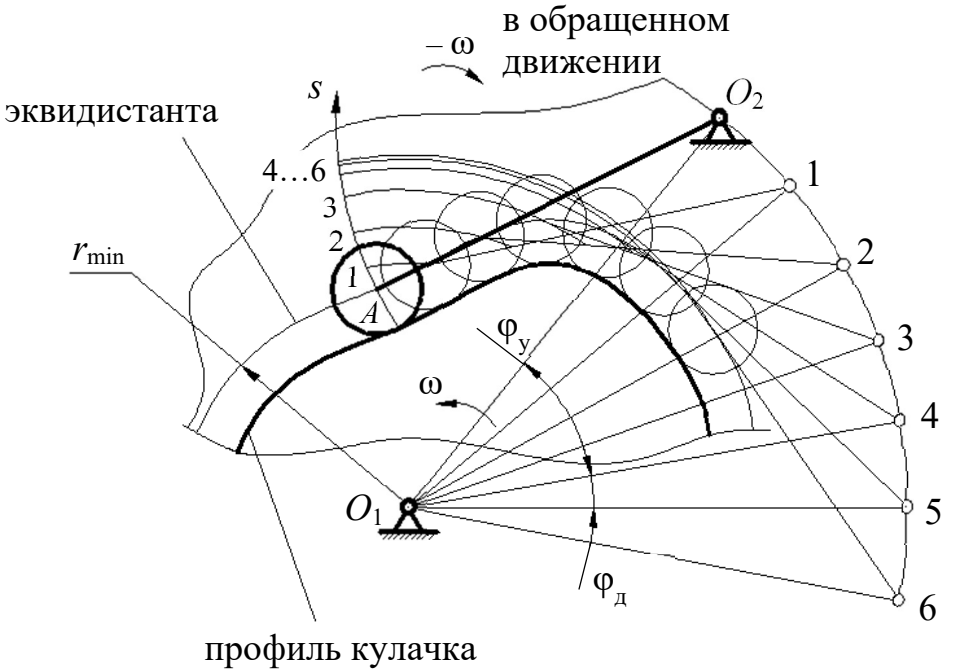

Рис. 55. Построение профиля кулачка:
*а* – ряд положений толкателя в обращенном движении; *б* – построение профиля кулачка для механизма с роликовым толкателем

Величина $r_{рол}$ выбирается из соотношения:

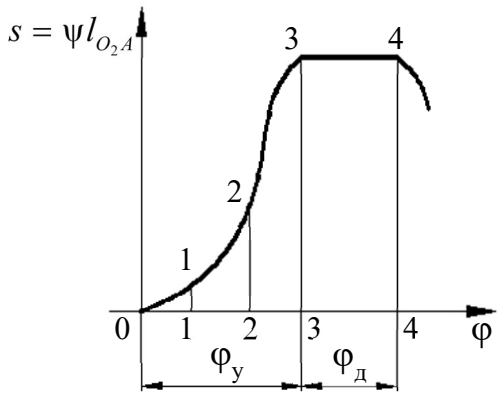
$$r_{рол} \le \min \begin{cases} 0{,}4 r_{min}; \\ 0{,}8 \rho_{min}, \end{cases} \qquad (7.4)$$

где $\rho_{min}$ – минимальный радиус центрового профиля кулачка, который можно определить графически по трём точкам в месте наибольшей кривизны эквидистанты (рис. 55, *б*).

Профилирование кулачка механизма с коромысловым толкателем состоит из аналогичных операций, т. е. после разметки межцентровых расстояний строится ряд положений коромысла в обращённом движении (рис. 56, *а*) в соответствии с заданной диаграммой $s(\varphi)$, часть которой показана на рис. 56, *б*.




*а*




*б*

Рис. 56. Профилирование кулачка механизма с коромысловым толкателем:
*а* – ряд положений коромысла в обращенном движении; *б* – диаграмма движения коромысла

### 7.4.3. Динамический синтез кулачкового механизма

Задача динамического синтеза заключается в нахождении центра вращения кулачка при условии минимизации размеров механизма, когда заданы закон движения толкателя и предельно допустимый угол давления $\alpha_{доп}$. В конечном итоге задача состоит в определении $r_{min}$ кулачка, после чего может быть выполнен кинематический синтез (профилирование).

Рассмотрим пример определения $r_{\min}$ кулачка для механизма с поступательно движущимся толкателем, когда заданы диаграммы перемещений $s(\varphi)$ и аналогов скоростей $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$, которые должны быть вычерчены в едином масштабе $\mu_s = \mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \ldots$

Путём исключения параметра φ вычерчивается совмещённая диаграмма $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$, как показано на рис. 57.

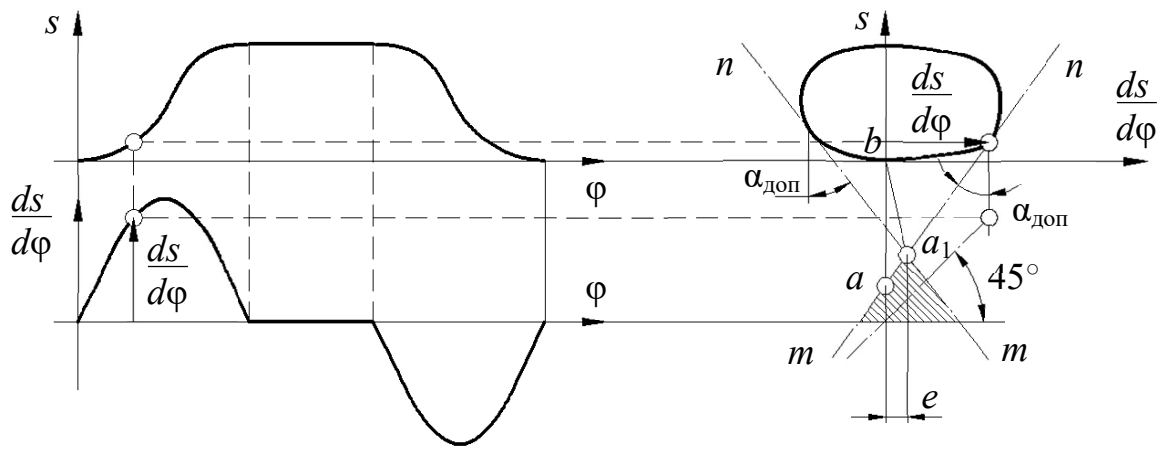



Рис. 57. Совмещенная диаграмма движения

Проведя касательные *mn* к диаграмме $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ под углами $\varphi_{доп}$, как показано на рис. 57, получим точку $a_1$ на их пересечении. Тогда отрезок $a_1b$ будет соответствовать в масштабе $\mu_s$ величине

$$r_{\min} = \mu_s \cdot (a_1 b) \tag{7.5}$$

для внеосного механизма со смещением оси толкателя $e \neq 0$ относительно центра вращения кулачка. Так как центр кулачка можно располагать в любой точке заштрихованной области, то при $e = 0$ получим

$$r = \mu_s \cdot (ab), \tag{7.6}$$

когда центр кулачка совпадает с осью толкателя.

Таким образом, габариты механизма уменьшаются при $e \neq 0$, т. к. центр кулачка приближается к точке $b$, а предельный угол давления $\varphi_{доп}$ остаётся неизменным.

Обычно при силовом замыкании такие построения делаются только для фазы удаления, т. к. на фазе возврата толкатель является ведущим звеном и заклинивания не происходит.

Для механизма с коромысловым толкателем построение совмещённой диаграммы $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ производится в пределах заданного максимального угла размаха коромысла $\psi_{max}$. Причём отрезки, равные $\frac{ds}{d\varphi}$ откладываются в масштабе $\mu_l$ от траектории точки $A$ коромысла по его оси в сторону вектора $\frac{ds}{d\varphi}$, повёрнутого на 90° в направлении вращения кулачка (рис. 58).

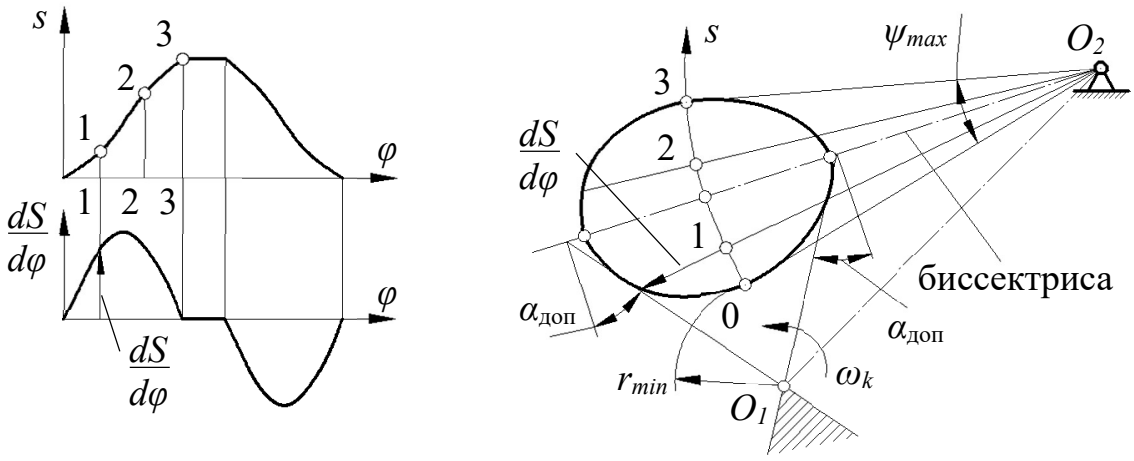



Рис. 58. Построение совмещенной диаграммы движения для механизма с коромысловым толкателем

Точки, полученные для нескольких положений коромысла, соединяют плавной кривой и строят допускаемую зону размещения центра вращения кулачка, которую приближённо можно получить, проведя касательные к диаграмме $s\left(\frac{ds}{d\varphi}\right)$ под углами $\alpha_{доп}$, образованными биссектрисой угла $\psi_{max}$ и

перпендикулярами к ней (рис. 58, *б*). Выбранное положение центра $O_1$ в допускаемой (заштрихованной) зоне определяет величину $r_{\min}$ и межцентровое расстояние $O_1O_2$ между кулачком и коромыслом.

### 7.4.4. Аналитический способ синтеза кулачковых механизмов

При аналитическом методе синтеза вместо диаграмм в графической форме используются аналитические зависимости $s(\varphi)$, $\frac{ds}{d\varphi}(\varphi)$ и т. д. Например, для осевого кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем профиль кулачка может быть представлен аналитической зависимостью вида

$$r = r_{\min} + s(\varphi). \qquad (7.7)$$

При заданном $r_{\min}$ и известной зависимости S(φ) можно получить профиль кулачка с любой заданной степенью точности.

### 7.4.5. Понятие о проектировании пространственных кулачковых механизмов

Распространённым методом синтеза пространственных механизмов является условная их замена плоским кулачковым механизмом. Тогда задача сводится к синтезу плоского механизма. Например, задача проектирования механизма с поступательно движущимся толкателем и вращающимся кулачком сводится при заданном законе $s(\varphi)$ к построению развёртки цилиндра, на которой по данным диаграммы строится теоретический и действительный профиль кулачка (рис. 59).

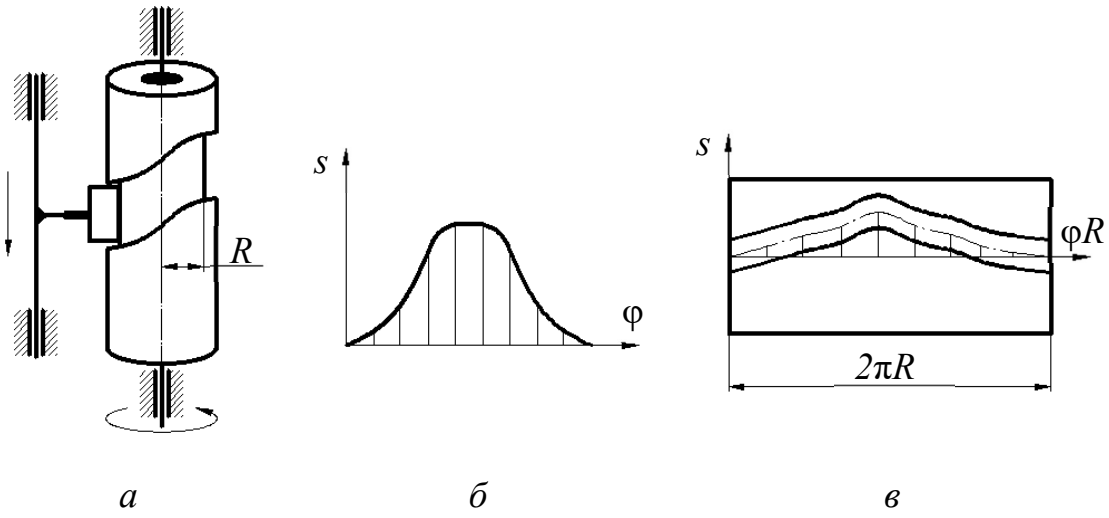



Рис. 59. Проектирование пространственного кулачкового механизма:
*а* – план механизма; *б* – диаграмма движения толкателя; *в* – развертка цилиндра

# 8. ФРИКЦИОННЫЕ И ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

## 8.1. Общие сведения о передачах вращения

Фрикционные и зубчатые механизмы предназначены для передачи вращательного движения с одного вала на другой с помощью деталей типа диска в основном цилиндрической формы. При этом, как правило, меняется величина угловой скорости и передаваемого момента, а также их направление. Вал, от которого передаётся движение, называется ведущим, а вал, которому передаётся движение – ведомым.

Оси валов могут быть параллельными, пересекаться или скрещиваться под различными углами. В первом случае механизм является плоским, в остальных случаях механизмы пространственные.

Если в механизме имеются только ведущие и ведомые валы и отсутствуют промежуточные вращающиеся звенья, то механизм называется *передачей.* Передача вращения может осуществляться:

1) путём непосредственного соприкосновения двух дисков, жёстко связанных с ведущим и ведомым валами (фрикционная, червячная, зубчатая);

2) посредством промежуточных гибких тел, сцепляющихся с дисками, которые жёстко связаны с ведущим и ведомым валами (ременная, цепная, волновая).

Отношения угловых скоростей вращения обоих валов передачи называется *передаточным отношением* (*i*), которое характеризует процесс преобразования движения количественно.

Отношения угловой скорости ведущего вала к угловой скорости ведомого называется *передаточным числом* (*u*), которое определяет направление передачи энергии.

Величина *i* и *u* может меняться или оставаться постоянным за время одного оборота ведущего вала.

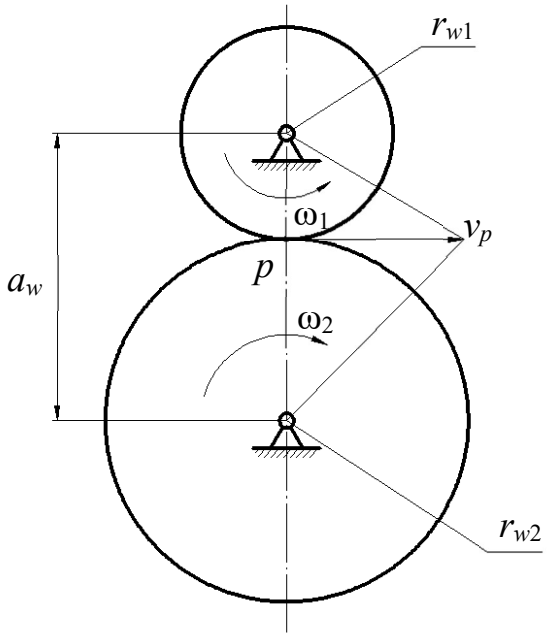



Рис. 60. Схема передачи вращения

Любую передачу можно схематично представить в виде двух начальных поверхностей, контактирующих между собой, а плоскую передачу – в виде двух начальных окружностей с радиусами $r_{w1}$ и $r_{w2}$, перекатывающихся друг по другу без скольжения и контактирующих в полюсе $p$ (рис. 60).

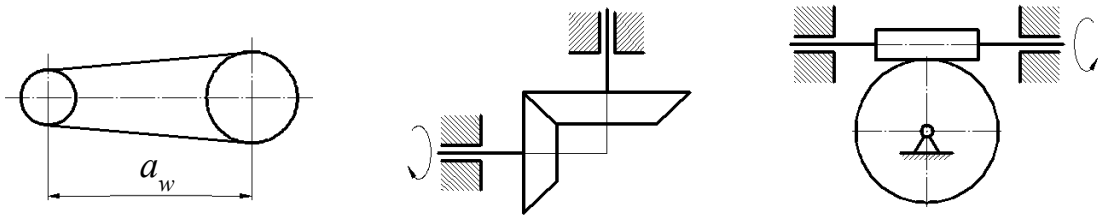
Тогда

$$v_p = r_{w1}\omega_1 = r_{w2}\omega_2, \qquad (8.1)$$

откуда следует выражение для передаточного отношения

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w2}}{r_{w1}}. \qquad (8.2)$$

Аналогично можно изобразить ременную или цепную передачи, а также пространственные передачи (рис. 61).




*а* *б* *в*

Рис. 61. Схематические обозначения различных типов передач:
*а* – ременная или цепная передача; *б* – коническая зубчатая передача;
*в* – червячная передача

## 8.2. Фрикционные передачи

Одной из наиболее простых и во многих случаях достаточно надёжной является фрикционная передача, состоящая в простейшем случае из двух колёс (роликов), закреплённых на ведущем и ведомом валах. Для передачи движения без скольжения необходимо приложить к одному из роликов силу $Q$, достаточную для возникновения трения в месте контакта (рис. 62), при этом касательная сила их сцепления равна по величине передаваемого окружному усилию.

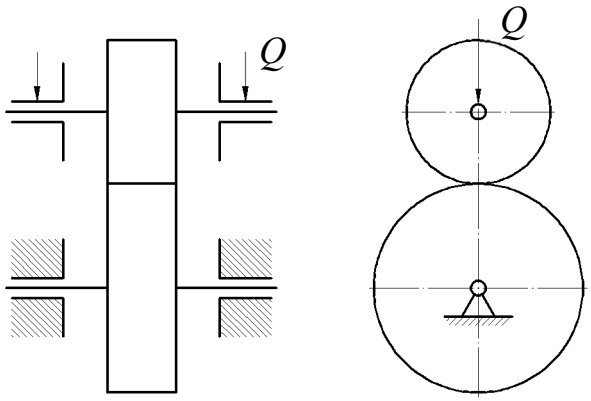
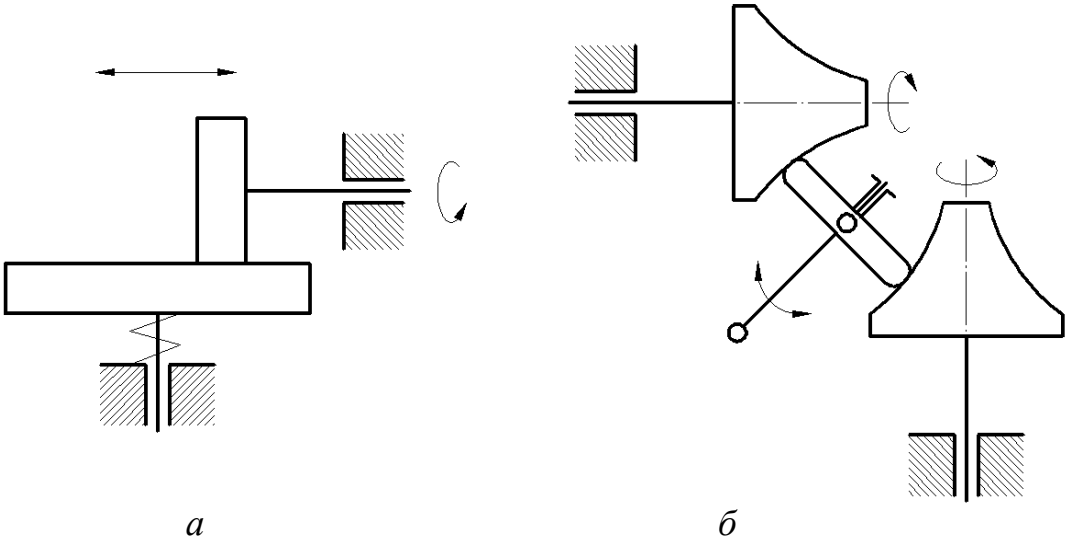



Рис. 62. Фрикционная передача

Фрикционные передачи могут быть с постоянным и переменным передаточным отношением. Передачи с переменным передаточным отношением называются *вариаторами* (рис. 64).



*а* *б*

Рис. 63. Вариаторы: *а* – лобовой; *б* – торовый

Достоинствами фрикционных передач являются: плавность и бесшумность в работе, простота конструкции, невозможность поломки при резком изменении крутящего момента на одном из валов благодаря возможности проскальзывания роликов, возможность бесступенчатого регулирования скоростей.

Недостатками являются: необходимость прижимного устройства, непостоянство передаточного отношения, невозможность передачи значительных крутящих моментов.

В связи с указанными недостатками фрикционные передачи не получили такого широкого распространения как зубчатые.

### 8.3. Зубчатые передачи. Виды и классификация

Зубчатые передачи осуществляют передачу вращательного движения с одного вала на другой с помощью цилиндрических, конических, червячных колёс, имеющих специально профилированные зубья, при этом зубчатые колёса могут иметь прямые, косые, спиральные, шевронные зубья и т.д. (рис. 64).

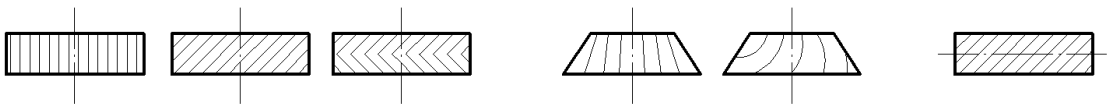



Рис. 64. Виды зубчатых колес:
*а* – цилиндрические колеса; *б* – конические колеса; *в* – червяк

При использовании колёс с непрямыми зубьями повышается плавность и бесшумность работы и увеличивается нагрузочная способность передачи.

В зубчатых передачах с пересекающимися осями в качестве начальных поверхностей используются усечённые конусы, вершины которых пересекаются в одной точке (рис. 65, *а*), а в передачах с перекрещивающимися

осями теоретическими начальными поверхностями являются гиперболоиды вращения (рис. 65, *б*). Такие передачи называются *гиперболоидными*.

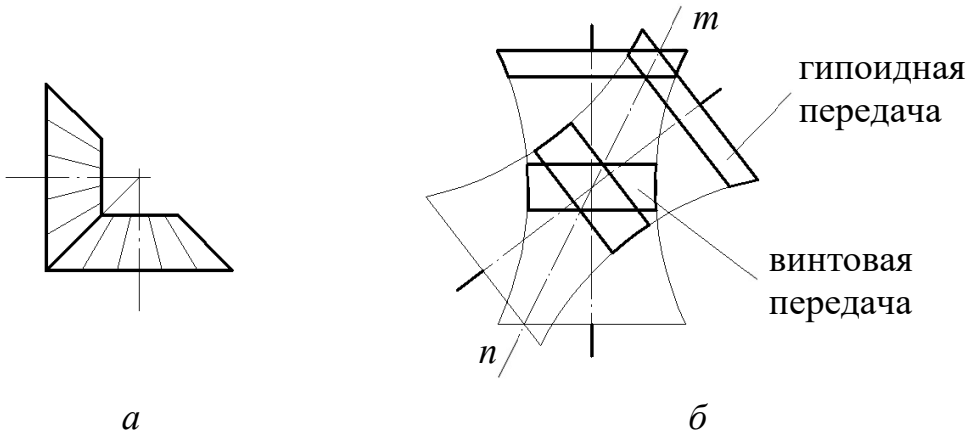



Рис. 65. Начальные плоскости зубчатых передач: *а* – зубчатая передача с пересекающимися осями; *б* – зубчатая передача с перекрещивающимися осями

При использовании колёс с непрямыми зубьями повышается плавность и бесшумность работы и увеличивается нагрузочная способность передачи.

В зубчатых передачах с пересекающимися осями в качестве начальных поверхностей используются усечённые конусы, вершины которых пересекаются в одной точке (рис. 65, *а*), а в передачах с перекрещивающимися осями теоретическими начальными поверхностями являются гиперболоиды вращения (рис. 65, *б*). Такие передачи называются *гиперболоидными*.

Контакт зубьев колёс в таких передачах происходит по прямолинейным образующим *mn*. В машиностроительной практике ограничиваются отдельными короткими частями гиперболоидов. Например, используя среднюю часть гиперболоидов, получают винтовую зубчатую передачу, а если использовать усечённые конусы, близкие по профилю к гиперболоидам в их широкой части, то получим так называемую *гипоидную передачу* (рис. 65, *б*).

Частным случаем винтовой передачи является червячная передача, в которой малое колесо называется *червяком*, а большое – *червячным колесом* (рис. 66).

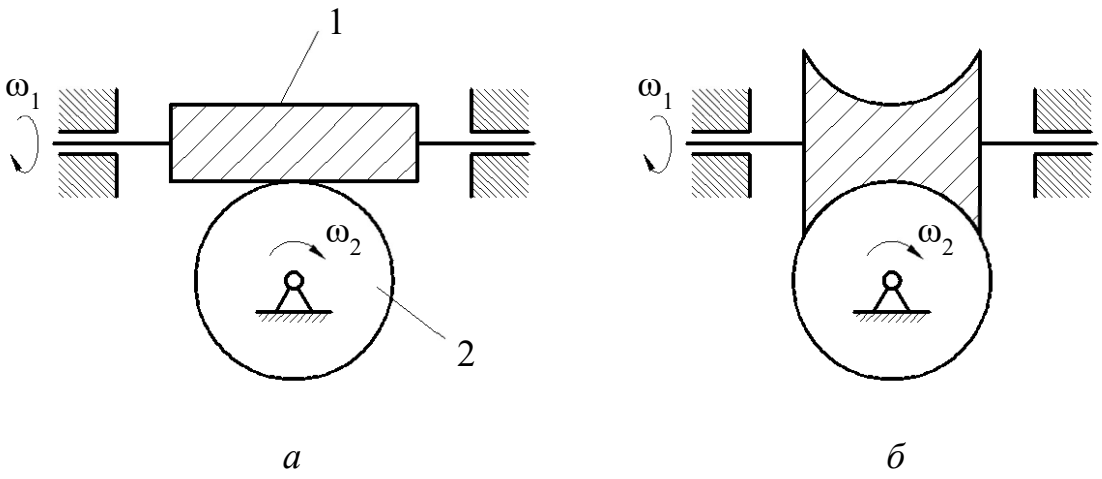



Рис. 66. Червячная передача:
*а* – передача с цилиндрическим червяком; *б* – передача с тороидным (глобоидным) червяком

Червячные передачи могут быть с одно и многозаходными червяками, при этом число заходов червяка равно числу его зубьев.

Червячные передачи позволяют обеспечить большое передаточное отношение при сравнительно малых габаритах вследствие малого числа $z_1$ зубьев (заходов) на червяке (обычно $z_1$ = 1; 2; 4). Однако коэффициент КПД передачи ниже, чем у цилиндрической.

Широко употребляются следующие значения передаточных отношений для зубчатой пары: 1…6 – для цилиндрических передач; 1…4 – для конических передач; 10…40 – для червячных передач.

По форме профиля зуба различают передачи *эвольвентные, циклоидные, цевочные*, а также *передачи с зацеплением Новикова*.

Наибольшее распространение получили эвольвентные передачи с профилем, предложенным Л. Эйлером в 1754 г. Преимуществом этого профиля является простота изготовления, достаточно высокая нагрузочная способность, малая чувствительность к неточностям межцентрового расстояния. Однако эвольвентный профиль удовлетворяет не всем требованиям, предъявляемым к современным зубчатым передачам. Так, например, в мощных передачах внешнего зацепления, где контактируют

выпуклые зубья с малыми радиусами кривизны профилей, происходит их быстрое разрушение из-за недостаточной контактной прочности. Одним из путей повышения контактной прочности является использование внутреннего зацепления, в котором профиль зуба одного из колёс вогнутый.

Другой путь – применение передач с зацеплением Новикова, где выпуклые профили зубьев одного из колёс, очерченные по дуге окружности, контактируют с вогнутыми профилями другого колеса. При этом нагрузочная способность передачи повышается в два – три раза по сравнению с эвольвентной, а также уменьшаются потери на трение.

Одной из интересных и перспективных передач является так называемая волновая передача (рис. 67), состоящая из жёсткого 1 и гибкого 2 зубчатых колёс, а также генератора волн 3 с роликами 4. При вращении генератора 3, благодаря разнице чисел зубьев жёсткого и гибкого колёс, приводится во вращение колесо 2, причём передаточное отношение может быть очень большим ($i$ = 40...400). Изобретатель волновой передачи У. Массер (США, 1959 г.) указывал на возможность использования треугольного профиля зубьев.

К зубчатым передачам относятся передачи с некруглыми, секторными

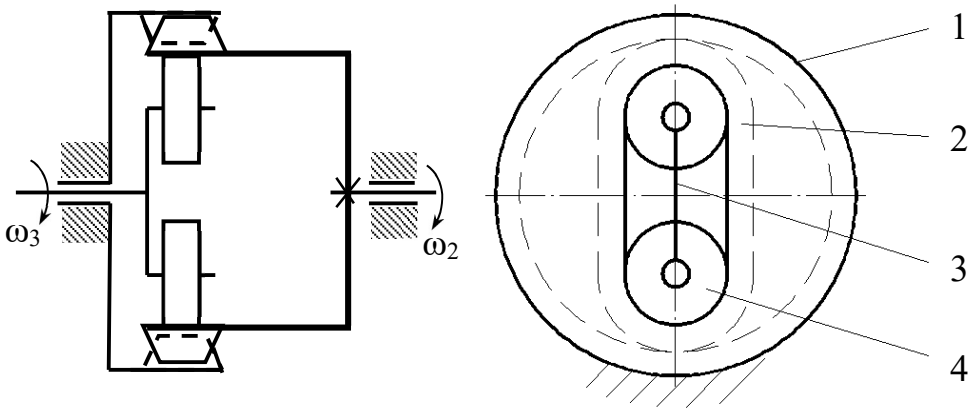



Рис. 67. Волновая передача

колёсами, колёсами, имеющими зубья на части обода и т. д.

Обычно в зубчатых передачах меньшее колесо называется *шестерней*.

Выбор той или иной передачи зависит от традиционной области её применения и конкретных функциональных особенностей механизма, в котором эта передача будет использована.

### 8.4. Основная теорема зацепления (теорема Виллиса)

Для постоянства передаточного отношения при зацеплении двух профилей зубьев необходимо, чтобы радиусы начальных окружностей зубчатых колёс, перекатывающихся друг по другу без скольжения, оставались неизменными. Если рассмотреть обращённое движение начальных окружностей (рис. 68, *а*), когда всей системе задана угловая скорость ($-\omega_2$), то второе колесо будет условно неподвижным и точка *p* является мгновенным центром относительного вращения колёс. Эта точка, называемая *полюсом зацепления*, где контактируют начальные окружности, делит межцентровое расстояние на отрезки, обратно пропорциональные угловым скоростям, т. к. при $r_w = const$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w1}}{r_{w2}} = const. \qquad (8.1)$$

Рассмотрим обращённое движение профилей зубьев зубчатых колёс (рис. 68).

Точка контакта зубьев (точка *k*), принадлежащая первому колесу, вращается вокруг точки *p*, которая будет мгновенным центром скоростей. Скорость $v_k \perp pk$ и совпадает с общей касательной к профилям в точке *k* при условии постоянства этого контакта. В противном случае постоянного контакта не будет, так как появится составляющая $v_k''$, и профили разомкнутся (рис. 69). Так как рассматривается произвольное положение зубьев, то можно сформулировать теорему.

**Нормаль *n – n* к касающимся профилям зубьев, проведённая через точку их касания, делит межцентровое расстояние на части, обратно пропорциональные угловым скоростям.**

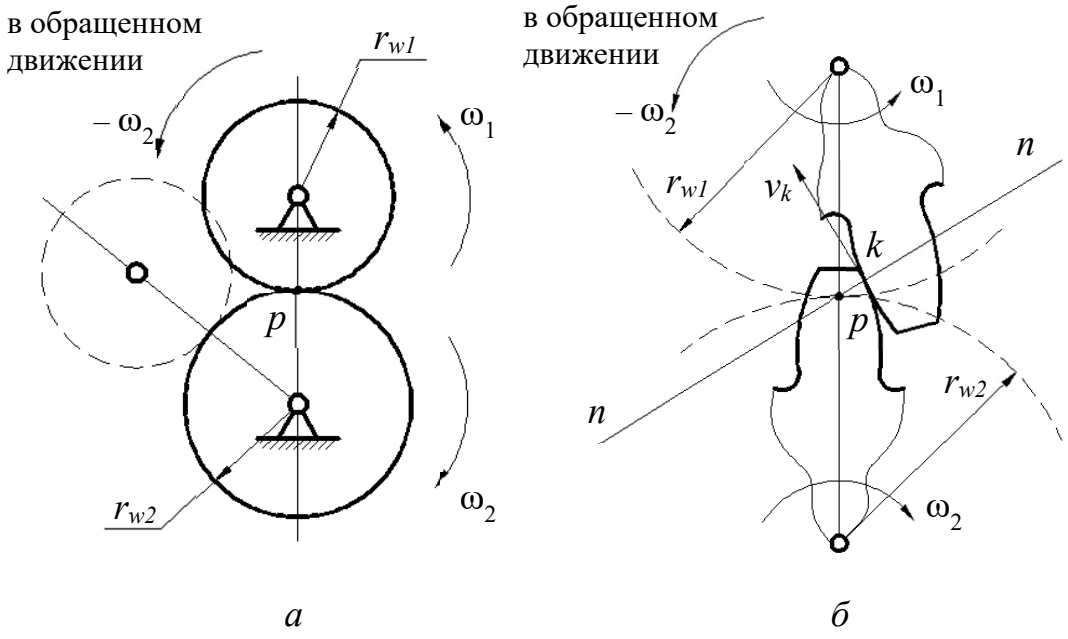



Рис. 68. Обращенное движение зубчатых колес:
*а* – обращенное движение зубчатых колес; *б* – обращенное движение профилей зубьев

Эта теорема, сформулированная Р. Виллисом в 1841 г., определяет основной закон зацепления профилей, которые не могут быть произвольными, а должны быть специально подобраны.

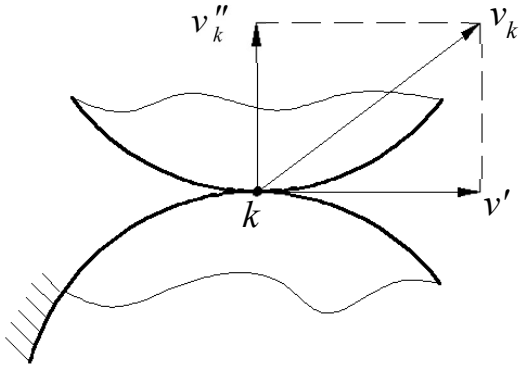



Рис. 69. Размыкание контакта в точке *k*

## 8.5. Эвольвента и её свойства

Наибольшее применение получили эвольвентные зубчатые передачи с профилем зубьев, очерченным по эвольвенте (рис. 70).

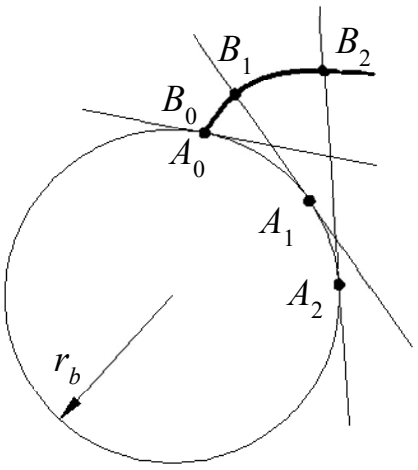



Рис. 70. Эвольвента круга

*Эвольвентой круга* называется траектория точки, лежащей на прямой, которая перекатывается без скольжения по окружности радиуса $r_b$, называемой *основной*.

Эвольвента имеет следующие свойства:

1) начинается с основной окружности;

2) нормаль к эвольвенте является касательной к основной окружности;

3) радиус кривизны эвольвенты в каждой её точке лежит на нормали к эвольвенте в этой точке.

Основная окружность представляет собой геометрическое место центров кривизны эвольвенты и является её *эволютой*.

### 8.6. Геометрия эвольвентного зацепления

В процессе зацепления зубья касаются друг друга различными точками профиля (рис. 71). Так как эти точки лежат на нормали к профилям, которая одновременно является касательной к обеим основным окружностям, то совокупность точек касания (линия *ab* ) совпадает с общей для обеих основных окружностей касательной *n – n*.

Эта линия называется *теоретической линией зацепления*, а линия *ab* длиной $g_\alpha$ является её активной частью, где располагаются все точки контакта зубьев. Угол $\alpha_w$, измеряемый между нормалью *n – n* к профилям в полюсе зацепления *p* и общей касательной к обеим начальным окружностям, называется *углом зацепления*. Таким образом:

$$\begin{aligned} r_{b1} &= r_{w1}\cos\alpha_w; \\ r_{b2} &= r_{w2}\cos\alpha_w. \end{aligned} \qquad (8.2)$$

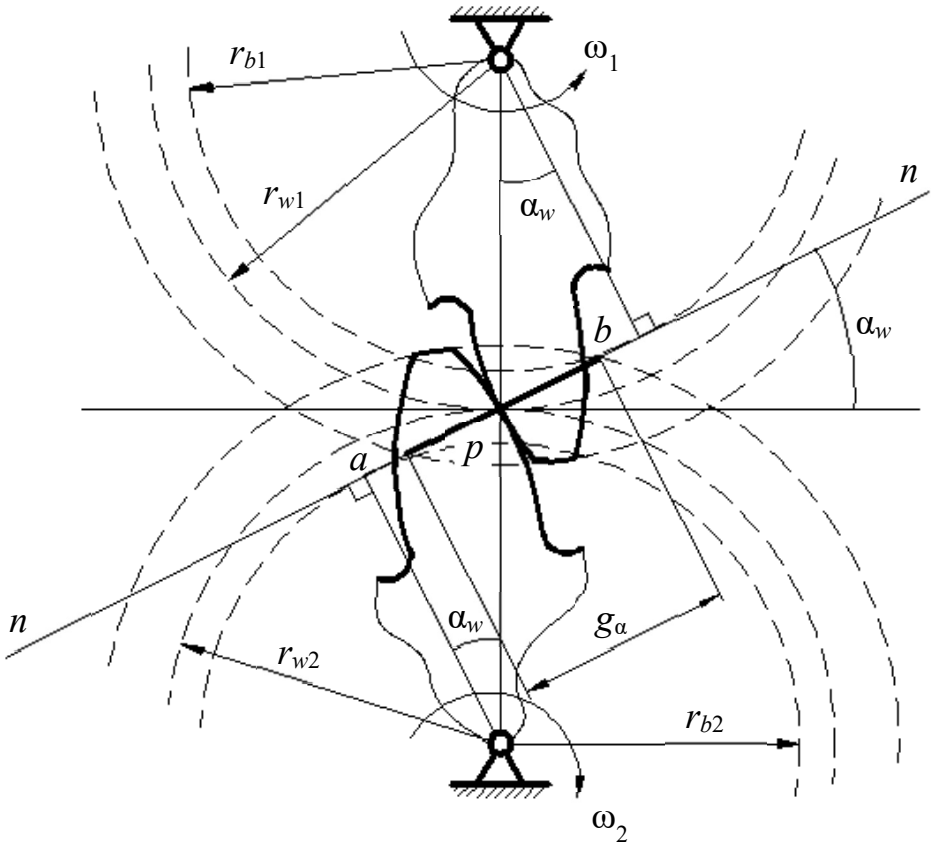



Рис. 71. Геометрия эвольвентного зацепления

### 8.7. Качественные показатели зацепления

Одним из качественных показателей зубчатой передачи является коэффициент перекрытия $\varepsilon_\alpha$, равный

$$\varepsilon_\alpha = \frac{g_\alpha}{p_b}, \tag{8.3}$$

где $p_b$ – шаг по основной окружности (расстояние между сходственными точками двух соседних зубьев, замеренное по дуге основной окружности).

Коэффициент $\varepsilon_\alpha$ показывает, сколько пар зубьев в среднем одновременно находится в зацеплении. Для прямозубой передачи обычно $1 < \varepsilon_\alpha < 2$. Чем больше $\varepsilon_\alpha$, тем более плавно и бесшумно работает передача.

Другим качественным показателем является коэффициент скольжения, который учитывает влияние геометрии передачи и её кинематики на

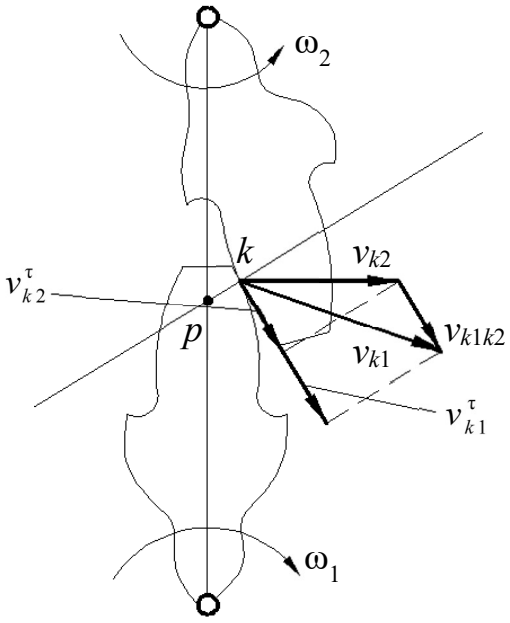


Рис. 72. План скоростей в зубчатом зацеплении

скольжение и износ профилей, скользящих друг по другу (рис. 72), что видно из плана скоростей.

На плане:

$v_{k1}$ – скорость точки $k$ первого профиля;

$v^{\tau}_{k1}$ – проекция этой скорости на касательную к контактирующим профилям;

$v_{k2}, v^{\tau}_{k2}$ – то же для колеса 2.

Скорость скольжения колес 1 и 2 относительно друг друга равна:

$$v_{c.k} = v_{k1k2} = v^{\tau}_{k1} - v^{\tau}_{k2}. \qquad (8.4)$$

Коэффициенты скольжения колёс 1 и 2 равны:

$$\lambda_1 = \frac{v_{c.k}}{v^{\tau}_{k1}}; \qquad \lambda_2 = \frac{v_{c.k}}{v^{\tau}_{k2}}. \qquad (8.5)$$

Эти коэффициенты равны нулю в полюсе (точка $p$) и увеличиваются с удалением от него по линии зацепления.

Таким образом, чем длиннее линия зацепления, (и чем больше коэффициент перекрытия $\varepsilon_\alpha$), тем больше скольжение и износ профилей зубьев.

## 8.8. Основные параметры зубчатых колёс

Основными параметрами зубчатого колеса являются (рис. 73):

$z$ – число зубьев;

$r_a$ ($d_a$) – радиус (диаметр) окружности выступов;

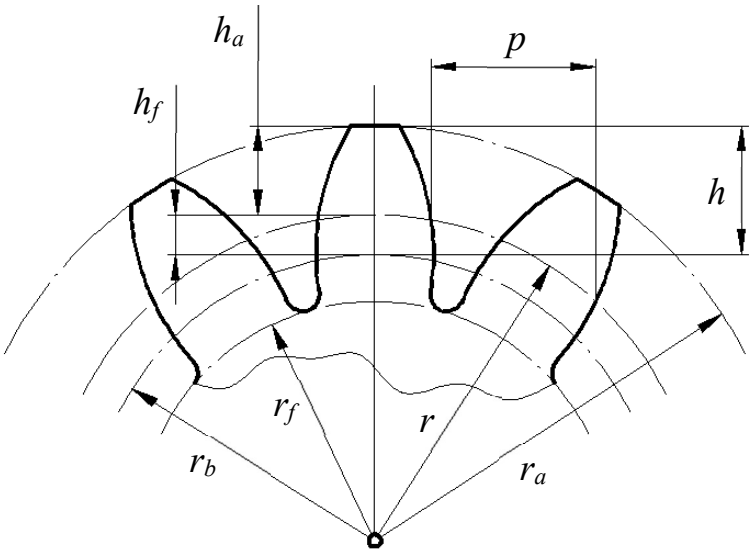



Рис. 73. Основные геометрические параметры зубчатого колеса

$r_f$ ($d_f$) – радиус (диаметр) окружности впадин;

$r_b$ ($d_b$) – радиус (диаметр) основной окружности;

$r$ ($d$) – радиус (диаметр) делительной окружности, т. е. окружности, которая является начальной в станочном зацеплении колеса с режущим инструментом;

$p$ – шаг зубьев по делительной окружности;

$m$ – модуль зацепления, определяемый следующим образом:

$$d = zm = \frac{zp}{\pi},$$
$$m = \frac{p}{\pi}; \tag{8.6}$$

$h$ –высота зуба, равная

$$h = h_a + h_f, \tag{8.7}$$

где $h_a = m$ – высота головки зуба;

$h_f = 1{,}25\ m$ – высота ножки зуба;

Величина $m$ стандартизирована и выражена в миллиметрах, а делительная окружность является окружностью стандартного модуля.

Обычно используется угол зацепления α =20°.

## 8.9. Методы нарезания зубчатых колёс

Существует два принципиально различных метода нарезания: метод копирования и метод обкатки.

В методе копирования впадина зубчатого колеса фрезеруется на универсальном фрезерном станке фасонными дисковыми или пальцевыми фрезами, профиль которых соответствует профилю впадины (рис. 74). Затем заготовку поворачивают на угол 360° / *z* и выполняют следующую впадину. При этом используется делительная головка, а также имеются наборы фрез для нарезания колёс с различным модулем и различным числом зубьев. Метод имеет низкую производительность и применяется в мелкосерийном и единичном производстве.

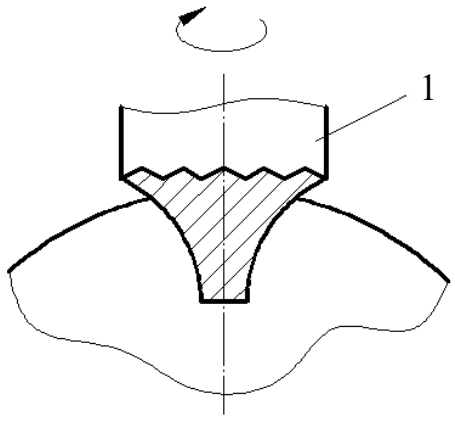



Рис. 74. Метод копирования:
1 – пальцевая модульная фреза

Метод обкатки (другое название – метод огибания) может производиться с помощью инструментальной рейки (гребёнки) на зубострогальном станке; долбяком на зубодолбёжном станке или червячной фрезой на зубофрезерном станке. Этот метод высокопроизводителен и применяется в массовом и крупносерийном производстве. Одним и тем же инструментом можно нарезать колёса с различным числом зубьев. Нарезание с помощью инструментальной рейки имитирует реечное зацепление (рис. 75, *а*), где профиль зуба образуется как огибающая последовательных положений профиля инструмента, угол исходного контура которого α=20º (рис. 75, *б*). Зацепление между режущим инструментом и нарезаемым колесом называется *станочным*. В станочном зацеплении начальная окружность всегда совпадает с делительной.

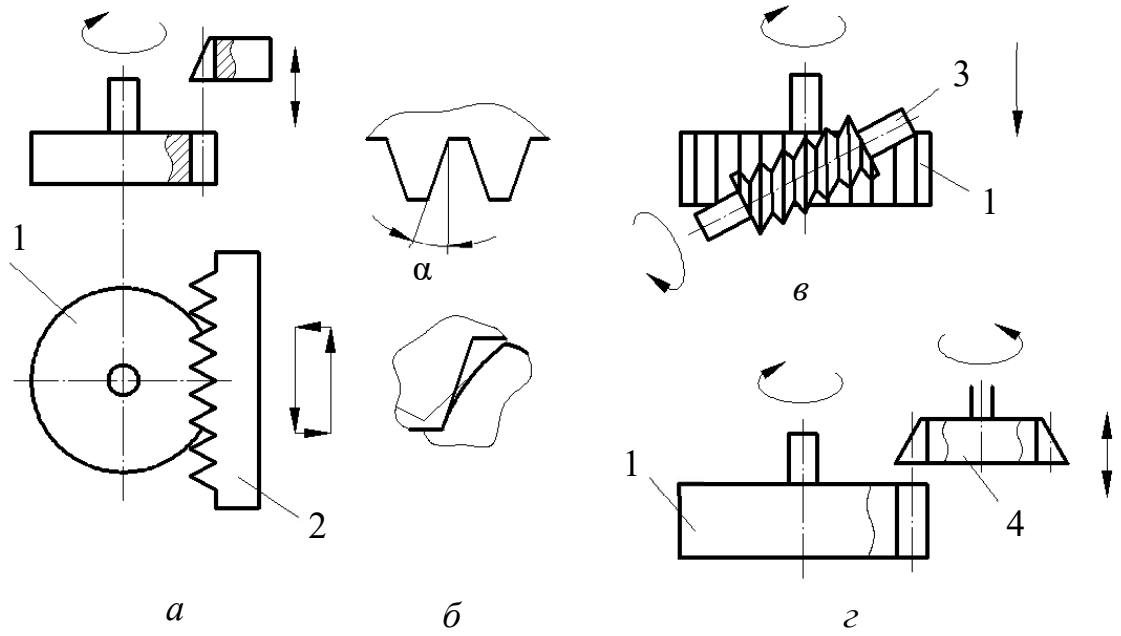



Рис. 75. Метод обкатки:
а) – нарезание с помощью инструментальной рейки; б) – формирование профиля зуба;
в) – нарезание с помощью червячной фрезы; г) – нарезание долбяком;
1 – заготовка; 2 – рейка; 3 – фреза; 4 – долбяк

Самым производительным из рассмотренных методов является зубофрезерование с помощью червячных фрез, которые находятся в зацеплении с заготовкой по аналогии с червячной передачей (рис. 75, *в*).

При нарезании долбяком осуществляется его возвратно поступательное движение при одновременном вращении. Фактически при этом осуществляется зацепление заготовки с инструментальным зубчатым колесом – долбяком (рис. 75, *г*). Этот метод чаще всего используется при нарезании внутренних зубчатых венцов.

Все рассмотренные методы используются для нарезания цилиндрических колёс как с прямыми, так и с косыми зубьями.

## 8.10. Корригирование зубчатых колёс

При нарезании колёс режущий инструмент можно располагать ближе к заготовке или дальше от неё. Положение инструмента определяется расстоянием между делительной окружностью колеса и так называемой модульной прямой рейки, проходящей через середину высоты зуба режущего инструмента (рис. 76).

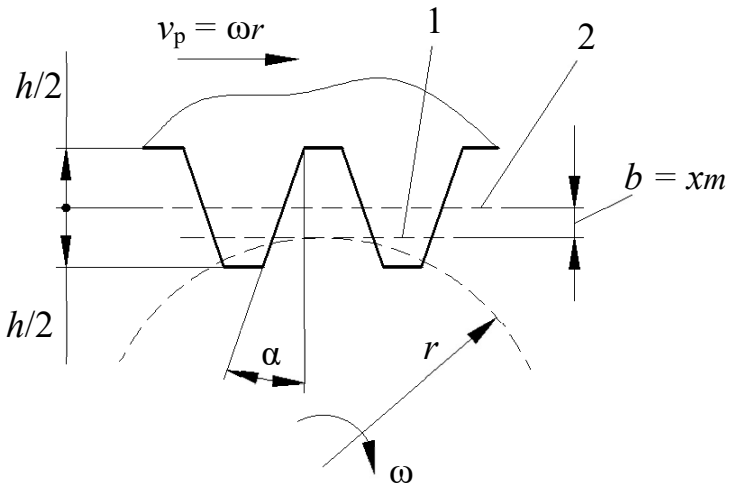



Рис. 76. Корригирование зубчатых колес:
1 – модульная прямая рейка; 2 – начальная прямая рейка;
$v_р$ – скорость рейки

В зависимости от положения рейки по делительной окружности может перекатываться без скольжения либо модульная прямая рейки, либо начальная прямая, отстоящая от модульной прямой на величину смещения $b$, которое называется *сдвигом* или *коррекцией*, а коэффициент $x$, равный

$$x = \frac{b}{m}, \tag{8.8}$$

называется *коэффициентом смещения инструмента*. Если инструмент смещён от нарезаемого колеса, то $x$ считается положительным (положительная коррекция), а если к центру колеса, то $x$ считается отрицательным (отрицательная коррекция). При $x = 0$ нарезаемое колесо называется

*нормальным (нулевым)*. Толщина зуба и ширина впадины такого колеса по делительной окружности равны между собой.

При положительной коррекции увеличивается прочность зуба, но уменьшается длина линии зацепления, а следовательно, и коэффициент перекрытия $\varepsilon_\alpha$. При отрицательной коррекции – обратный эффект, т. е. увеличивается плавность и бесшумность работы передачи, но прочность зуба уменьшается.

Зацепление двух зубчатых колёс характеризуется суммарным коэффициентом коррекции $x_\Sigma = x_1 + x_2$, причём возможны три случая:

1) $x_\Sigma = 0$ при $x_1 = x_2 = 0$, когда в зацеплении находятся два нулевых зубчатых колеса (нулевое зацепление);

2) $x_\Sigma = 0$ при $x_1 = -x_2$, когда в зацеплении находятся два корригированных зубчатых колеса, коэффициенты коррекции которых равны по величине и противоположны по знаку (равносмещённое зацепление с высотной коррекцией);

3) $x_\Sigma \neq 0$, когда в зацеплении находятся два корригированных колеса, имеющих:

а) $x_\Sigma > 0$ – положительное неравносмещённое зацепление с угловой коррекцией;

б) $x_\Sigma < 0$ – отрицательное неравносмещённое зацепление с угловой коррекцией.

В первых двух случаях ($x_\Sigma = 0$) делительные окружности совпадают с начальными, угол зацепления $\alpha_w$ равен углу исходного контура рейки $\alpha$ и межосевое расстояние равно

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}, \tag{8.9}$$

в отличие от неравносмещённого зацепления, где делительные и начальные окружности не совпадают, $\alpha_w \neq \alpha$, а межосевое расстояние и диаметры начальных окружностей равны

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w};$$

$$d_{w1} = mz_1 \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w}; \qquad (8.10)$$

$$d_{w2} = mz_2 \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w}.$$

## 8.11. Наименьшее число зубьев зубчатых колёс. Подрезание и заострение зубьев

При нарезании нулевых колёс с малым числом зубьев может возникнуть явление врезания головок зубьев режущего инструмента в ножки зубьев колеса. Это явление называется *подрезанием зуба*. При этом уменьшается его прочность и увеличивается износ рабочей части зуба (рис. 77).

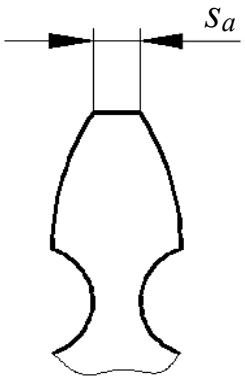



Рис. 77. Подрезание зуба

Согласно свойствам эвольвентного зацепления точки контакта зубьев эвольвентного профиля совпадают с линией *np*, начиная с точки *n* (рис. 78), т. е. высота прямолинейной части головки зуба режущего инструмента (рейки), равная *m*, должна быть меньше отрезка *pf*, иначе часть головки зуба рейки будет контактировать с заготовкой (нарезать её) не по эвольвенте.

Так как $m \le pf$, а размер *pf* равен

$$pf = r\sin^2\alpha = \frac{mz}{2}\sin^2\alpha, \qquad (8.11)$$

то

$$z \ge \frac{2}{\sin^2\alpha}. \qquad (8.12)$$

Подстановка в выражение (8.12) стандартного $\alpha = 20°$ даёт условие отсутствия подреза в виде $z \ge z_{\min} = 17$.

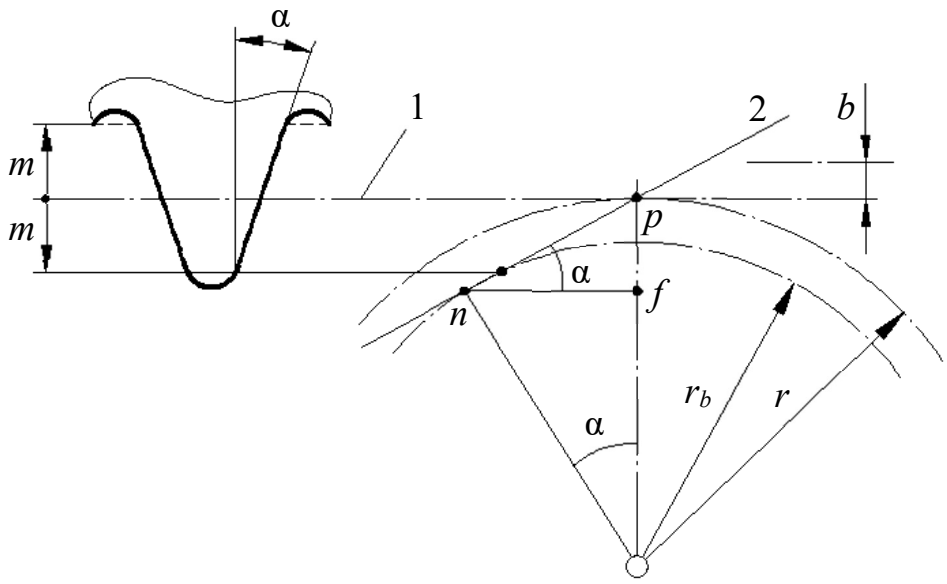



Рис. 78. Условие контакта рейки с заготовкой:
1 – модульная прямая; 2 – линия зацепления

Для исключения подреза при $z < z_{\min}$ необходимо сместить инструмент от центра заготовки (положительная коррекция) так, чтобы

$$m - b \le \frac{mz}{2}\sin^2 \alpha, \tag{8.12}$$

откуда

$$b = mx \ge m - \frac{mz}{2}\sin^2 \alpha. \tag{8.13}$$

С учётом того, что

$$\sin^2 \alpha = \frac{2}{z_{\min}}, \tag{8.14}$$

из формулы (8.13) после преобразований получим нижний предел коэффициента коррекции по условию отсутствия подреза.

$$x_{\min} = \frac{z_{\min} - z}{z_{\min}}. \tag{8.15}$$

Если увеличивать коэффициент $x$, то толщина зуба $s_a$ у вершины (рис. 77) будет уменьшаться и при некотором $x_{\max}$ наступит заострение зуба ($s_a = 0$). Опасность заострения наиболее велика у колёс с малым числом зубьев ($z < 15$).

Для предотвращения разрушения заострённого зуба коэффициент смещения $x$ назначают с расчётом, чтобы $s_a \geq 0{,}2m$.

### 8.12. Выбор расчётных коэффициентов смещения для передач внешнего зацепления

При назначении коэффициентов смещения $x_1$ и $x_2$ для любой передачи должны выполняться три условия:

1) отсутствие подрезания;

2) отсутствие заострения;

3) непрерывность зацепления.

Первое условие выполняется при $x_i \geq x_{\min i}$ ($x_{\min i}$ определяются из условия отсутствия подреза). Второе и третье условия выполняются при ограничении верхних пределов $x_i$ величинами $x_{\max i}$ с учётом возможности заострения зубьев и уменьшения коэффициента перекрытия $\varepsilon_\alpha$ до величины $\varepsilon_\alpha < 1$. Для этого при выборе $x_i$ необходимо чтобы $x_{\min i} \leq x_i \leq x_{\max i}$, где $x_{\max i}$ для каждого из колёс берётся наименьшим из значений, учитывающих заострение зуба и снижения $\varepsilon_\alpha$ до величины $\varepsilon_\alpha < 1$.

Внутри указанных диапазонов $x$ назначаются так, чтобы по возможности улучшить качественные показатели передачи (прочность, износостойкость, плавность хода).

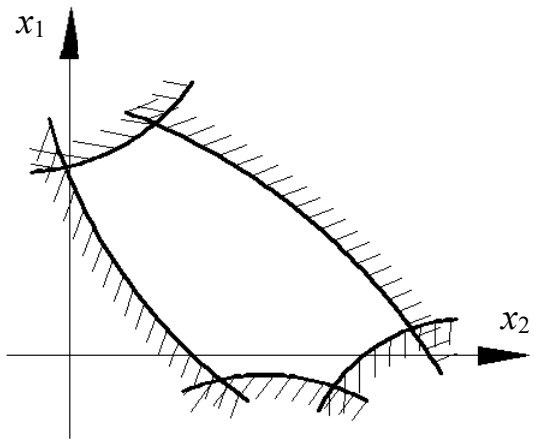



Рис. 79. Блокирующий контур

Для передачи можно построить область допустимых значений коэффициентов смещения в координатах $x_1$ и $x_2$, которая называется *блокирующим контуром*. Допустимые значения $x_1$ и $x_2$ расположены внутри контура (рис. 79).

Для каждой передачи можно построить свой контур. Такие

блокирующие контуры для различных передач имеются в справочной литературе.

### 8.13. Цилиндрические колёса с косыми зубьями и их особенности

Образование косозубого колеса можно представить, если взять цилиндрическое прямозубое колесо и сообщить ему крутильную деформацию. При этом угол скручивания, образованный осью колеса и винтовой линией, является углом наклона винтовой линии β.

Цилиндрические колёса с косыми зубьями применяются при передаче вращения между параллельными и перекрещивающимися осями. В передаче с параллельными осями углы β обоих колёс равны по величине и противоположны по направлению при внешнем зацеплении и одинаковы по направлению при внутреннем зацеплении. Угол β (рис. 80, *а*) называется *углом наклона зубьев по делительному цилиндру радиуса r*. С другими соосными цилиндрами, начальным ($r_w$) и основным ($r_b$) винтовая поверхность зуба образует, соответственно, углы $\beta_w$ $\beta_b$. Шаг винтовой линии равен

$$p = 2\pi r \operatorname{ctg}\beta = 2\pi r_w \operatorname{ctg}\beta_w = 2\pi r_b \operatorname{ctg}\beta_b. \qquad (8.16)$$

В косозубом колесе различают торцовый $m_t$, нормальный $m_n$ и осевой $m_x$ модули, причём стандартное значение имеет нормальный модуль $m_n$, соответствующий размерам зуба, замеренным по нормали $n - n$ к его оси (рис. 80, *б*), что объясняется установкой режущего инструмента. Аналогично различают торцовый $p_t$, нормальный $p_n$ и осевой $p_x$ шаг. Значения модуля и шага определяются формулами:

$$\begin{aligned} m_t &= \frac{m_n}{\cos\beta} = \frac{m_x}{\operatorname{ctg}\beta}; \\ p_t &= \frac{p_n}{\cos\beta} = \frac{p_x}{\operatorname{ctg}\beta}. \end{aligned} \qquad (8.17)$$

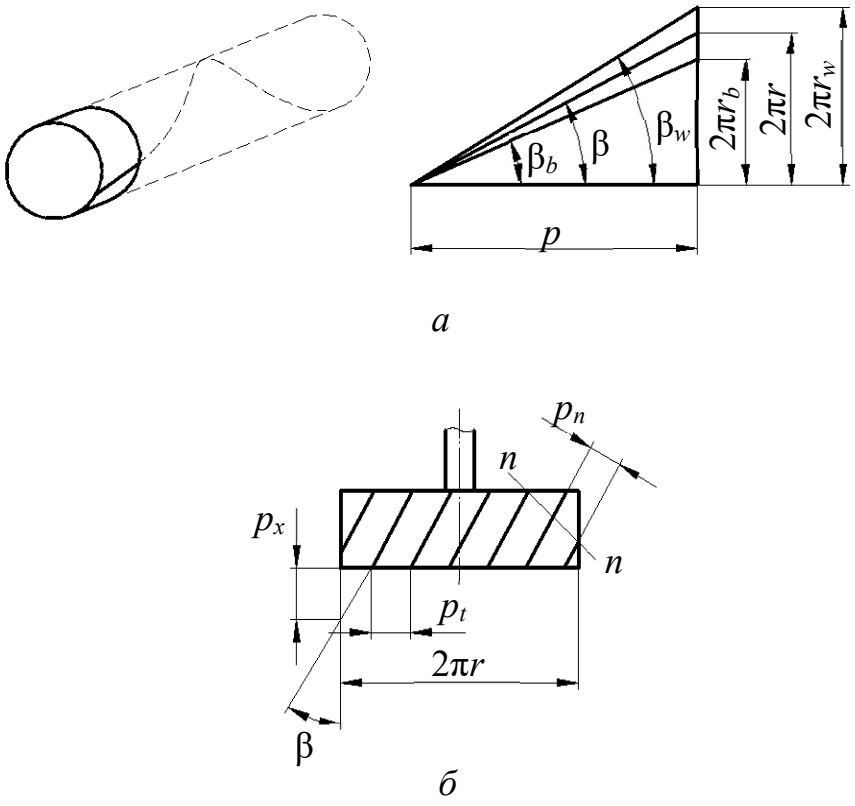



Рис. 80. Особенности цилиндрических колес с косыми зубьями:
*а* – углы наклона зубьев; *б* – шаги косых зубьев

Большим достоинством зацеплений с косыми зубьями является возможность получения малогабаритных передач. Так, если для прямозубого колеса $z_{\min} = 17$, то для косозубого

$$z_{\min} = 17\cos^3\beta. \qquad (8.18)$$

В экспериментальных конструкциях $z_{\min}$ доводят до трёх и менее зубьев. Кроме того, увеличивается коэффициент перекрытия, доходя до 10 и выше, что также повышает нагрузочную способность и позволяет уменьшить габариты передачи. *Недостатком* косозубой передачи является возникновение дополнительных осевых усилий, нагружающих подшипники.

Этот недостаток устраняется в шевронных передачах.

## 8.14. Конические зубчатые передачи

Конические передачи являются передачами с пересекающимися осями вращения звеньев. Применяются, главным образом, передачи с углом между осями δ = 90° (ортогональные). Основные параметры аналогичны параметрам цилиндрических колёс (рис. 81), причём делительной окружностью внешнего окружного модуля $m_e$ является внешняя делительная окружность конического колеса диаметром $d_e$.

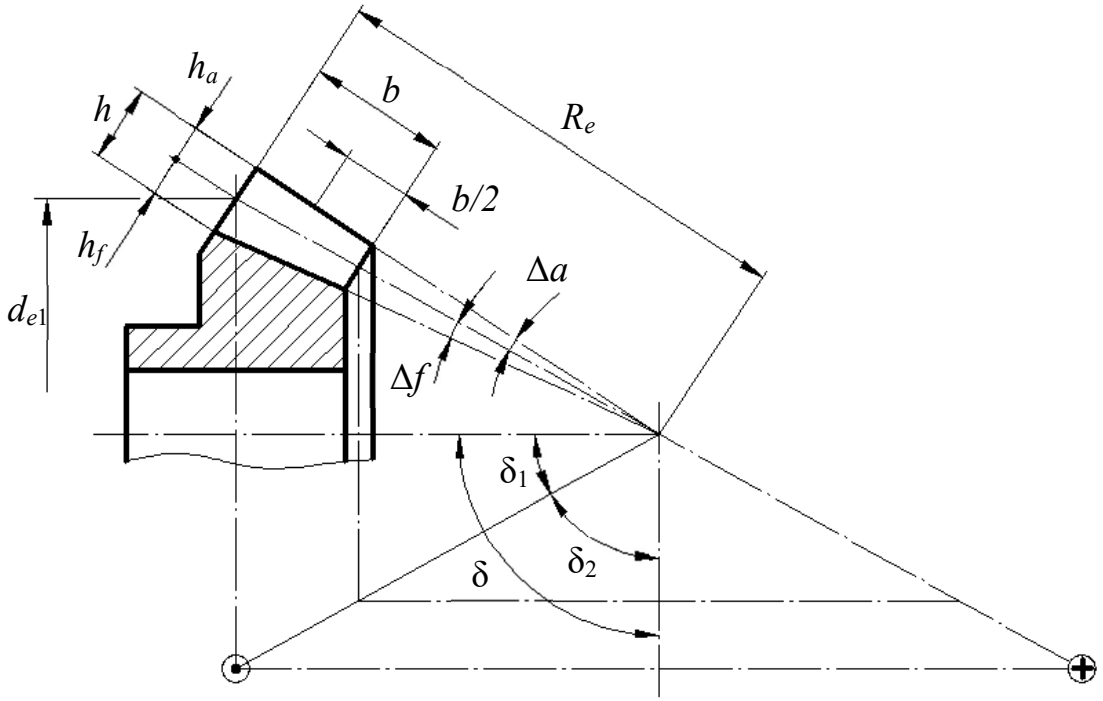



Рис. 81. Основные геометрические параметры конического зубчатого колеса

Через модуль выражаются все остальные размеры. Для расчёта зубьев на изгиб используется величина среднего модуля $m_m$, замеренного в середине ширины $b$ зубчатого венца. Передаточное отношение равно

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin\delta_2}{\sin\delta_1}, \qquad (8.19)$$

где $\delta_1$, $\delta_2$ – углы делительных конусов колёс 1 и 2 соответственно.

В конических передачах $i(u)$ не имеет знака, а для определения направления вращения изображают векторы абсолютных скоростей точек на начальных конусах в виде кружка с точкой (на зрителя) и крестиком (от зрителя), как показано на рис. 81.

Важным параметром является внешнее конусное расстояние $R_e$, равное

$$R_e = \frac{d_{e1}}{2\sin\delta_1}. \tag{8.20}$$

### 8.15. Червячные передачи

Червячные передачи являются передачами со скрещивающимися осями. Угол между осями в плане обычно равен 90°. Принцип их действия аналогичен передаче винт-гайка.

Червяки подразделяются по числу заходов (винтовых линий) на одно- и многозаходные. Число заходов $z_1$ есть число винтовых линий (витков), по которым расположены зубья. Расстояние между двумя соседними витками называется *шагом p*, а размер $h$, равный

$$h = z_1 p, \tag{8.21}$$

называется *ходом* винтовой линии.

Угол подъёма винтовой линии γ определяется по формуле

$$\gamma = \operatorname{arctg}\frac{h}{\pi d_1}, \tag{8.22}$$

где $d_1$ – диаметр делительной окружности червяка (рис. 82, *а*).

За основной параметр червячного зацепления принимается осевой модуль червяка $m_s$ (принято обозначать его $m$), равный торцевому модулю червячного колеса. Значения $m$ стандартизованы. Кроме того, стандартным параметром является относительный диаметр червяка $q$

$$q = \frac{m}{d_1}. \tag{8.23}$$

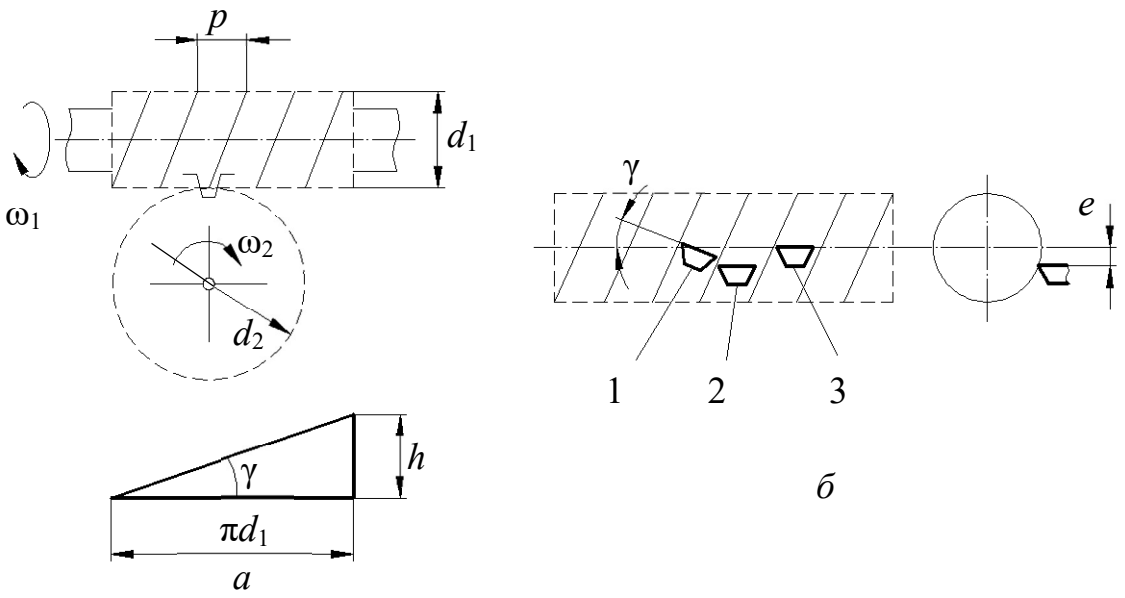



Рис. 82. Геометрические параметры червяка

По форме боковой поверхности резьбы различают конволютный, эвольвентный и архимедов червяки, образуемые при расположении резца трапециевидной формы, как указано на рис. 82, *б*, с режущей кромкой под углом γ наклона винтовой линии (положение 1) или при γ = 0 и смещении $e \neq 0$ (положение 2), а также при $e = 0$ (положение 3). Наименования червяков соответствуют наименованиям кривых, по которым очерчены зубья червяка в сечении, перпендикулярном его оси.

## 8.16. Кинематический анализ и классификация зубчатых механизмов

### 8.16.1. Механизмы с неподвижными осями

В практике машиностроения чаще возникает необходимость понижения, реже повышения скорости при передаче движения от входного звена к выходному.

Механизмы для передачи вращения, в которых происходит понижение

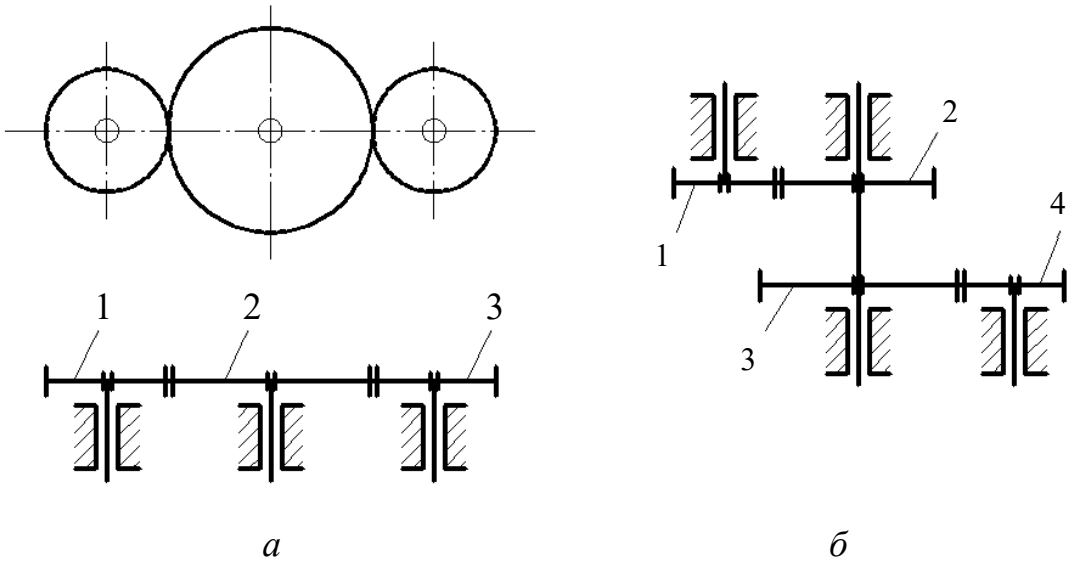
скорости вращения, называются *редукторами*, а механизмы, повышающие эту скорость, называются *мультипликаторами*.

По кинематическому признаку различают:

– механизмы с неподвижными геометрическими осями всех колёс (рядовые);

– механизмы с подвижными геометрическими осями некоторых колёс (эпициклические), которые обладают одной степенью свободы (планетарные) или двумя и более (дифференциальные).

Кроме того, различают одно- и многоступенчатые механизмы. Многоступенчатые состоят из одной или двух и более пар колёс, соединённых последовательно (рис. 83, *а*), параллельно (рис. 83, *б*), или смешанно.




*а* *б*

Рис. 83. Многоступенчатые механизмы:
*а* – последовательное соединение; *б* – параллельное соединение

При проектировании механизмов для передачи вращения с заданным значением передаточных отношений и крутящего момента стремятся обеспечить высокий коэффициент полезного действия (кпд), минимальные габариты и вес.

Передаточное отношение одноступенчатого зубчатого редуктора (при отсутствии скольжения) равно

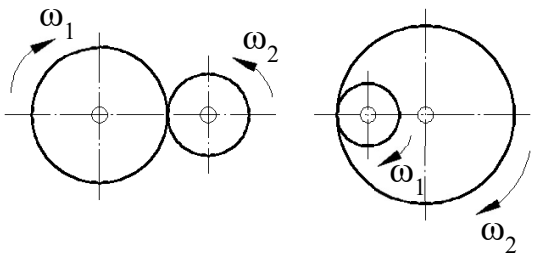
$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm\frac{d_{w2}}{d_{w1}} = \pm\frac{z_2}{z_1}. \qquad (8.24)$$

Для зубчатых понижающих передач принято использовать понятие *передаточное число u*.

Передаточное отношение считается положительным, если оба колеса зубчатой пары вращаются в одну сторону, и отрицательным, если в разные стороны. Обычно положительное передаточное отношение имеет зубчатая передача с внутренним зацеплением (рис. 84, *б*), а отрицательное – с внешним зацеплением (рис. 84, *а*).

В случае многоступенчатого механизма с параллельным соединением колёс (рис. 81, *б*) получим

$$u_{14} = \frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{\omega_1}{\omega_2}\cdot\frac{\omega_3}{\omega_4} = u_{12}\cdot u_{34}. \qquad (8.25)$$




*а* *б*

Рис. 84. Направление угловых скоростей: *а* – внешнее зацепление; *б* – внутреннее зацепление

При последовательном соединении колёс (рис. 83, *а*)

$$u_{13} = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{\omega_1}{\omega_2}\cdot\frac{\omega_2}{\omega_3}. \qquad (8.26)$$

Таким образом, в общем виде передаточное отношение многоступенчатого механизма равно произведению частных передаточных отношений отдельных ступеней:

$$i_{1k} = i_{12}\cdot i_{23}\cdot\ldots\cdot i_{(k-1)k}, \qquad (8.27)$$

причём промежуточные колёса в механизме с последовательным соединением не влияют на величину передаточного отношения, а служат лишь для изменения направления вращения. Эти промежуточные колёса называются *паразитными*.

Для кинематического анализа механизмов можно использовать графоаналитический метод, наглядно иллюстрирующий характер

распределения линейных скоростей звеньев механизма. Метод основан на использовании линейной зависимости скорости $v$ от радиуса, т. е. $v = \omega r$.

При построении картины, иллюстрирующей характер распределения линейных скоростей, сначала откладываются в выбранном масштабе $\mu_v$ известные вектора линейных скоростей точек, закон движения которых задан (рис. 85).

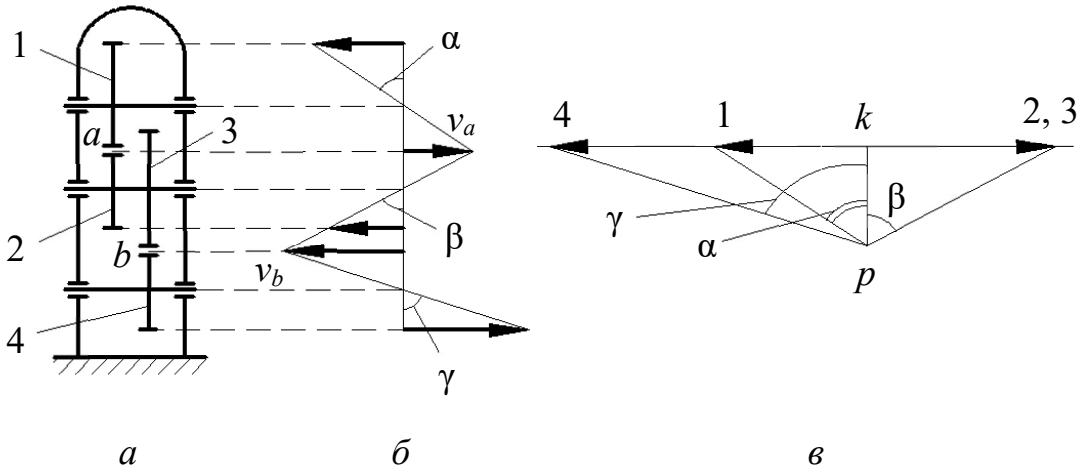



Рис. 85. Планы скоростей:
*а* – схема редуктора ($\mu_l$); *б* – план линейных скоростей ($\mu_v$);
*в* – план угловых скоростей ($\mu_\omega$), частот вращения ($\mu_n$)

Затем, проводя отрезки через концы векторов известных скоростей, получим план линейных скоростей.

Для определения угловых скоростей (частот вращения) всех звеньев удобно использовать план угловых скоростей (частот вращения), где отрезки $k1$, $k2$, ... соответствуют угловым скоростям (частотам вращения) колёс 1, 2, … При этом схема редуктора вычерчивается в масштабе $\mu_l$, а поскольку отрезки $k1$, $k2$, ... пропорциональны tgα , tgβ ,..., то

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{v}{r} = \omega. \qquad (8.28)$$

Выбор полюсного расстояния $pk$ может быть произвольным.

8.16.2. Эпициклические механизмы

Простейший эпициклический механизм (редуктор Джемса) состоит из центральных колёс 1 и 3 (рис. 86), сателлитного колеса (сателлита) 2 и водила *H*. Если одно из центральных колёс, например, колесо 3 остановить с помощью тормоза Т, то эпициклический механизм превращается в планетарный, где при вращении колеса 1 сателлит 2 обегает неподвижное колесо 3, вращая водило *H* с угловой скоростью $\omega_H$. Степень подвижности такого редуктора равна единице.

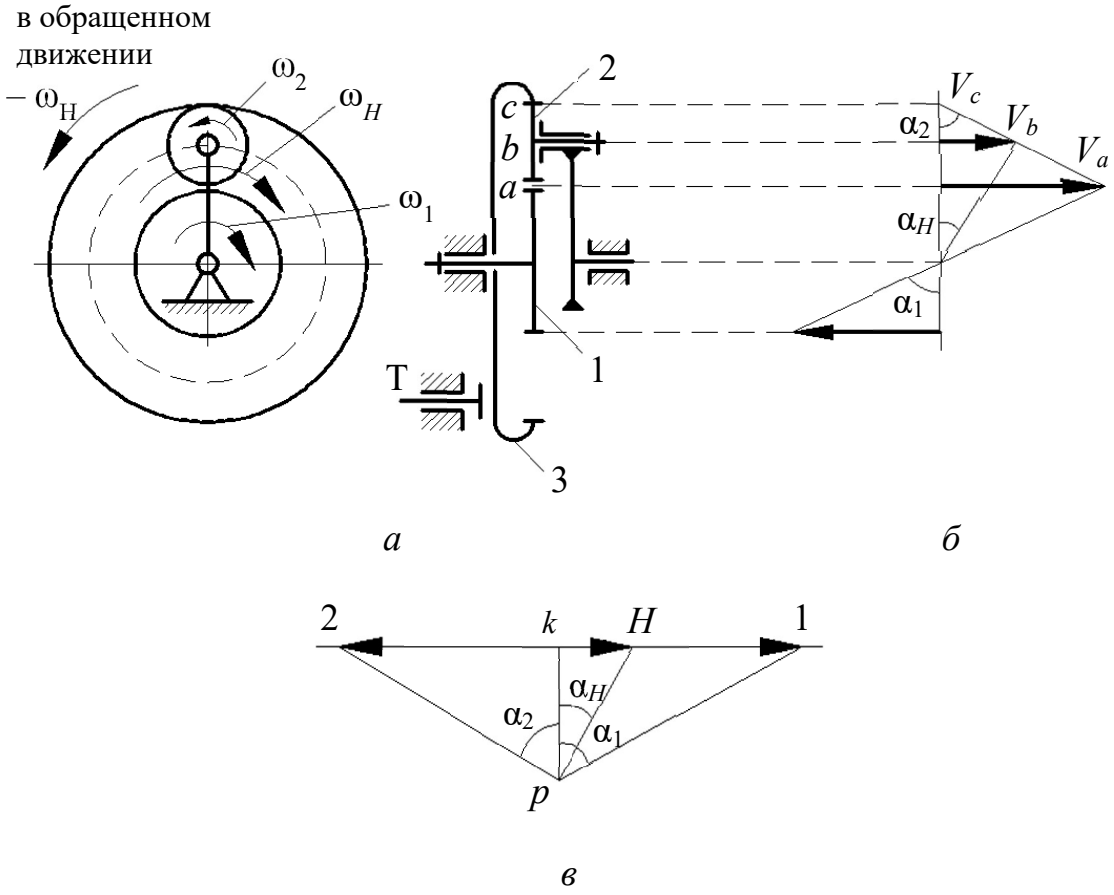



Рис. 86. Эпициклический механизм (редуктор Джемса):
*а* – схема механизма; *б* – картина скоростей; *в* – план угловых скоростей (частот вращения)

Для планетарного механизма можно построить картину скоростей и план угловых скоростей (частот вращения), используя рассмотренные выше

приёмы. План угловых скоростей можно использовать для приближённого определения передаточного числа планетарного механизма, которое равно

$$i_{1H} = \frac{k1}{kH}. \tag{8.29}$$

Аналитически передаточное число определяется с использованием метода обращения движения, когда механизму в целом сообщается вращение с угловой скоростью, обратной скорости водила (– $\omega_H$). При этом относительное движение звеньев не изменится, а водило $H$ в обращённом движении будет оставаться неподвижным, и планетарный редуктор превращается в рядовой (с неподвижными осями). Если обозначить угловые скорости звеньев в обращённом движении с индексом в круглых скобках, указывающим неподвижное звено, то

$$i_{13}^{(H)} = \frac{\omega_1^{(H)}}{\omega_3^{(H)}} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_3 - \omega_H}, \tag{8.30}$$

а поскольку в планетарном механизме $\omega_3 = 0$, то выражение (8.30) принимает вид

$$i_{13}^{(H)} = \frac{\omega_1^{(H)}}{\omega_3^{(H)}} = -\frac{\omega_1}{\omega_H} + 1 = -i_{1H} + 1. \tag{8.31}$$

С другой стороны, через соотношение чисел зубьев,

$$i_{13}^{(H)} = -\frac{z_3}{z_1}, \tag{8.32}$$

поэтому

$$i_{1H} = 1 - i_{13}^{(H)} = 1 + \frac{z_3}{z_1}. \tag{8.33}$$

Если в эпициклическом механизме (рис. 86) оба центральных колеса совершают вращение, то степень подвижности такого механизма будет равна двум, и он превращается в дифференциальный. Такие механизмы служат:

1) для привода одного рабочего органа от двух или более двигателей (т. е. для сложения движения нескольких ведущих звеньев);

2) для разложения движения одного вала на два и более независимых движений ведомых валов.

Выражение (8.30) называется *формулой Виллиса*, оно позволяет получить любую неизвестную угловую скорость в эпициклическом механизме при заданных остальных скоростях.

Одним из распространённых типов дифференциальных механизмов являются так называемые замкнутые, в которых благодаря дополнительной зубчатой передаче связаны оба центральных колеса (рис. 87).

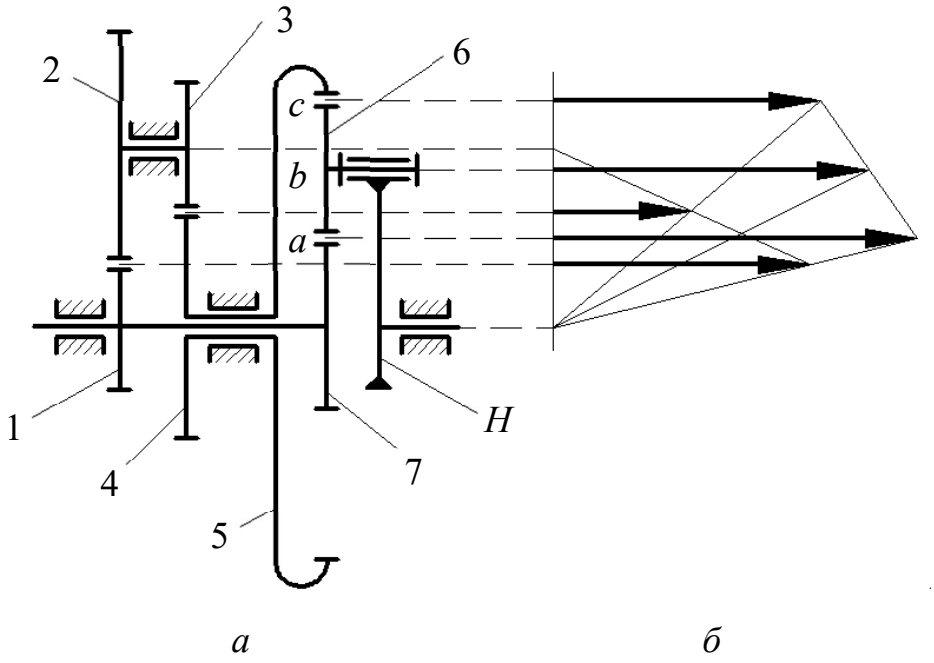



Рис. 87. Замкнутый дифференциальный механизм:
*а* – схема механизма; *б* – план скоростей

Это позволяет использовать один двигатель для привода механизма. Для определения передаточного отношения используем формулу Виллиса.

Так как

$$i_{75}^{(H)} = -\frac{z_5}{z_7}, \tag{8.34}$$

то

$$-\frac{z_5}{z_7}=\frac{i_{1H}-1}{\frac{\omega_5}{\omega_H}-1}, \tag{8.35}$$

где

$$\frac{\omega_5}{\omega_H}=\frac{\omega_5}{\omega_1}\cdot\frac{\omega_1}{\omega_H}=\left(-\frac{z_3}{z_4}\right)\cdot\left(-\frac{z_1}{z_2}\right)i_{1H}. \tag{8.36}$$

После подстановки выражения (8.36) в (8.35) и преобразований получается:

$$\left(1-i_{1H}\frac{z_3z_1}{z_4z_2}\right)\frac{z_5}{z_7}=i_{1H}-1. \tag{8.37}$$

Выразив из уравнения (8.37) передаточное отношение $i_{1H}$, получим:

$$i_{1H}=\frac{1+\frac{z_5}{z_7}}{1+\frac{z_1z_2z_5}{z_2z_4z_7}}. \tag{8.38}$$

8.16.3. Эпициклические механизмы с коническими колёсами

Примером дифференциального механизма с коническими колёсами является дифференциал автомобиля (рис. 88).

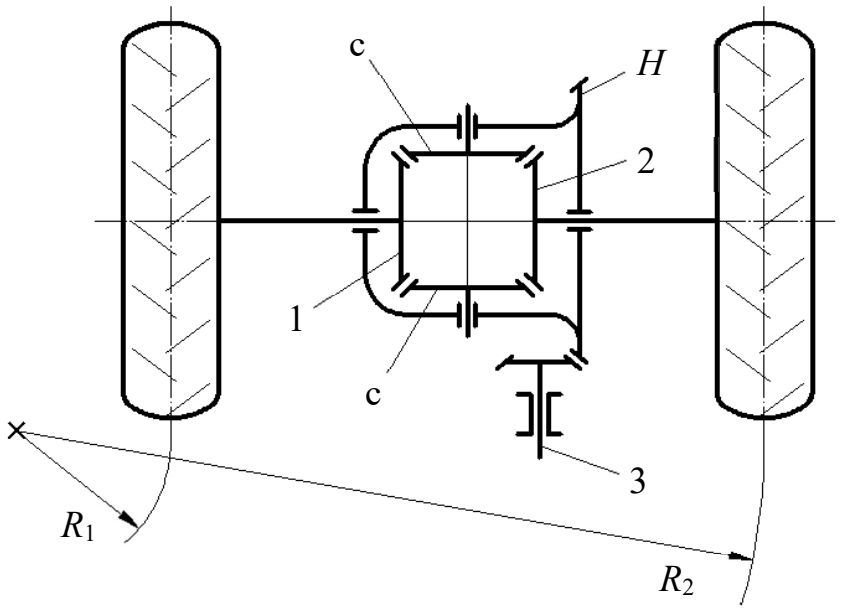



Рис. 88. Дифференциал автомобиля:
1, 2 – конические зубчатые колеса; с – сателлит; *H* – водило; 3 – карданный вал

Согласно формуле Виллиса

$$-\frac{z_2}{z_1}=\frac{\omega_1-\omega_H}{\omega_2-\omega_H}. \qquad (8.39)$$

Числа зубьев $z_2 = z_1$, поэтому

$$\omega_H=\frac{\omega_1+\omega_2}{2}, \qquad (8.40)$$

т.е. при постоянной скорости вращения карданного вала и скорости автомобиля в целом полуоси могут вращаться с различными или с одинаковыми скоростями. Например, на повороте скорости вращения полуосей пропорциональны радиусам поворота $R_1$ и $R_2$, а при ровной прямой дороге скорость полуосей одинакова и равна $\omega_1 = \omega_2 = \omega_H$.

## 8.17. Некоторые вопросы синтеза зубчатых механизмов

### 8.17.1. Синтез эпициклических механизмов с цилиндрическими колёсами. Условия синтеза

Комплексные задачи синтеза зубчатых механизмов настолько сложны, что в полной постановке с учётом факторов кинематики и динамики они не решены до настоящего времени. Известны решения частных задач как геометрического, так и динамического синтеза зубчатых механизмов, причём эти решения часто носят характер рекомендаций по выбору параметров. Например, выбор передаточных отношений каждой ступени в многоступенчатом зубчатом механизме с общим передаточным отношением, определяемым по формуле (8. 27), рекомендуется осуществлять так, чтобы $i_{12} > i_{23} > ... > i_{(k-1)k}$. Это связано с возрастанием нагрузки по мере уменьшения угловой скорости. Выполнение указанного условия позволяет более равномерно распределить нагрузку между зубчатыми парами.

При заданных передаточных отношениях и известном числе зубьев колёс задача синтеза сводится к определению их параметров. Сначала должен быть выбран материал колёс с учётом назначения передачи, условий работы и

других факторов, затем определяется модуль передачи, позволяющий обеспечить изгибную и контактную прочность зубьев, а затем – все геометрические параметры зубчатых колёс.

Известны решения частных задач подбора чисел зубьев сложных зубчатых механизмов с учётом различных условий, например, геометрического характера.

При проектировании планетарного редуктора с заданным передаточным отношением возникает задача определения чисел зубьев при соблюдении следующих условий:

1) кинематическое условие;

2) условие соосности;

3) условие соседства;

4) условие сборки;

5) условие правильного зацепления.

Физический и математический смысл этих условий разберём на конкретной схеме планетарного механизма с нулевыми эвольвентными цилиндрическими колёсами (рис. 89).

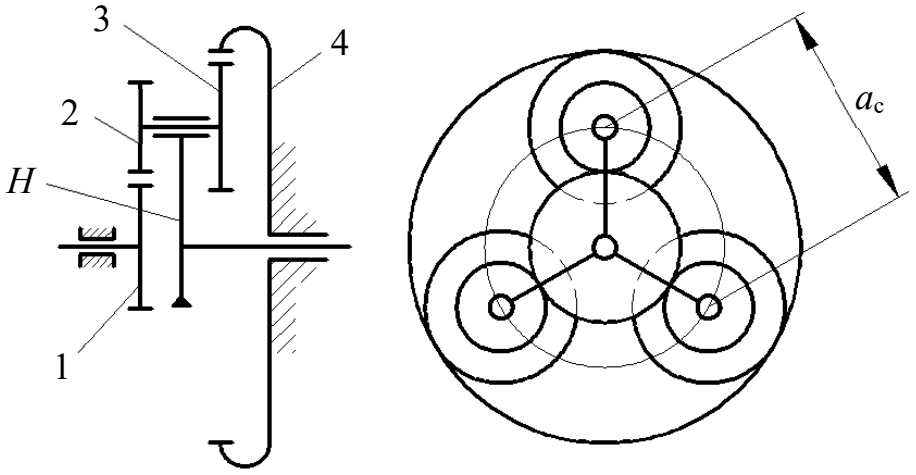



Рис. 89. Планетарный механизм с нулевыми эвольвентными цилиндрическими колесами:
1 – солнечная шестерня; 2, 3 – сателлиты; 4 – неподвижное колесо; *H* – водило

**Кинематическое условие** обеспечивает заданное передаточное отношение и для данного механизма имеет следующий вид:

$$i_{14}^{(H)} = -\frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = \frac{\omega_1 - \omega_H}{\omega_4 - \omega_H}, \tag{8.41}$$

откуда при $\omega_4 = 0$ получим:

$$i_{1H} = \frac{\omega_1}{\omega_H} = 1 + \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}. \tag{8.42}$$

Обычно допускается отклонение передаточного отношения в пределах 5% от заданного.

**Условие соосности** требует, чтобы оси колёс 1 и 4, в данном случае, совпадали для обеспечения зацепления сателлитов с центральными колёсами. Для этого необходимо, чтобы выполнялись следующие соотношения радиусов делительных окружностей и (при равных модулях зубьев всех колёс) чисел зубьев:

$$\begin{aligned} r_1 + r_2 &= r_4 - r_3; \\ z_1 + z_2 &= z_4 - z_3. \end{aligned} \tag{8.43}$$

**Условие соседства** включает требование совместного размещения нескольких сателлитов по общей окружности так, чтобы они не задевали друг друга своими зубьями. Необходимость выполнения этого условия возникает при числе сателлитов $k > 2$ (увеличение числа сателлитов уменьшает нагрузку на зубья). В этом случае необходимо, чтобы выполнялось неравенство $a_c > 2r_a^c$, где $r_a^c$ - радиус окружности вершин наибольшего сателлита). Так как

$$\begin{aligned} a_{\text{c}} &= 2(r_1 + r_2)\sin\frac{2\pi}{2k} = m(z_1 + z_2)\sin\frac{\pi}{k}; \\ z_a^{\text{c}} &= z_a + h_a m = m\left(\frac{z_{\text{c}}}{2} + 1\right), \end{aligned} \tag{8.44}$$

то

$$\sin\frac{\pi}{k} > \frac{z_{\text{c}} + 2}{z_1 + z_2}, \tag{8.45}$$

где $z_{\text{c}}$ – число зубьев наибольшего сателлита (2 или 3).

**Условие сборки** учитывает необходимость одновременного зацепления

всех сателлитов с центральными колёсами, т.е. установив первый сателлит и повернув водило на угол $\frac{2\pi}{k}$ рад, необходимо в то же самое место установить следующий сателлит. Это может быть осуществлено, если зубья колёс второго блока сателлитов окажутся точно против впадин зубьев центральных колёс. Иначе сборку осуществить невозможно. Для формирования условия примем, что оба колеса всех $k$ блоков сателлитов имеют одинаковую ориентацию зубьев друг относительно друга. После установки первого сателлита на ось водило должно быть повёрнуто на угол $\frac{2\pi}{k}$, при этом колесо 1 необходимо повернуть на угол

$$\varphi_1 = i_{1H}\frac{2\pi}{k}. \tag{8.46}$$

С другой стороны, угол $\varphi_1$ поворота колеса 1 должен быть кратным его угловому шагу зубьев $\frac{2\pi}{z_1}$, в противном случае при повороте на угол $\varphi_1$ положение зубьев колеса 1 изменится и второй сателлит вставить будет невозможно. Таким образом,

$$\varphi_1 = q\frac{2\pi}{z_1}, \tag{8.47}$$

где $q$ –целое число).

Таким образом,

$$\begin{gathered} q\frac{2\pi}{z_1} = i_{1H}\frac{2\pi}{k}; \\ q = i_{1H}\frac{z_1}{k}. \end{gathered} \tag{8.48}$$

**Условие правильного зацепления** включает условие отсутствия подреза у колёс с внешним зубчатым венцом и условие отсутствия заедания (интерференции) во внутреннем зацеплении. Эти условия имеют вид:

$$z_i \geq z_{\min}, \tag{8.49}$$

где $z_{\min}$ = 17 для колёс с внешним зацеплением; $z_{\min}$ = 85 для колёс с внутренним зацеплением без смещения исходного контура; $z_{\min}$ = 20 – то же со смещением исходного контура.

### 8.17.2. Методы синтеза эпициклических механизмов

Задача подбора чисел зубьев колёс для эпициклического механизма в общей постановке является оптимизационной ввиду множества возможных решений. Её можно считать типичной задачей дискретного нелинейного программирования, если за критерий оптимальности принять габариты или вес механизма, а ограничениями на целочисленные параметры $z_1$, $z_2$,… будут условия (8.43), (8.45), (8.48), (8.49).

Такую задачу можно решать различными методами, например, численными методами направленного перебора, когда варьируются $z_1$, $z_2$,… с целью минимизации габаритов или веса при соблюдении ограничений. Такая задача может быть решена с помощью ЭВМ.

Применяются упрощённые методы, позволяющие найти одно из конструктивно допустимых решений. Один из таких методов – метод сомножителей.

Представим числа зубьев в виде нескольких сомножителей:

$$\begin{aligned} z_1 &= \alpha \cdot A \cdot t; \\ z_2 &= \alpha \cdot B \cdot t; \\ z_3 &= \beta \cdot C \cdot t; \\ z_4 &= \beta \cdot D \cdot t. \end{aligned} \tag{8.50}$$

Из условия (8.45)

$$\alpha(A + B) = \beta(D - C)\,. \tag{8.51}$$

Это уравнение превращается в тождество при:

$$\begin{aligned} \alpha &= D - C; \\ \beta &= A + B. \end{aligned} \tag{8.52}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} z_1 &= A \cdot t \cdot (D - C); \\ z_2 &= B \cdot t \cdot (D - C); \\ z_3 &= C \cdot t \cdot (A + B); \\ z_4 &= D \cdot t \cdot (A + B). \end{aligned} \tag{8.53}$$

Подставив эти выражения в условие (8.43), получим:

$$\frac{B}{A} \cdot \frac{D}{C} = i_{1H} - 1. \tag{8.54}$$

Таким образом, величину $(i_{1H} - 1)$ можно представить в виде нескольких сомножителей ($A$, $B$, $C$, $D$). Далее определяются значения $t$, обеспечивающие выполнение условий сборки и правильного зацепления и выбирается одно из этих значений. Например, из условия сборки (8.48)

$$q = t \frac{A(D - C)}{k} i_{1H} \tag{8.55}$$

выбираются значения $t$, обеспечивающие целочисленность $q$. После этого можно определить числа зубьев.

# 9. ТРЕНИЕ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ

## 9.1. Виды трения

Когда одно тело соприкасается с другим, то независимо от их физического состояния (твёрдое, жидкое, газообразное) возникает явление, называемое *трением*. В зависимости от характера относительного движения тел различают *трение скольжения* и *трение качения*. Сила, препятствующая относительному движению контактирующих тел, называется *силой трения*. Вектор этой силы лежит в плоскости, касательной к поверхности тел в зоне их контакта.

Сила трения скольжения уменьшается, если соприкасающиеся тела смазаны специальными смазочными материалами, причём, если материал – жидкость, полностью разделяющая контактирующие поверхности, то трение называется *жидкостным*. При совершенном отсутствии смазки имеет место *сухое трение*.

Если смазывающая жидкость не полностью разделяет трущиеся поверхности, то трение называется *полужидкостным* или *полусухим* в зависимости от того, какой из двух видов трения преобладает.

Применяемые смазки делятся на несколько видов: *твёрдые*, *жидкие*, *газовые*; при этом смазка может быть: *гидро-* или *газостатической*, когда она поступает под давлением в зазор между трущимися телами, а также *гидро-* или *газодинамической*, когда она разделяет трущиеся поверхности в результате давления, возникающего в слое жидкости при относительном движении тел.

Сцепление и трение широко используется в современной технике. Благодаря сцеплению движутся различные транспортные средства. Принцип действия фрикционной, ременной и других передач основан на использовании трения. Распространение получила также сварка трением.

Вместе с тем трение отрицательно сказывается там, где оно вызывает потери энергии.

## 9.2. Трение скольжения в поступательных парах

Сила трения на поверхности соприкосновения двух звеньев направлена в сторону, противоположную скорости относительного движения и приближённо может быть определена по формуле Кулона

$$F_{\text{тр}} = F_n f, \tag{9.1}$$

где $F_n$ – сила реакции, нормальная к поверхности контакта; $f$ – коэффициент трения скольжения (величина, постоянная в определённом диапазоне скоростей и удельных давлений).

Коэффициент трения зависит от многих факторов (чистоты поверхности, наличия и качества смазки, материала тел и др.) и определяется экспериментально.

Сила трения покоя (сила сцепления), т.е. сила, которую надо преодолеть, чтобы тело привести в движение, обычно больше силы трения скольжения, поэтому различают коэффициент сцепления $f_0$ и коэффициент трения скольжения $f$.

Сила трения возникает как результат действия внешних сил $F$, поэтому она является реактивной силой, в результате действия которой суммарная реакция $F_\Sigma$ отклоняется на угол ρ от нормали к трущимся поверхностям (рис. 90, *а*).

При этом

$$f = \frac{F_{\text{тр}}}{F_n} = \operatorname{tg}\rho. \tag{9.2}$$

Угол ρ называется *углом трения скольжения*.

Если построить конус с углом при вершине 2ρ (рис. 90, *б*), то получим *конус трения*. Движение возможно при $F_t \geq F_{\text{тр}}$, или при

$$\begin{gathered} F_n \operatorname{tg}\lambda \geq F_n \operatorname{tg}\rho; \\ \lambda \geq \rho, \end{gathered} \tag{9.3}$$

где λ – угол между линиями действия сил $F$ и $F_n$ (рис. 90, *а*).

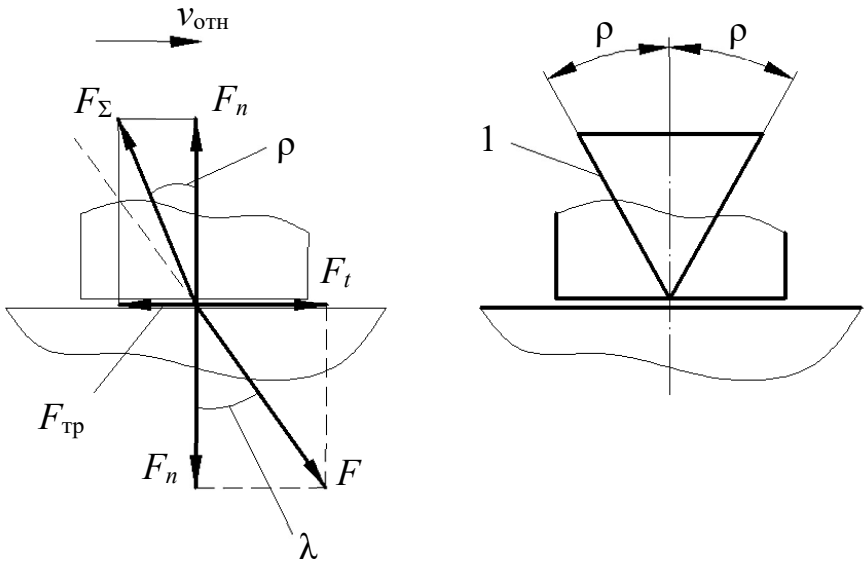



Рис. 90. Трение скольжения в поступательных парах:
*а* – силы в точке контакта; *б* – конус трения (позиция 1)

Если λ = ρ, то движение происходит с постоянной скоростью: $v_{отн} = const$.

Мощность, затрачиваемая на трение скольжения, равна:

$$P_{тр} = F_{тр} v_{отн} = F_n f (v_1 \pm v_2), \tag{9.4}$$

где $v_1$, $v_2$ – скорости тела и опорной поверхности соответственно; знак «+» – при противоположно направленном движении; знак «–» – при однонаправленном движении.

### 9.3. Трение скольжения во вращательных парах

Вращательные кинематические пары, образуемые цапфами валов и их опорами, широко распространены в машиностроении. *Цапфами* называются части валов и осей, посредством которых они опираются на подшипники. Трение цапф в подшипниках удобно оценивать величиной момента сил трения скольжения относительно оси вращения (рис. 91):

$$M_{тр} = F_{тр} r = F_n f r = F_\Sigma r_{тр}, \tag{9.5}$$

где $F_\Sigma$ – полная реакция; $r_{тр}$ – радиус круга трения, равный:

$$r_{тр} = r\sin\rho \approx r\mathrm{tg}\rho \approx fr. \tag{9.6}$$

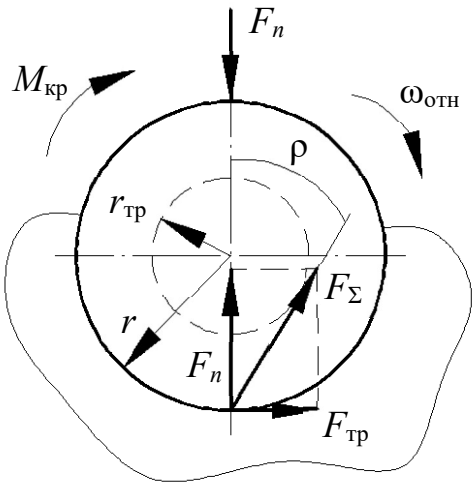



Рис. 91. Трение скольжения во вращательной паре

Мощность, затрачиваемая на трение, равна:

$$P_{тр} = M_{тр}\omega_{отн} = M_{тр}(\omega_1 \pm \omega_2), \tag{9.7}$$

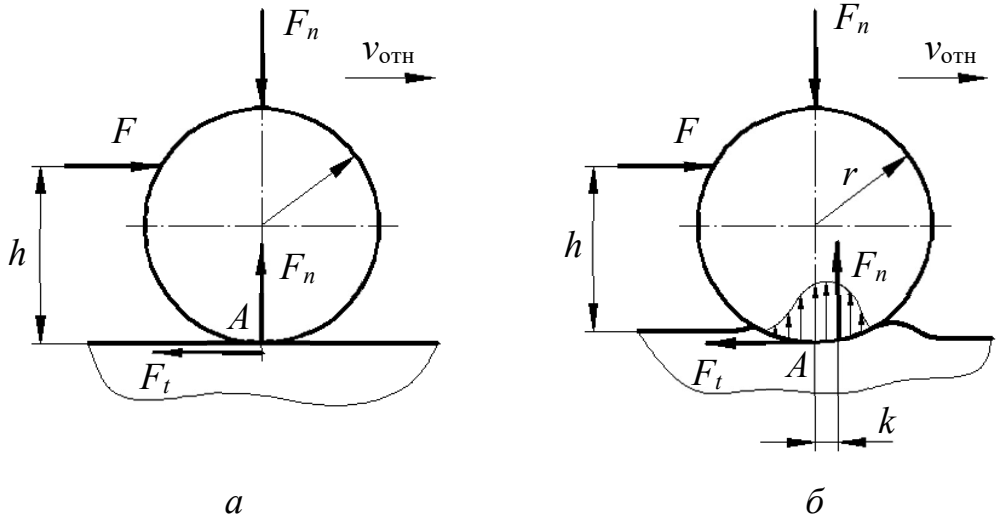
где $\omega_1$, $\omega_2$ – угловые скорости цапфы и опорной поверхности соответственно; знак плюс – при противоположно направленном вращении; знак минус – при однонаправленном вращении.

### 9.4. Трение качения

В случаях идеально твёрдых тел, одно из которых катится по поверхности другого, соприкосновение их происходит по линии или в точке и сопротивление качению отсутствует, так как линии действия сил $F_n$ совпадают (рис. 92, *а*) и сумма моментов относительно точки $A$ равна

$$\Sigma M_A = Fh. \tag{9.8}$$

В действительности соприкосновение происходит не по линии, а по поверхности вследствие деформаций (рис. 92, *б*) и сумма моментов $\Sigma M_A$ равна:




*а* *б*

Рис. 92. Трение качения:
*а* – идеально твердые тела; *б* – реальные тела

$$\Sigma M_A = Fh - F_n k, \tag{9.9}$$

где $h$, $k$ – плечи сил $F$ и $F_n$.

При $v_{отн} = const$ и $F_t = F$ получим

$$Fh - F_n k = 0;$$

$$k = h\frac{F}{F_n}. \tag{9.10}$$

Плечо $k$ называется *коэффициентом трения качения* и измеряется в единицах длины. Часто используется величина

$$f_к = \frac{k}{r}, \tag{9.11}$$

называемая *приведённым коэффициентом трения качения*. При этом сила трения качения $F_{тр}^{к}$ по аналогии с силой трения скольжения может быть представлена в виде

$$F_{тр}^{к} = F_n f_к = F_n \frac{k}{r} = \frac{M_{тр}}{r}. \tag{9.12}$$

Мощность, затрачиваемая на трение, равна:

$$P_{тр} = F_{тр}^{к} v_{отн}, \tag{9.13}$$

где $v_{отн}$ – скорость центра катка.

Для подшипников качения затраты мощности на преодоление трения равны

$$P_{тр} = M_{тр}\omega_{отн} = F_n f_к(\omega_1 \pm \omega_2)\frac{d}{2}, \qquad (9.14)$$

где $d$ – диаметр внутреннего кольца подшипника.

Принимается $f_к$ = 0,003 для шарикоподшипников; $f_к$ = 0,005 для роликоподшипников.

## 9.5. Особенности учёта сил трения при силовом расчёте рычажных механизмов

Для учёта сил трения в кинематических парах рычажных механизмов при определении $F_{ур}$ или $M_{ур}$ используется метод приведения сил трения, позволяющий определять уточнённые значения $F^*_{ур}(M^*_{ур})$ без повторного силового расчёта с учётом трения по формуле:

$$M^*_{ур} = M_{ур} + M^{тр}_{пр}, \qquad (9.15)$$

где $M_{ур}$ – уравновешивающий момент, вычисленный без учёта трения; $M^{тр}_{пр}$ – момент трения, приведённый к вращающемуся с угловой скоростью $\omega_в$ входному звену, и равный

$$M^{тр}_{пр} = \frac{\Sigma P^{тр}_i}{\omega_в}, \qquad (9.16)$$

где $\Sigma P^{тр}_i$ – суммарная мощность сил трения в кинематических парах.

Для определения реакций в кинематических парах с учётом трения обычно используется метод последовательных приближений, когда по найденным без учёта трения реакциям определяются силы и моменты трения в кинематических парах. Затем эти силы прикладываются как внешние и производится перерасчёт реакций в установленном порядке. Обычно достаточно одного перерасчёта (итерации).

## 9.6. Коэффициент полезного действия (КПД) машины

Энергия, потребляемая машиной, расходуется на преодоление полезных и вредных сопротивлений. Полезные –это сопротивления, для преодоления которых машина предназначается. Вредные –это сопротивления, преодоление которых не даёт производственного эффекта.

*Механическим* КПД (η) называется отношение полезной работы $A_{пл}$ или мощности $P_{пл}$ к затраченной $A_{зт}(P_{зт})$. Потери механической энергии в разного рода устройствах состоят главным образом из потерь на трение:

$$\eta = \frac{A_{пл}}{A_{зт}} = \frac{P_{пл}}{P_{зт}} = \frac{A_{зт} - A_{тр}}{A_{зт}} = \frac{P_{зт} - P_{тр}}{P_{зт}} = 1 - \xi_{п}, \qquad (9.17)$$

где $\xi_{п} = \frac{A_{тр}}{A_{зт}} = \frac{P_{тр}}{P_{зт}}$ – коэффициент потерь.

При холостом ходе машины $\eta = 0$ , но могут быть случаи когда $\eta < 0$ , что означает невозможность совершать движение из-за явления, называемого *самоторможением*. Например, червячный редуктор не может совершать вращение со стороны червячного колеса.

Рассмотрим машину как совокупность $n$ элементов, соединённых различным образом между собой.

1. Элементы соединены последовательно и КПД каждого из них $\eta_i$ известен (рис. 93, *а*). Тогда

$$\begin{aligned} A_2 &= A_1\eta_1; \\ A_3 &= A_2\eta_2 = A_2\eta_1\eta_2; \\ &\vdots \\ A_{n+1} &= A_1\eta_1\eta_2...\eta_n, \end{aligned} \qquad (9.18)$$

т. е. общий КПД всей цепи равен

$$\eta_{\Sigma} = \frac{A_{n+1}}{A_1} = \eta_1\eta_2...\eta_n = \prod_{i=1}^{n}\eta_i. \qquad (9.19)$$

Поэтому следует стремиться к созданию простых конструкций с малым числом элементов.

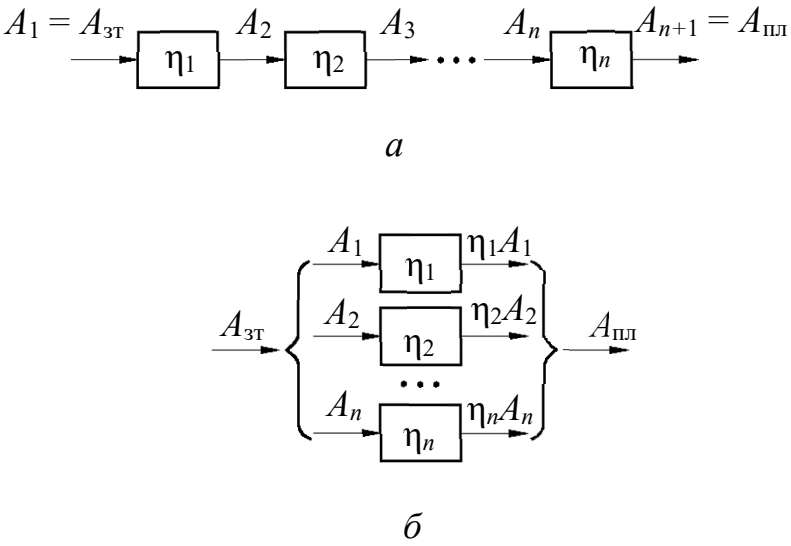



Рис. 93. Машина как совокупность элементов:
*а* – элементы соединены последовательно; *б* – элементы соединены параллельно

2. Элементы соединены параллельно (рис. 93, *б*). Тогда

$$\eta_{\Sigma} = \frac{\eta_1 A_1 + \eta_2 A_2 + \ldots + \eta_n A_n}{A_1 + A_2 + \ldots + A_n} = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \eta_i, \qquad (9.20)$$

где $\alpha_i = \dfrac{A_i}{A_{зт}}$ – коэффициент распределения энергии.

При $\eta_1 = \eta_2 = \ldots = \eta_n$ получим $\eta_{\Sigma} = \eta_i$, следовательно, низкое качество отдельных элементов меньше влияет на общий КПД машины, чем при последовательном соединении.

Сложные механизмы могут образовывать разветвлённую систему, состоящую из последовательного и параллельного соединённых более простых механизмов, где КПД определяется согласно указанным выше правилам.

Так как любой механизм представляет собой кинематическую цепь с последовательно и параллельно соединёнными в кинематических парах

звеньями, то общий КПД механизма вычисляется аналогично при известных КПД кинематических пар.

Например, необходимо определить $\eta_\Sigma$ механизма с низшими парами, изображённого на рис. 94.

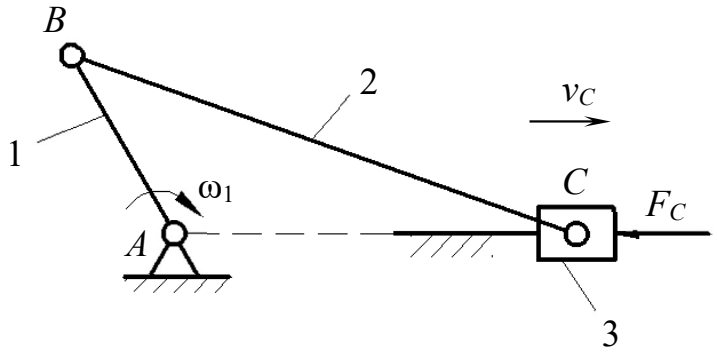



Рис. 94. Схема рычажного механизма

Мощность сил полезного сопротивления

$$P_{\text{пл}} = F_C v_C, \tag{9.21}$$

где $v_C$ – скорость точки $C$; $F_C$ – сила полезного сопротивления.

Затраченная мощность

$$P_{\text{зт}} = P_{\text{пл}} + \sum_{i=1}^{4} P_i^{\text{тр}}. \tag{9.22}$$

В формуле (9.22) мощность, затраченная на трение в кинематических парах, равна:

$$\begin{aligned}
&\sum_{i=1}^{4} P_i^{\text{тр}} = P_A^{\text{тр}} + P_B^{\text{тр}} + P_C^{\text{тр}} + P_{30}^{\text{тр}};\\
&P_A^{\text{тр}} = F_{01} f_A \frac{d_A}{2}\omega_1;\\
&P_B^{\text{тр}} = F_{12} f_B \frac{d_B}{2}(\omega_1 \pm \omega_2);\\
&P_C^{\text{тр}} = F_{23} f_C \frac{d_C}{2}\omega_2;\\
&P_{30}^{\text{тр}} = F_{30} f_{30} v_C,
\end{aligned} \tag{9.23}$$

где $P_A^{\text{тр}}, P_B^{\text{тр}}, P_C^{\text{тр}}$ – затраты мощности на трение в шарнирах; $P_{30}^{\text{тр}}$ – затраты мощности на трение в поступательной паре; $f_A, f_B, f_C$ – коэффициенты трения в шарнирах; $f_{30}$ – коэффициент трения в поступательной паре; $d_A$, $d_B$, $d_C$ – диаметры шарниров; $\omega_1$, $\omega_2$ – угловые скорости звеньев.

Мгновенный КПД, который является функцией положения звена 1, равен

$$\eta_{\Sigma} = \frac{P_{\text{пл}}}{P_{\text{зт}}}. \qquad (9.24)$$

# 10. УРАВНОВЕШИВАНИЕ МАСС В МЕХАНИЗМАХ

## 10.1. Действие сил на фундамент. Условия уравновешивания

В общем случае в кинематических парах механизмов и машин возникают динамические усилия, переменные по величине и направлению. Через стойку они передаются на фундамент, вызывая дополнительные напряжения в отдельных звеньях, вибрацию и ухудшение условий работы. Чтобы этого избежать, необходимо рационально подобрать и расположить массы звеньев с условием полного или частичного гашения динамических усилий. Эта задача решается при уравновешивании.

Основными динамическими составляющими при работе любого механизма являются силы инерции, которые, как правило, переменны по величине и направлению. Это характерно и для случаев, когда входное звено вращается с постоянной угловой скоростью $\omega_1 = const$ (см. рис. 94). Все силы и моменты сил инерции можно привести к главному вектору $\overline{F}_{и\Sigma}$ и моменту $\overline{M}_{и\Sigma}$ относительно выбранной точки (точки приведения):

$$\begin{aligned} \overline{F}_{и\Sigma} &= \Sigma \overline{F}_{иi}; \\ \overline{M}_{и\Sigma} &= \Sigma \overline{M}_{иi} + \Sigma \overline{F_{иi} h_{F_{иi}}}, \end{aligned} \qquad (10.1)$$

где $\overline{F}_{иi}, \overline{M}_{иi}$ – сила инерции и момент сил инерции $i$-го звена; $h_{F_{иi}}$ – плечо силы инерции относительно точки приведения.

Полностью уравновешенным считается механизм, в котором $F_{и\Sigma} = 0$ и $M_{и\Sigma} = 0$, т. е. сила давления стойки на фундамент остаётся постоянной при движении звеньев.

Из теоретической механики известно, что

$$\overline{F}_{и\Sigma} = -m_{\Sigma} \overline{a}_s, \qquad (10.2)$$

где $m_{\Sigma}$ – масса всех подвижных звеньев; $a_s$ – ускорение центра масс системы.

Следовательно, для выполнения условия $F_{и\Sigma} = 0$ необходимо, чтобы ускорение $a_s = 0$.

Это равносильно требованию постоянства положения центра масс механизма относительно стойки. Такое уравновешивание называется *статическим* или *уравновешиванием первого рода*. В этом случае используется метод заменяющих (сосредоточенных) масс, обладающих массой, центром масс и моментом инерции $J_S$ заменяемого твёрдого тела (звена) с распределённой массой. Если поместить начало системы координат в центр масс системы, то условия эквивалентности заменяемой и заменяющих масс запишутся так:

$$\begin{aligned} &\Sigma m_i = m_\Sigma; \\ &\Sigma m_i x_i = 0; \\ &\Sigma m_i y_i = 0; \\ &\Sigma m_i (x_i^2 + y_i^2) = J_S, \end{aligned} \qquad (10.3)$$

где $m_i$ – масса $i$-го звена; $x_i$, $y_i$ – координаты центра тяжести $i$-го звена.

Таким образом, в общем случае плоского звена необходимы четыре заменяющих массы. В частных случаях число заменяющих масс может быть сведено к двум. Например, для звена $AB$ (рис. 95) можно ограничиться частичной заменой его массы $m$ двумя массами $m_1$ и $m_2$, учитывая условия:

$$\begin{aligned} &m_1 + m_2 = m; \\ &m_1 l_1 - m_2 l_2 = 0. \end{aligned} \qquad (10.4)$$

Отсюда следует, что

$$\begin{aligned} m_1 &= m\frac{l_2}{l}; \\ m_2 &= m\frac{l_1}{l}. \end{aligned} \qquad (10.5)$$

Для полного уравновешивания механизма необходимо выполнение обоих условий: $F_{и\Sigma} = 0$; $M_{и\Sigma} = 0$, причём выполнение условия $M_{и\Sigma} = 0$ решается

при моментном (динамическом) уравновешивании, которое называется *уравновешиванием второго рода*.

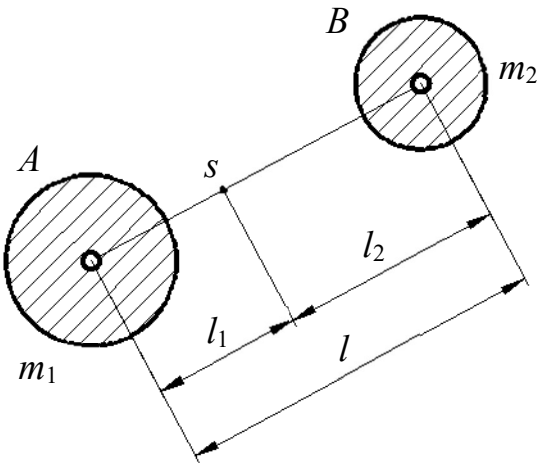
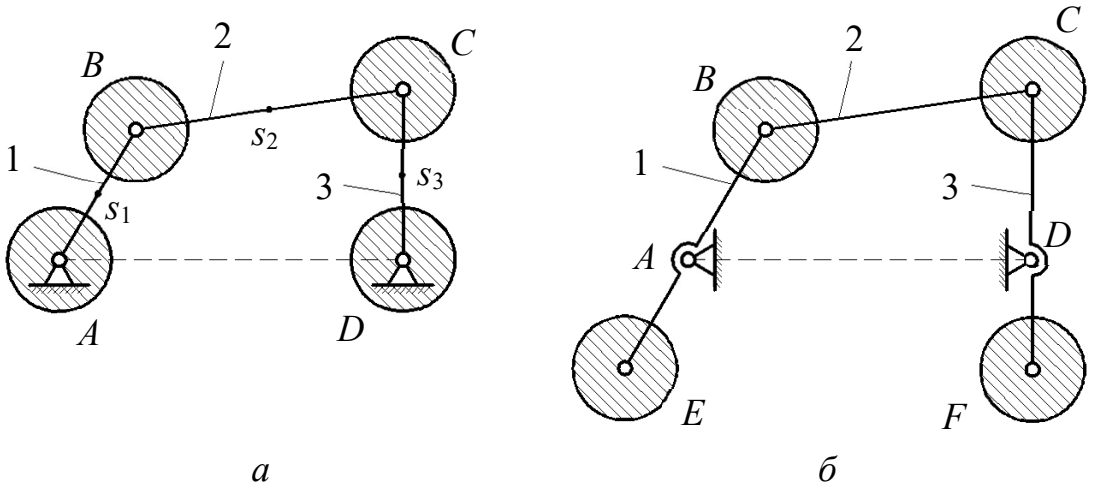



Рис. 95. Звено *AB*

## 10.2. Уравновешивание с помощью противовесов на звеньях механизма

Рассмотрим последовательность статического уравновешивания на примере четырёхшарнирного механизма (рис. 96, *а*). Заменяем массы звеньев 1, 2, 3 сосредоточенными массами в точках *A*, *B*, *C*, *D*, причём в силу неподвижности точек *A* и *D*, массы, сосредоточенные в этих точках, можно не учитывать.




*а* *б*

Рис. 96. Статическое уравновешивание механизма:
*а* – схема механизма; *б* – статически уравновешенный механизм

Приведённые массы в точках $B$ и $C$ равны:

$$m_B = m_{B_1} + m_{B_2} = m_1 \frac{l_{AS_1}}{l_{AB}} + m_2 \frac{l_{CS_2}}{l_{BC}};$$
$$m_C = m_{C_2} + m_{C_3} = m_2 \frac{l_{BS_2}}{l_{BC}} + m_3 \frac{l_{DS_3}}{l_{CD}}. \qquad (10.6)$$

Так как заменяющие массы $m_B$ и $m_C$ совершают вращательное движение, то для уравновешивания сил инерции необходимы противовесы с массами $m_E$ и $m_F$, определяемыми из следующих условий (рис. 96, *б*):

$$m_E l_{AE} = m_B l_{AB};$$
$$m_F l_{DF} = m_C l_{DC}, \qquad (10.7)$$

где, задавая длины противовесов, можно получить их массы и наоборот.

Рассмотрим моментное уравновешивание на примере четырёхшарнирного механизма. Его приближённое моментное уравновешивание можно осуществить после статического уравновешивания, введя в схему механизма два одинаковых дополнительных противовеса $m_M$ (рис. 97), соединённых с зубчатыми колёсами *a* и *b*. Колесо *a* жёстко связано с кривошипом 1 и вращается с угловой скоростью $\omega_1$, а равное ему колесо *b* вращается с той же угловой скоростью $\omega_1$, но угловые координаты противовесов отличаются на 180°, поэтому момент пары сил инерции от противовесов $m_M$ равен

$$M_{иM} = F_{иM} h_M. \qquad (10.8)$$

Подбирая положение точки $E$, можно обеспечить направление $M_{иM}$, противоположное направлению $M_{и\Sigma}$ , а массу противовесов $m_M$ определяют из условия $M_{и\Sigma} = M_{иM}$.

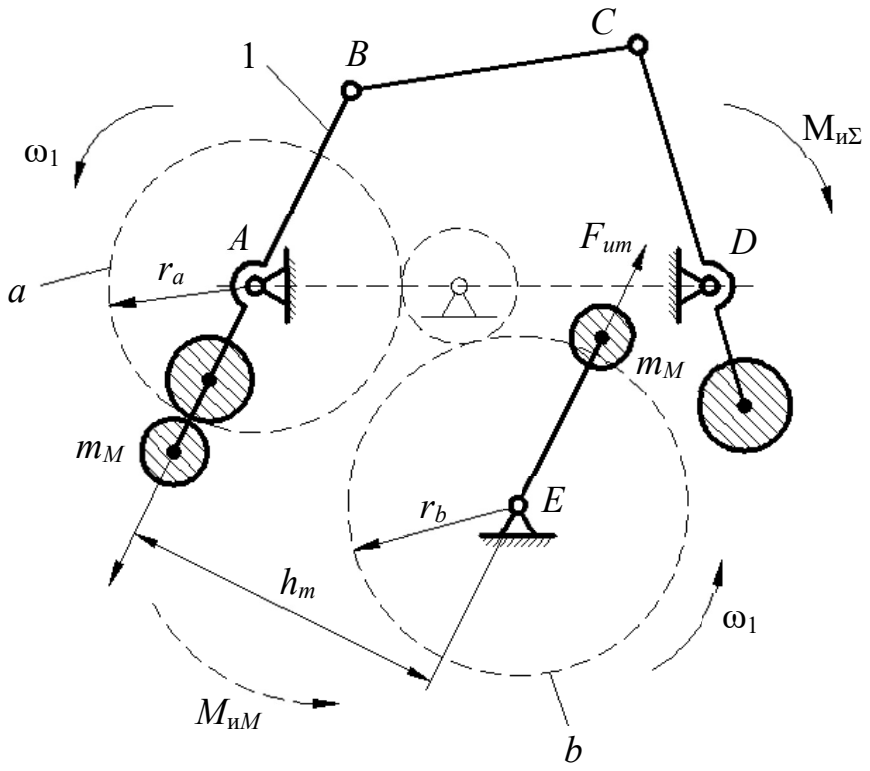



Рис. 97. Моментное уравновешивание механизма

### 10.3. Уравновешивание вращающихся масс (роторов)

*Ротором* в теории балансировки называется любое вращающееся тело. В связи с появлением быстроходных машин возникла проблема уравновешивания быстровращающихся деталей. Так, например, скорость некоторых турбин, валов гироскопов, суперцентрифуг достигает 50 тысяч об/мин, и малейшее смещение центра масс с геометрической оси вращения вызывает появление больших сил инерции, т. е. вибрационных явлений в машине и фундаменте.

Различают статическое уравновешивание (статическая балансировка) вращающихся роторов и динамическое. Статическая балансировка достигается тем, что центр тяжести вращающейся детали переводят в неподвижную точку. Такое уравновешивание применяется для плоских деталей, длина которых мала по сравнению с диаметром. Если такую деталь заменить сосредоточенной массой $m$, вращающейся относительно

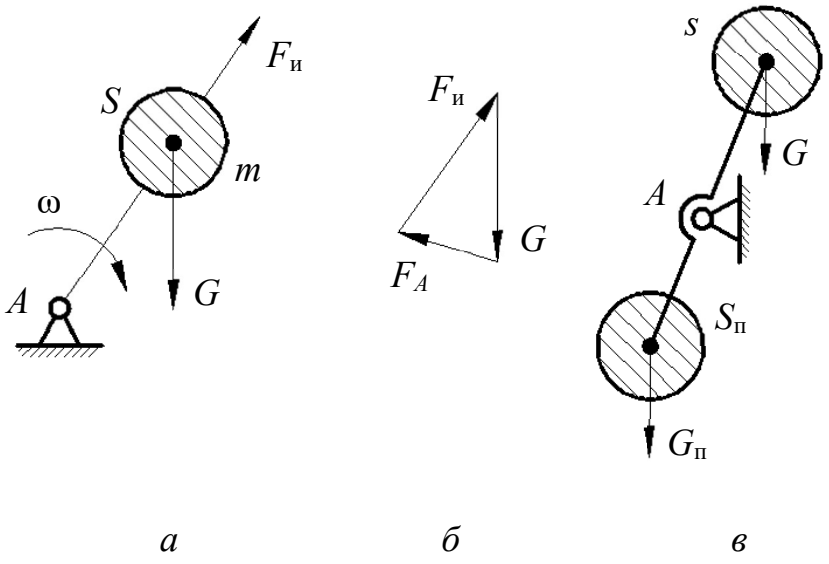
неподвижного центра вращения (рис. 98, *а*), то можно записать уравнение динамики:

$$\bar{G} + \bar{F}_A + \bar{F}_{\text{и}} = 0, \tag{10.9}$$

где $G$ – вес; $F_A$ –реакция в опоре; $F_{\text{и}}$ –сила инерции, равная

$$F_{\text{и}} = ma_S^n = \frac{G}{g}\omega^2\rho = d\frac{\omega^2}{g}, \tag{10.10}$$

где $\rho = AS$ – радиус окружности вращения массы $m$; $d = G\rho$ – дисбаланс, который характеризует неуравновешенность и направлен так же, как сила инерции $F_{\text{и}}$.




*а* *б* *в*

Рис. 100. Уравновешивание вращающихся масс

План сил в данном положении (рис. 98, *б*) показывает, что $F_A$ – сила переменная по направлению и создаёт динамические нагрузки и вибрацию. Если $d = 0$, то $\bar{G} + \bar{F}_A = 0$, и динамические нагрузки отсутствуют. Для этого необходимо уравновесить дисбаланс установкой массы противовеса с противоположной стороны (рис. 98, *в*). Тогда дисбалансы будут уравновешены, и вес противовеса $G_{\text{п}}$ определится из условия

$$G\rho = G_{\text{п}}\rho_{\text{п}}, \tag{10.11}$$

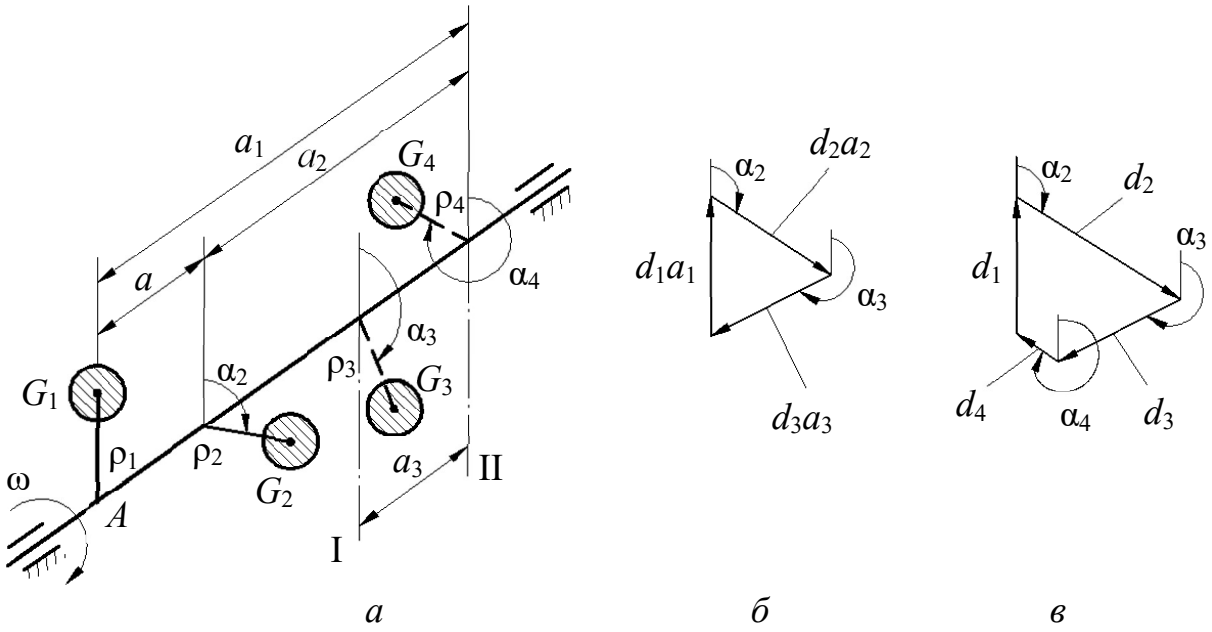
где $\rho_{\text{п}} = AS_{\text{п}}$ – радиус окружности вращения противовеса.

Рассмотрим уравновешивание неплоской детали, которую можно представить, например, в виде двух грузов $G_1$ и $G_2$ (рис. 99, *а*), с углом $\alpha_2$ между радиусами $\rho_1$ и $\rho_2$. В этом случае возникают реакции, вызванные неуравновешенностью как сил, так и моментов от сил инерции. При этом момент от сил инерции относительно точки *A* равен

$$M_{и2} = F_{и2}a \tag{10.12}$$

и характеризуется дисбалансом

$$d_2a = G_2\rho_2a. \tag{10.13}$$




*а* *б* *в*

Рис. 99. Уравновешивание неплоской детали

В этом случае динамические нагрузки на опоры возникают даже если проведена статическая балансировка, когда центр тяжести грузов 1 и 2 совпадает с центром вращения. Уравновешивание моментов от сил инерции вращающихся деталей будет обеспечена динамической балансировкой.

Полное уравновешивание системы можно осуществить двумя дополнительными грузами $G_3$ и $G_4$, установленными в разных плоскостях I и II, называемых *плоскостями исправления*, под углами $\alpha_3$ и $\alpha_4$. При этом должны выполняться условия:

$$\Sigma \overline{F}_{ui} = 0, \text{ или } \overline{d}_1 + \overline{d}_2 + \overline{d}_3 + \overline{d}_4 = 0;$$
$$\Sigma \overline{M}_{ui} = 0, \text{ или } \overline{d}_1 a_1 + \overline{d}_2 a_2 + \overline{d}_3 a_3 + \overline{d}_4 a_4 = 0. \quad (10.14)$$

Совместное решение уравнений (10.14), например, графическим путём (рис. 99, *б*, *в*) позволяет найти вес и положение противовесов $G_3$ и $G_4$.

Балансировка вращающихся масс осуществляется на специальных балансировочных станках, при этом исключается неуравновешенность, вызванная неточностью изготовления детали.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. – М.: Наука, 1988.

2. Артоболевский И. И. Сборник задач по теории механизмов и машин: для машин. спец. вузов. – М.: Наука, 1975.

3. Левитская О. Н., Левитский Н. И. Курс теории механизмов и машин: учеб. пособие для механ .спец. вузов. – М.: Наука, 1990.

4. Прикладная механика: учеб. пособие и контрольные задания на курсовой проект «Кинематический, силовой анализ и синтез плоского механизма» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Горные машины и оборудование» очного и заочного обучения. / А. И. Афанасьев, Ю. М. Казаков, С. А. Ляпцев и др. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019.

Учебное издание

Виталий Михайлович ТАУГЕР, Александр Анатольевич ЛЕОНТЬЕВ

# ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

*Учебное пособие*

Редактор изд-ва
Компьютерная вёрстка авторов
Дизайн обложки

Подписано в печать
Бумага офсетная. Гарнитура *Times New Roman*. Формат $60\times84\,{}^{1}\!/_{16}$.
Печать на ризографе. Печ. л. 8,0. Уч. изд. л. 6,0
Тираж 100 экз. Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский гос. горный ун-т
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ _____

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

# Б1.О.25 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Лагунова Ю. А., профессор, д-р техн. наук

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ... 4

2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..... 4

3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ..... 5

ЛИТЕРАТУРА..... 10

# ВВЕДЕНИЕ

При проектировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов.

**Цель контрольной работы: проверка** приобретенных студентами навыков оптимизации и поиска оптимальных значений параметров объектов и технологических процессов нефтегазовой отрасли.

**Результат изучения дисциплины: «Основы проектирования технологических машин»**

*Знать:*

– методику расчетного обеспечения конструкционной и прочностной надежности машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– методику расчета параметров узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– основы и этапы проектирования деталей и узлов машин с использованием технической литературы, а также средств автоматизированного проектирования на базе САПР;

– программное обеспечение, реализующее методики расчета узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;

– программное обеспечение, позволяющее внедрить методику по определению параметров, учитывающих конструктивные и прочностные характеристики изделий;

– правила оформления научно-технической и служебной документации;

– требования к размещению оборудования при выполнении операций технологических процессов бурения, добычи, ремонта скважин;

– специфику технологического процесса для конкретных условий эксплуатации бурового и нефтепромыслового оборудования;

– специфику эксплуатации машин и оборудования нефтегазового комплекса;

– основные показатели технологичности конструкции изделия, качественные и количественные методы оценки технологичности;

*Уметь:*

использовать компьютерные программы для расчета и проектирования узлов и деталей машин;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

рассчитать технические параметры машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов по заданным технологическим требованиям;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

использовать принципы унификации и стандартизации при проектировании оборудования;

оптимизировать конструктивные решения, выбирать и обосновывать критерии оптимизации;

вносить коррективы, исправлять ошибки в научно-технической и служебной документации;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить уровень стандартизации и унификации;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

выбирать основные и вспомогательные материалы деталей при проектировании в зависимости от различных критериев работоспособности нефтегазового оборудования;

анализировать параметры технологических процессов в соответствии с конструктивными параметрами и функциональным назначением применяемого оборудования;

*Владеть:*

методами расчета по определению требуемого уровня конструктивной и прочностной надежности узлов машин и оборудования;

навыками проектирования машин и механизмов;

современной методологией научного анализа исследуемых механических систем и технологических процессов;

способами перехода от реального объекта к расчетной схеме;

методиками проектных и проверочных расчетов инженерных конструкций на прочность, долговечность и жесткость;

навыками работы с основными российскими и зарубежными средствами автоматизированного проектирования на базе современных САПР;

навыками набора текста и создания изображений в компьютерных программах;

способностью анализировать полученный результат и умением сделать вывод о состоянии объекта расчета;

навыками разработки рабочей проектной и технической документации, в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами, оформления законченных проектно-конструкторских работ;

методикой определения металлоемкости и жесткости проектируемых конструкций

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные на лекциях а также в пособии [1].

# 2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна включать следующие этапы:

1. Постановка задачи.
2. Анализ задачи.
3. Составление графической схемы для расчета конструктивных параметров.
4. Выбор методики расчета на прочность.
5. Выполнение необходимых расчетов по выбранной методике..
6. Выводы и предложения по совершенствованию механизма.

# 3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

**Задание.**

Произвести сравнительную оценку нескольких экскаваторов и выбрать наиболее эффективный тип машины для условий карьера, высота уступа в котором составляет 15 м.

Горные породы, подлежащие выемке: очень крепкий уголь (отнесен к породе VII категории); погрузка осуществляется после БВР в железнодорожный транспорт; возможно разделение развала взорванной породы на подуступы, высота которых не должна превышать максимальную высоту копания экскаватора.

Исходные данные для расчета экскаватора с ковшом вместимостью 4,6м3 и максимальным коэффициентом наполнения кн=1,2:

0,700 – сопротивление породы копанию, МПа;
3200. – плотность породы в целике, кг/м$^3$;
1,60 – коэффициент разрыхления породы;
04,60 – емкость ковша экскаватора, м$^3$;
1,20 – коэффициент наполнения ковша;
10,50 – длина стрелы экскаватора, м;
45,0 – угол наклона (установки) стрелы, градусы;
07,800 – длина рукояти напорного механизма, м;
3,000 – диаметр опорного поворотного круга экскаватора, м;
0175,00– суммарная мощность лебедки подъемного механизма, кВт;
0060,00– суммарная мощность напорного механизма, кВт;
1,050 – диаметр головного блока стрелы, м;
02 – число ветвей полиспаста канатной подвески ковша;
0,9500 – общий КПД блоков полиспаста ковша и подъемного барабана лебедки;
0,9412 – общий КПД редуктора подъемной лебедки;
0,8674 – общий КПД напорного механизма;
25,00 – угол между подъемным канатом и вертикальной рукоятью в начале копания (ковш пустой), градусы;
69,00 – угол между подъемным канатом и горизонтальной рукоятью в конце копания (ковш полностью заполнен), градусы;
75,00 – угол между подъемным канатом и максимально-выдвинутой рукоятью при максимальной высоте подъема ковша, градусы;
0,870 – скорость подъема ковша, м/с;
0,450 – скорость напора рукояти напорного механизма, м/с;
2,530 – высота оси пяты стрелы от почвы, м;
1 – индекс типа рукояти;
023. – длительность рабочего цикла, с;

015. – время передвижек экскаватора у забоя в течение часа, мин;

090. – угол поворота экскаватора на разгрузку, градусы;

0,70 – коэффициент использования экскаватора за время работы;

08,00 – продолжительность рабочей смены, ч.

*Методические указания к выполнению задания.*

Выбор типа экскаватора зависит от горнотехнических условий, главными из которых являются высота уступа в карьере $\mathbf{h_y}$, где будет работать экскаватор, и организация горных работ в карьере.

Свойства горных пород, подлежащих экскавации, изменяются в весьма широких пределах, поэтому их принято объединять в группы (категории) с определенным диапазоном свойств (табл.1).

Выемка горных пород экскаваторами осуществляется без предварительного их рыхления или после буровзрывных работ (БВР). В первом случае имеет место чисто механическое разрушение (резание) пород зубьями ковша экскаватора. К указанным породам относится горная масса в массиве с I до III категорий согласно классификации горных пород по трудности экскавации [1] (табл.1). Во втором случае имеет место комбинированное разрушение горных пород (взрывом и ковшом). Необходимо учитывать, что на рабочий процесс и эффективность использования экскаваторов решающее влияние оказывают физико-механические свойства разрабатываемых горных пород.

Таблица 1

**Классификация горных пород по трудности экскавации применительно к открытым работам [1]**

| Категория породы | Характеристика горных пород | | Удельное сопротивление копанию $\mathbf{K_s}$, МПа | Объемная плотность в целике $^{x}$ $\gamma$, кг/м$^3$ | Коэффициент разрыхления $\mathbf{K_p}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | в массиве | после рыхления с применением БВР | | | |
| I | Мягкие и рыхлые породы (супесь, мягкий суглинок, песок рыхлый, песок влажный) | Уголь и полускальные породы | 0,016-0,12 | 1400-1600 | 1,10-1,15 |
| II | Довольно плотные породы; мерзлый грунт I категории (суглинок, гравий мелкий и средний, мягкая глина) | Полускальные и скальные породы | 0,07-0,16 | 1700 | 1,20 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| III | Слабый уголь; плотная порода; мерзлый грунт I и II категорий (суглинок плотный, глина средняя, мягкие аргиллиты) | Скальные породы, тяжелая руда, тяжелая глина разрыхленная | 0,12-0,25 | 1800 | 1,30 |
| IV | Уголь средней крепости; очень плотная порода; мерзлый грунт II и III категорий (суглинок крепкий со щебнем, глина плотная) | Крепкий уголь, полускальные и скальные породы, тяжелые руды | 0,22-0,36 | 1900-2500 | 1,35-1,45 |
| V | Крепкий уголь; наименее прочные полускальные породы; мерзлые породы III и IV категорий; сильнотрещиноватые скальные породы и руды | Очень крепкий уголь, полускальные породы VI-VIII категорий; тяжелая руда VI-VIII категорий | 0,33-0,55 | 3000 | 1,50 |
| VI | Очень крепкий уголь; прочные полускальные породы IV и V категорий; трещиноватые скальные породы и тяжелая руда | Полускальные породы VIIкатегории; скальные породы VIII-IX категорий; тяжелая руда VIII категории | 0,43-0,75 | 3200 | 1,60 |
| VII | Сланцы, мергель, гипс, мел, известняк, песчаник мягкий; мерзлые породы V и VI категорий; среднетрещиноватые скальные породы и руда | Скальные породы и тяжелая руда VIII категории | 0,8-1 | 3500 | 1,70 |
| VIII | Скальные малотрещиноватые мерзлые породы; тяжелая руда | Скальные тяжелые породы и руда практически монолитные, породы IX категории | 1-1,2 | 3500 | 1,70 |

При работе экскаватора в рыхлых породах (категории I-III) высота отрабатываемого уступа $\mathbf{h_y}$ забоя должна обеспечивать полное наполнение ковша за одно черпание, при этом наибольшая высота копания (черпания) $\mathbf{H_к}$, т.е. высота при максимально поднятой рукояти напорного механизма, не должна быть меньше высоты уступа**:** $\mathbf{H_к \geq h_y}$

При работе экскаватора в породах, требующих предварительного рыхления, в результате буровзрывных работ (БВР) образуется развал взорванной горной массы, где и формируется забой машины. Параметры забоя зависят от формы и размеров развала взорванной массы $\mathbf{H_{раз}}$, который , в свою очередь, зависит от высоты уступа, параметров БВР и их организации. Высота развала пород после взрыва при числе рядов взрываемых скважин от одного до трех не должна превышать высоты уступа: $\mathbf{H_{раз} \leq h_y \leq H_к}$.

При многорядном взрывании (число рядов скважин более трех) в хорошо дробимых породах, где не образуются «козырьки» и «навеси» развала допускается увеличение

высоты отрабатываемого уступа до полуторной высоты копания экскаватора $\mathbf{h_y \le 1{,}5\ H_к}$ , т.е. $\mathbf{H_к \ge 2/3\ h_y}$ при условии разделения образующегося развала породы ($\mathbf{H_{раз} \le 1{,}1 h_y}$) по высоте на подуступы, высота которых, в свою очередь, не превышает наибольшей высоты копания машины [2]. Указанные условия позволяют обеспечить для безопасного ведения горных работ в забое отсутствие нависающих козырьков породы.

По заданной высоте уступа $\mathbf{h_y}$ и наибольшей высоте копания (черпания) $\mathbf{H_к}$ выбираются типы экскаваторов, подходящие для работы в заданных условия карьера. Необходимо иметь в виду, что экономически целесообразным является выбор машин, у которых разница между $\mathbf{h_y}$ и $\mathbf{H_к}$, естественно при соблюдении условия $h_y \le H_к$ или $h_y \le 1{,}5\ H_к$, минимальная при этом обеспечивается минимальная стоимость экскаватора и рациональная загрузка приводов рабочего оборудования).

**Определение максимально-возможной производительности экскаватора**

Под производительностью экскаватора понимается объем горной породы, отделяемой от массива и перемещаемой экскаватором на заданное расстояние, определяемое его рабочими параметрами, в единицу времени. За единицу времени принимается час, смена, сутки, месяц или год. На производительность машины влияют различные факторы: горно-геологические, конструктивные, технологические, климатические, организационные. Основными факторами следует считать следующие:

– трудность разработки горной массы, которая оценивается категорией породы по крепости и ее состоянием (табл.1). При разработке, например, влажной глинистой породы, которая налипает на ковш, полезный объем ковша уменьшается, а продолжительность цикла из-за более длительной разгрузки ковша увеличивается. В зимних условиях плохо раздробленный мерзлый грунт также снижает коэффициент наполнения ковша;

– технические данные, состояние и надежность экскаватора;

– квалификация машиниста;

– качество забоя, оцениваемое его высотой, условиями подхода транспорта к месту погрузки, освещенностью, степенью дробления горной массы;

– организация работ, зависящая от достаточности транспортных средств, состояния дорог, своевременного снабжения топливом, энергией, запасными частями и т.п.

Различают теоретическую (паспортную), техническую и эксплуатационную производительность экскаватора.

**Теоретическая производительность** экскаватора – количество горной массы (в тоннах или кубических метрах), которое может быть переработано в единицу времени (обычно за час) при непрерывной его работе. При этом удельное сопротивление породы копанию $K_s$ принимают максимально допустимое по паспорту машины; коэффициенты наполнения ковша $K_н$ и разрыхления породы $K_р$ – равными единице; угол поворота на разгрузку у карьерного экскаватора – 90°, у драглайна – 135°; высота черпания ковша – на уровне оси напорного вала рукояти (Н); скорости рабочих движений устанавливаются номинальными (по паспорту). Теоретическая производительность для данного экскаватора –величина постоянная и повысить ее можно только путем внесения усовершенствований в его конструкцию. Эта производительность указывается в паспорте машины и по ней можно сравнивать различные экскаваторы, оценивать их технические возможности.

Теоретическая производительность карьерного экскаватора по рыхлой массе определяется, $м^3/ч$:

$$Q_т = 3600\ E/t_ц,$$

Где Е–вместимость установленного на экскаваторе ковша (стандартного или сменного), $м^3$; $t_ц$ – продолжительность цикла работы машины, с (указывается в технической характеристике экскаватора для угла поворота стрелы на разгрузку, равного 90°).

Для углов поворота, отличных от 90°, время цикла умножают на нижеприведенный коэффициент корректировки $K_у$ [3, с.82]:

| Угол поворота экскаватора на разгрузку | 45° | 60° | 75° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $К_у$ | 0,79 | 0,86 | 0,93 | 1,0 | 1,14 | 1,26 | 1,4 |

Величина угла поворота на разгрузку зависит от схемы движения транспорта, обслуживающего экскаватор в карьере. Так, при расположении автотранспорта для погрузки во время проходки траншеи (при вскрытии карьера) этот угол составляет около 180°, а при отработке забоя и сквозном движении транспорта – около 90°.

Техническая производительность – это максимальная производительность данного экскаватора при его непрерывной работе в данном забое за единицу времени. Она рассчитывается с учетом конкретных условий работы: категории разрабатываемых пород, коэффициентов разрыхления горной массы и наполнения ковша, а также перерывов в работе, неизбежных для данного типа машины (например, время маневрирования экскаватора около забоя).

Техническая производительность по рыхлой массе определяется, м$^3$/ч:

$$Q_{тех} = Q_Т \frac{К_н}{К_р} \frac{t_р}{(t_р + t_п)},$$

где $К_н$ – коэффициент наполнения ковша, равный отношению объема разрыхленной горной массы в ковше к паспортной вместимости ковша; максимальное значение этого коэффициента достигает: $К_н$ = **1,2;** в исключительных случаях для пород до III категории по трудности экскавации без применения БВР достигает - **1,5**; $К_р$ – коэффициент разрыхления горной массы, характеризующийся отношением объема грунта в разрыхленном состоянии к объему того же грунта в плотном теле (целике); $t_р$ – длительность непрерывной работы экскаватора с одного места стояния в течение часа; для приближенных расчетов можно принимать $t_р$ = 45÷50 мин; $t_п$ – длительность передвижки (или передвижек) экскаватора по мере продвигания забоя в течение часа, $t_п \approx 10÷15$ мин.

**Эксплуатационная производительность** – это действительный объем горной массы, переработанный экскаватором за определенный период эксплуатации. Она рассчитывается с учетом конкретных горнотехнических условий карьера, неизбежных организационных и технологических перерывов, связанных с приемкой смены и осмотром машины, смазкой, подачей транспорта и др. Эксплуатационная производительность всегда меньше технической. Она рассчитывается за смену, за месяц, за год (в последнем случае учитываются потери времени на профилактические осмотры, текущие и капитальные ремонты).

Эксплуатационная производительность определяется, м$^3$/смену:

$$Q_э = Q_{тех} \, Т_{см} \, К_и ,$$

где $Т_{см}$ – длительность смены, ч; $К_и$ – коэффициент использования экскаватора за время его работы; $К_и$ = 0,8÷0,9- для экскаваторов, работающих с погрузкой в автосамосвалы или на конвейер или в отвал; $К_и$ = 0,55÷0,8.- при погрузке в железнодорожные вагоны.

В общем виде эксплуатационная производительность может быть представлена формулой, м$^3$/смену:

$$Q_э = 3600 \frac{E}{t_ц} \frac{К_н}{К_р} \frac{t_р}{(t_р + t_п)} Т_{см} К_и$$

Согласно вышеприведенной формуле для повышения производительности можно увеличивать величину вместимости ковша (Е) и коэффициента его наполнения ($К_н$) до максимально допустимого значения как для стандартного, так и для сменных ковшей различной вместимости. Необходимо учитывать, что можно получить максимальную производительность и при меньшей вместимости ковша, но с большей величиной коэффициента его наполнения.

**Критерием**, определяющим максимальное значение коэффициента наполнения ковша, является соответствие потребляемых средневзвешенных мощностей приводов экскаватора установленным паспортным значениям мощностей этих узлов. При этом принимается, что в течение цикла экскавации приводы рабочего оборудования экскаватора загружены на полную мощность. Таким образом:

$N_{с.п} \le N_{п}$ ; $N_{с.н} \le N_{н}$ ; $N_{с.пв} \le N_{пв}$

где $N_{с.п}$, $N_{с.н}$, $N_{с.пв}$ – расчетные средневзвешенные мощности механизмов соответственно подъема, напора ковша и поворота экскаватора, кВт; $n_{п}$, $n_{н}$ и $n_{пв}$ – установленные мощности электродвигателей приводов экскаватора соответственно механизма подъема, напора и поворота, кВт.(см. табл.2).

**Другим критерием**, определяющим коэффициент наполнения ковша является допускаемая нагрузка при подъеме и выдвижении ковша при копании:

**$SP_i \le P_s$ и $SN_i \le N_n$ ,**

где $SP_i$ и $SN_i$ –соответственно максимальное усилие подъема ковша и максимальное усилие в напорном механизме в одном из "i" расчетных положениях экскаватора (см. рис.1 и 2); $P_s$ и $N_n$ - соответственно максимальное (паспортное) усилие на блоке подъема ковша и максимальное (паспортное) усилие напора.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров. Учеб. Для вузов. 5 изд. М.: Государственный Горный университет,2003.
2. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. ПБ 03-498-02, Санкт-Петербург: ЦОТПБСП, 2003.
3. Справочник механика открытых работ. Экскавационно-транспортные машины циклического действия / Под ред. М.И. Щадова. М.: Недра, 1989

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Ю.Н. Попов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению практических работ по дисциплине*

# Б1.О.25 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***
Год набора: ***2022***

Автор: Лагунова Ю.А., профессор, д-р техн. наук

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю.А. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ..... 5

2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ..... 6

3. Виды контроля ..... 7

ЛИТЕРАТУРА ..... 7

# ВВЕДЕНИЕ

При расчете и конструировании машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов решаются задачи на прочность элементов конструкции. Выпускники университета должны уметь применять соответствующие методики расчета при проектировании объектов нефтепромыслов.

**Цель практических занятий: закрепление** приобретенных студентами навыков расчета и конструирования машин и оборудования нефтегазовой отрасли.

**Результат изучения дисциплины:**

*Знать:*

- методику расчетного обеспечения конструкционной и прочностной надежности машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;
- методику расчета параметров узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;
- основы и этапы проектирования деталей и узлов машин с использованием технической литературы, а также средств автоматизированного проектирования на базе САПР;
- программное обеспечение, реализующее методики расчета узлов машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов;
- программное обеспечение, позволяющее внедрить методику по определению параметров, учитывающих конструктивные и прочностные характеристики изделий;
- правила оформления научно-технической и служебной документации;
- требования к размещению оборудования при выполнении операций технологических процессов бурения, добычи, ремонта скважин;
- специфику технологического процесса для конкретных условий эксплуатации бурового и нефтепромыслового оборудования;
- специфику эксплуатации машин и оборудования нефтегазового комплекса;
- основные показатели технологичности конструкции изделия, качественные и количественные методы оценки технологичности;

*Уметь:*

использовать компьютерные программы для расчета и проектирования узлов и деталей машин;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

рассчитать технические параметры машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов по заданным технологическим требованиям;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

использовать принципы унификации и стандартизации при проектировании оборудования;

оптимизировать конструктивные решения, выбирать и обосновывать критерии оптимизации;

вносить коррективы, исправлять ошибки в научно-технической и служебной документации;

оформлять графическую и текстовую конструкторскую документацию в полном соответствии с требованиями ЕСКД;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

оценить уровень стандартизации и унификации;

оценить достоинства и недостатки проектируемого оборудования и машин нефтяных и газовых промыслов;

оценить уровень технологичности конструкции машин и механизмов;

выбирать основные и вспомогательные материалы деталей при проектировании в зависимости от различных критериев работоспособности нефтегазового оборудования;

анализировать параметры технологических процессов в соответствии с конструктивными параметрами и функциональным назначением применяемого оборудования;

*Владеть:*

методами расчета по определению требуемого уровня конструктивной и прочностной надежности узлов машин и оборудования;

навыками проектирования машин и механизмов;

современной методологией научного анализа исследуемых механических систем и технологических процессов;

способами перехода от реального объекта к расчетной схеме;

методиками проектных и проверочных расчетов инженерных конструкций на прочность, долговечность и жесткость;

навыками работы с основными российскими и зарубежными средствами автоматизированного проектирования на базе современных САПР;

навыками набора текста и создания изображений в компьютерных программах;

способностью анализировать полученный результат и умением сделать вывод о состоянии объекта расчета;

навыками разработки рабочей проектной и технической документации, в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами, оформления законченных проектно-конструкторских работ;

методикой определения металлоемкости и жесткости проектируемых конструкций.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов — их теоретической готовности к выполнению задания.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично поисковый характер, отличаются тем, что при их прове-

дении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

При планировании практических занятий преподаватель использует различное сочетание репродуктивных, частично поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации студентов на практических занятиях:

- фронтальная,

- групповая

- индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2—5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Содержанием практических занятий является:

• решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.);

• выполнение вычислений, расчетов, чертежей;

• изучение, заполнение, разработка инструкционных и технологических карт;

• работа с измерительными приборами, оборудованием;

• самостоятельное выполнение технологических операций;

• работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками;

• составление технической и специальной документации и др.

## 2. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Изучение конструкторской документации на технологическое оборудование.
2. Применение методов конструирования.
3. Выбор показателей функционального назначения технологического оборудования.
4. Выбор показателей технологичности.
5. Изучение показателей ТКИ.
6. Выбор и обоснование материала для изготовления технологического оборудования.
7. Разработка функциональной схемы бурового станка.
8. Разработка функциональной схемы карьерного экскаватора.

9. Разработка функциональной схемы насосной установки.
10. Определение взаимосвязи конструктивных и технологических параметров технологического оборудования.
11. Определение взаимосвязи конструктивных и технологических параметров бурового оборудования.
12. Применение методики расчета на прочность узлов бурового станка.
13. Применение методик расчета на прочность узлов и механизмов экскаватора.
14. Применение показателей качества для оценки уровня эффективности технологического оборудования.
15. Выбор материалов для изготовления бурового оборудования.
16. Обоснование выбора компоновочных схем оборудования для конкретных условий эксплуатации.
17. Подбор насосных установок для транспортировки нефти

Задания для выполнения практических работ.

1. Составить алгоритм работы оборудования по заданной компоновочной схеме бурового станка. Определить взаимосвязь конструктивных и технологических параметров.
2. Составить алгоритм и программу расчета узла бурового станка для конкретных условий эксплуатации.
3. Расчет буровых труб на прочность.
4. Рассчитать показатели функционального назначения станка для бурения скважин вращательным способом.
5. Рассчитать показатели функционального назначения станка для бурения скважин вращательно-ударным способом.
6. Рассчитать показатели функционального назначения станка для бурения скважин шарошечным способом.

## 3. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

### ЛИТЕРАТУРА


1. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров. Учеб. Для вузов. 5 изд. М.: Государственный Горный университет,2003
2. Буровые комплексы: Учебное пособие/ Под ред. К.П. Порожского; Урал. Гос. Горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013 – 768с

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

# Б1.О.26 ИНЖЕНЕРНЫЙ ДИЗАЙН CAD (САПР)

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: очная, заочная
Год набора: **2022**

Автор: Шестаков В.С., канд. техн. наук, профессор

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проектирование технических объектов выполняется полностью на ЭВМ, что привело к использованию понятия автоматизированное проектирование. Выпускники университета должны уметь работать на ЭВМ в текстовых и графических редакторах, конструкторских пакетах, позволяющих выполнять проектирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов.

**Цель контрольной работы:** обучение студентов проектированию и расчетам с применением компьютерных технологий. Умение использовать компьютерные технологии при проектировании объектов машиностроения позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

В методических указаниях приведен один из вариантов типового задания, практикуется применение индивидуальных заданий, соответствующих выбранному студентом направлению будущей работы. Такими заданиями являются разработка проекта отдельных механизмов и узлов экскаваторов, дробилок, буровых установок и т.п.

**Соответствие курсовой работы компетенциям Государственного стандарта.**

При изучении дисциплины студенты наряду с другими осваивали следующие направления:

- проведение расчетов с использованием программных модулей,
- создание проектов объектов машиностроения с использованием конструкторских пакетов 3D моделирования, в частности конструкторского пакета Компас 3D.

**Результат изучения дисциплины:** Компьютерные технологии в машиностроении»

*Знать:*

- функциональные возможности компьютерных программ, используемых для профессиональной деятельности;
- способы хранения, обработки и передачи информации программными средствами;
- приемы моделирования объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;
- этапы разработки проекта и приемы создания 3 D моделей деталей и ГОСТ оформления чертежей.

*Уметь:*

- применять программы для ЭВМ для задач профессиональной деятельности;
- накапливать и обрабатывать информацию;
- моделировать технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;
- разрабатывать проекты деталей и узлов;
- оформлять конструкторскую документацию.

*Владеть:*

- навыками работы на персональном компьютере;
- программными средствами для хранения и обработки информации;
- навыками моделирования технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;
- навыками создания деталей в конструкторских пакетах 3 D моделирования;
- навыками создания сборочных узлов в конструкторских пакетах 3 D моделирования;

- навыками оформления рабочих и сборочных чертежей в конструкторских пакетах 3 D моделирования.

## ЛИТЕРАТУРА

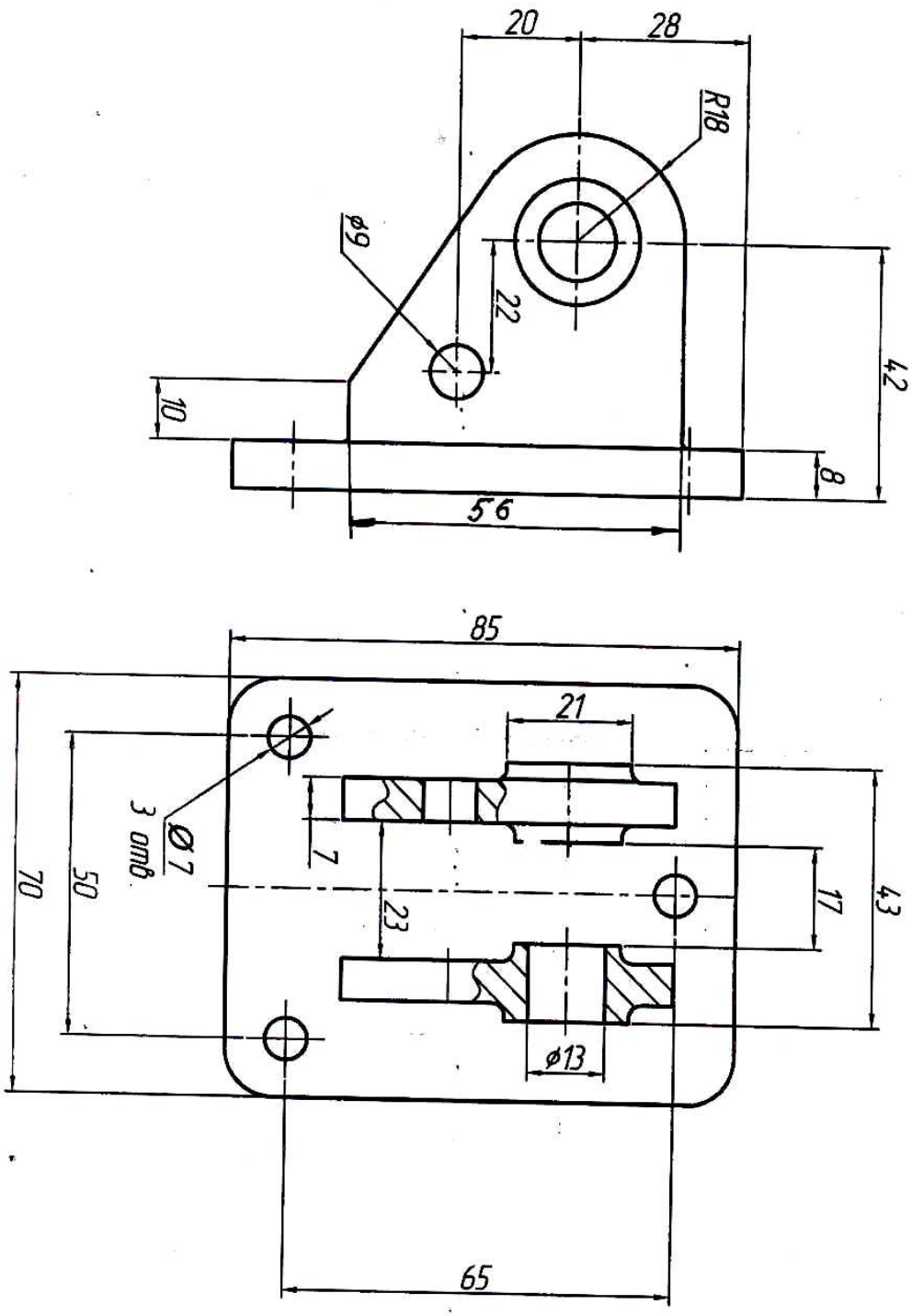

1. Справочные материалы конструкторского пакета Компас 3D
2. Сайт с обучающими материалами https://kompas.ru/publications/video/
3. Описание конструкторского пакета Компас 3D.


## ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

### Задания к контрольной работе по дисциплине «Инженерный дизайн CAD (САПР)»

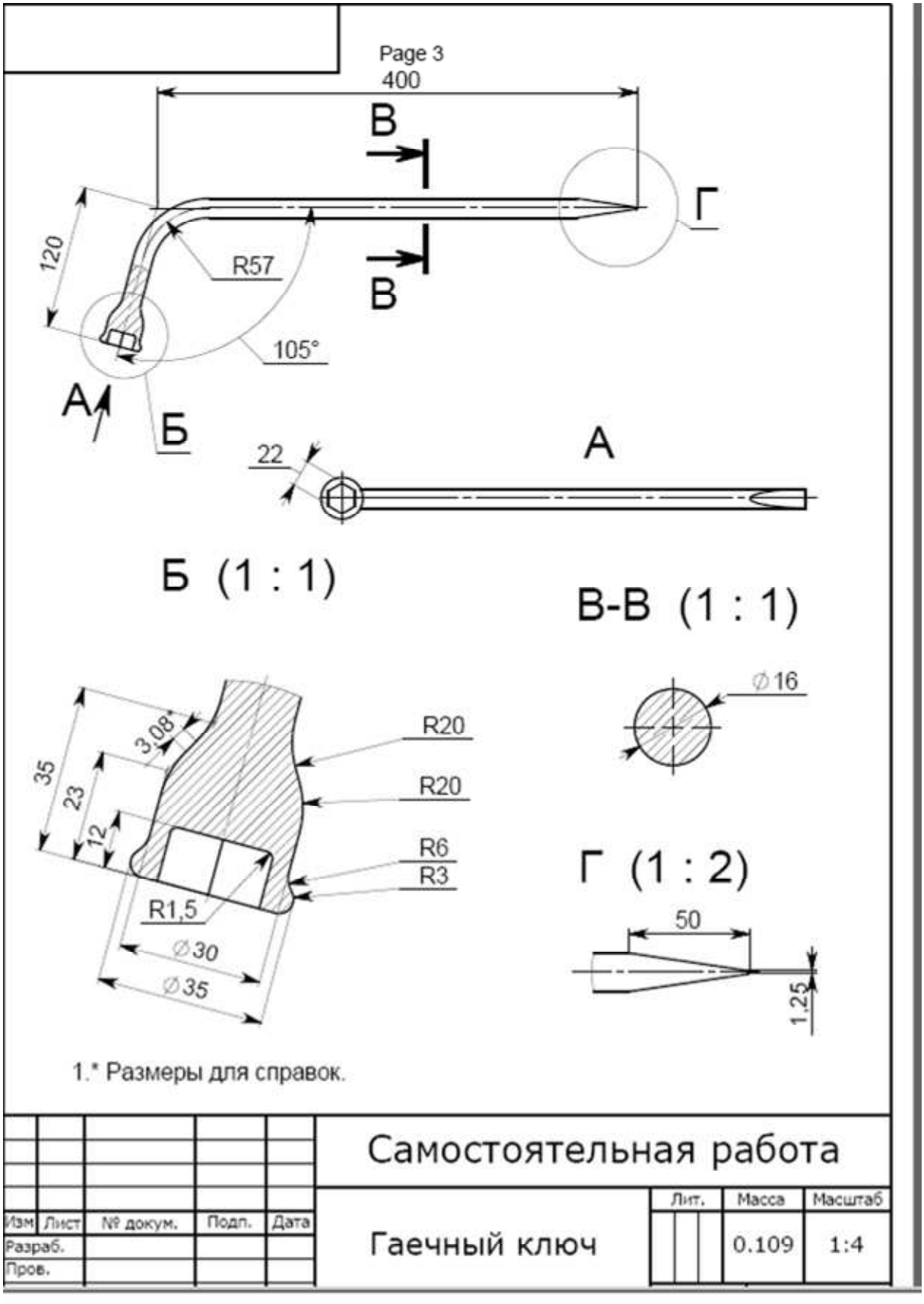
Создать объемные модели деталей и оформить рабочие чертежи в конструкторском пакете Компас

Задание

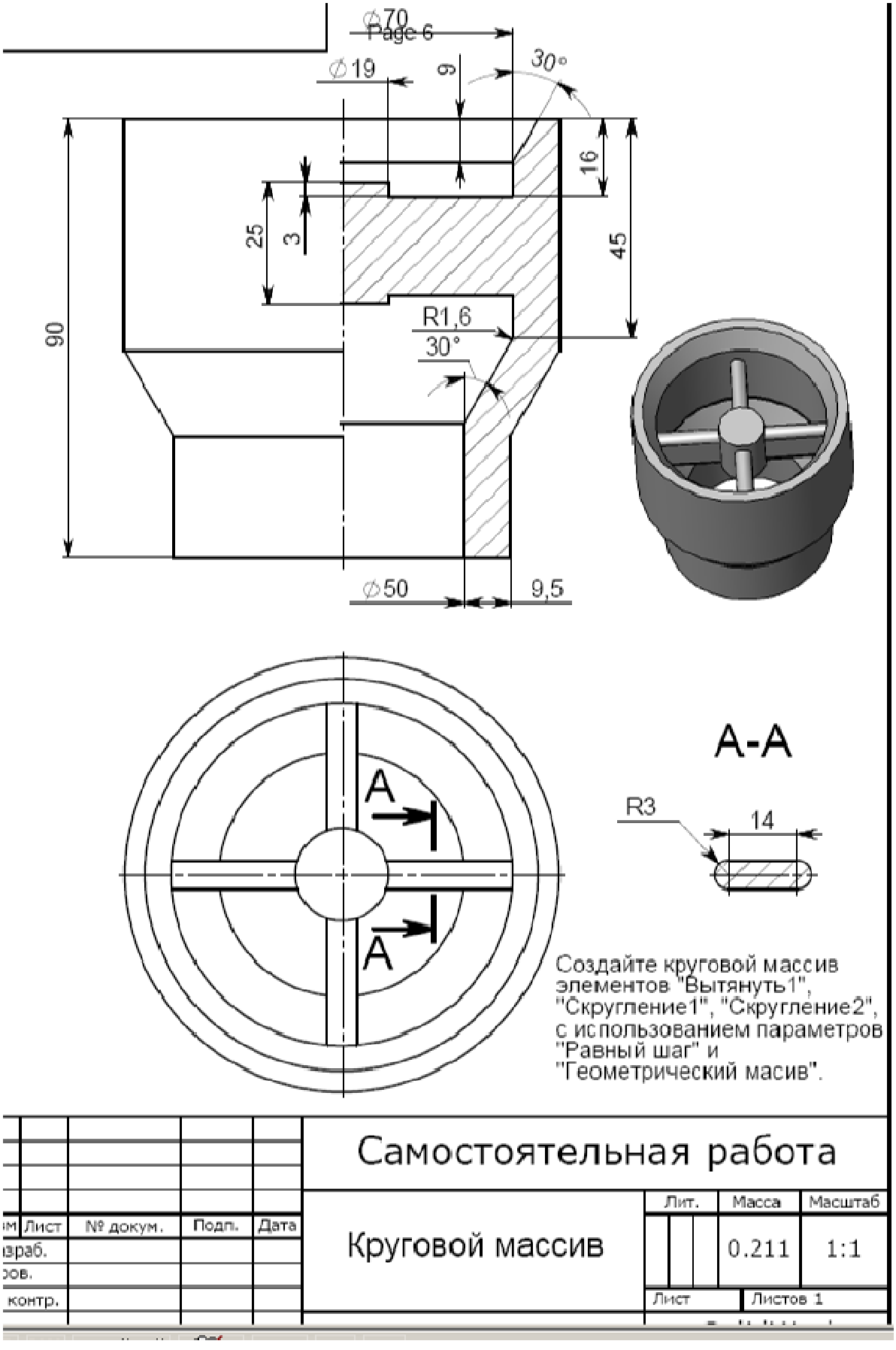



1

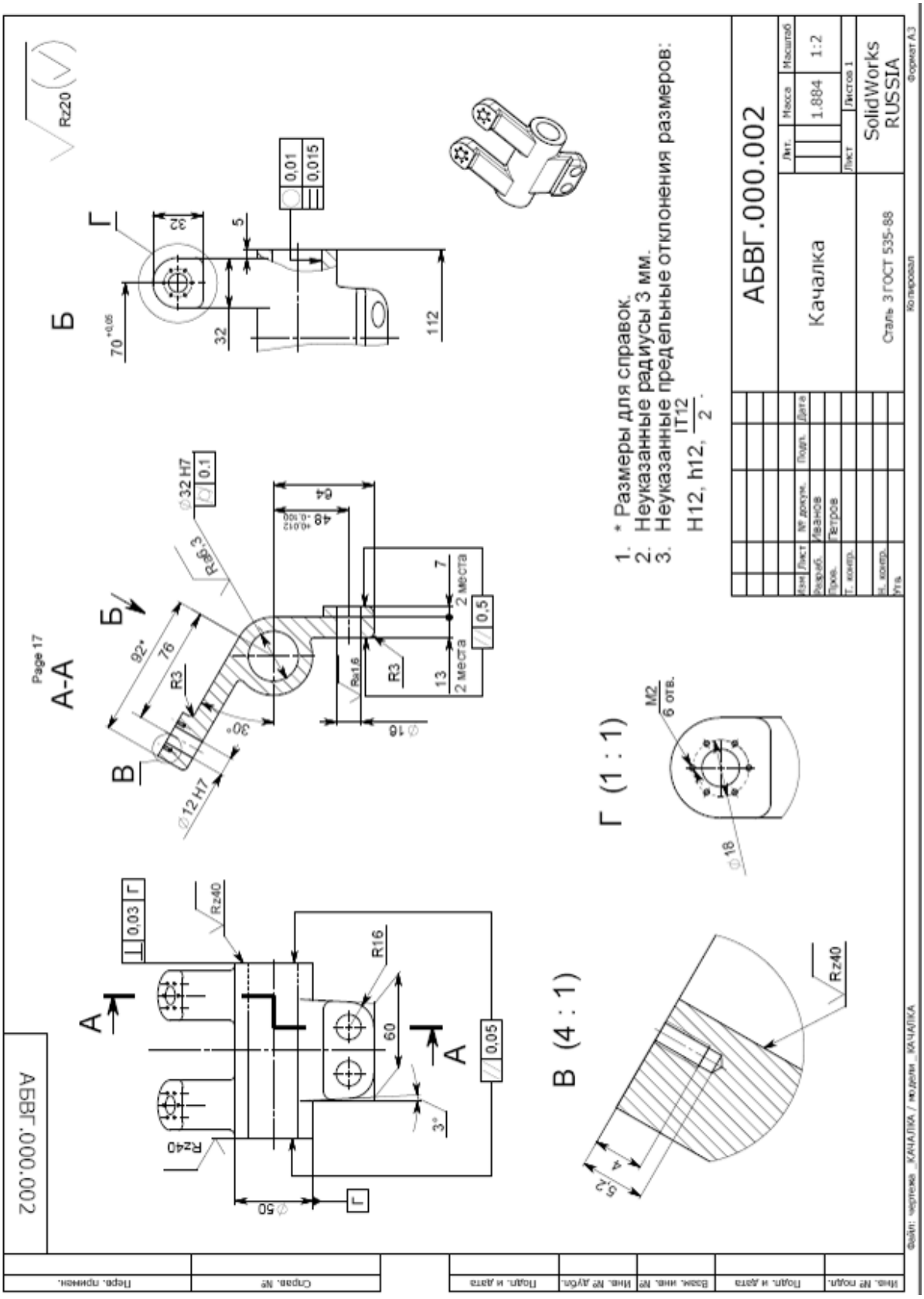
Задание 2


Page 3
400
В
В
Г
120
R57
105°
А
Б
22
А
Б (1 : 1)
В-В (1 : 1)
35
23
12
3,08
R20
R20
R6
R3
R1,5
⌀30
⌀35
⌀16
Г (1 : 2)
50
1,25
1.* Размеры для справок.
Самостоятельная работа
Изм Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Гаечный ключ
Лит.
Масса
0.109
Масштаб
1:4

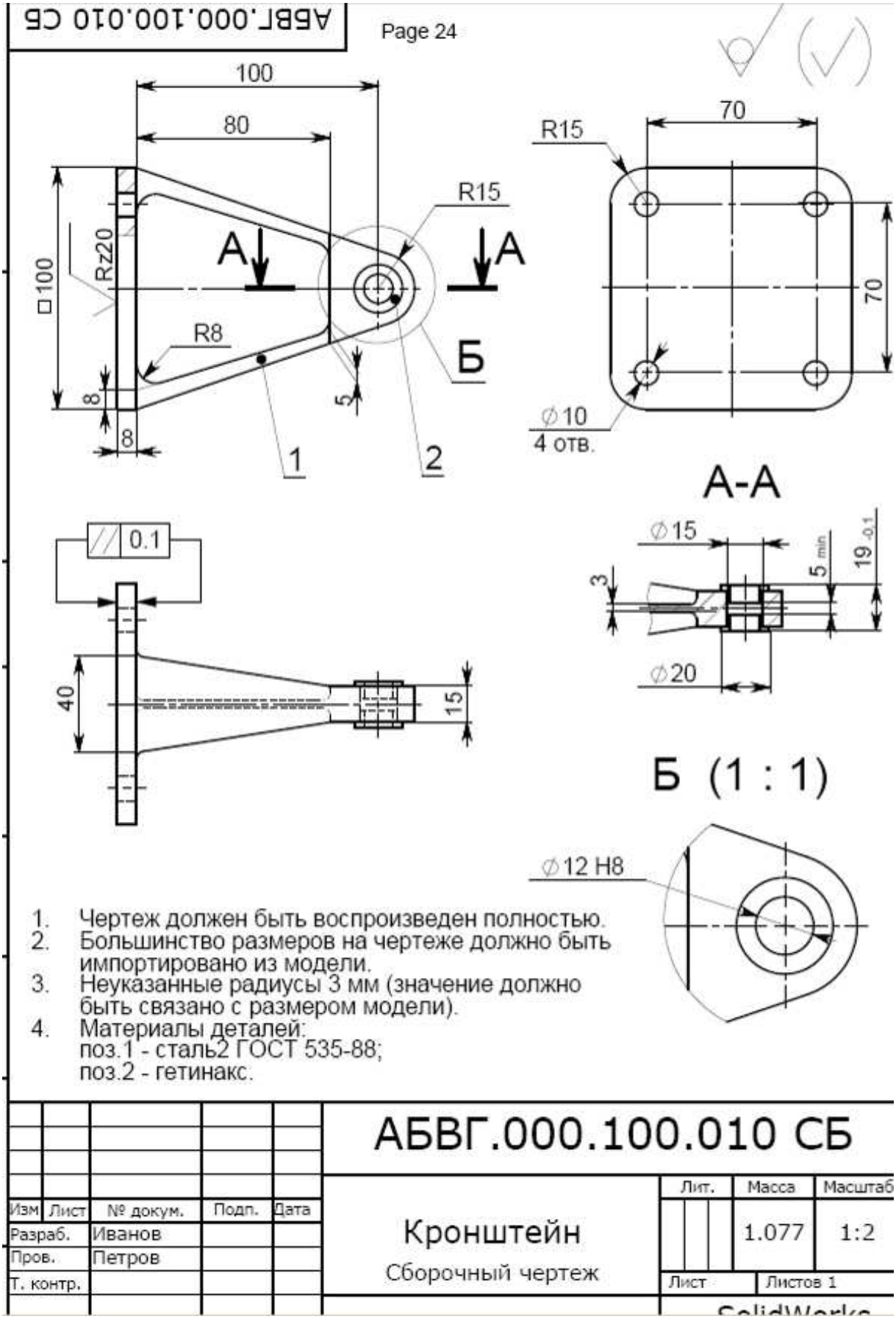
Задание 3


Page 6
∅70
∅19
9
30°
16
25
3
45
90
R1,6
30°
∅50
9,5
A
A
A-A
R3
14
Создайте круговой массив элементов "Вытянуть1", "Скругление1", "Скругление2", с использованием параметров "Равный шаг" и "Геометрический масив".
Самостоятельная работа
Круговой массив
Лит.
Масса
Масштаб
0.211
1:1
Лист
Листов 1
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
контр.

Задание 4



АБВГ.000.002
Качалка
Сталь 3 ГОСТ 535-88
SolidWorks RUSSIA
1.884
1:2
1. * Размеры для справок.
2. Неуказанные радиусы 3 мм.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров:
H12, h12, IT12/2.
Page 17
А-А
Б
В (4 : 1)
Г (1 : 1)

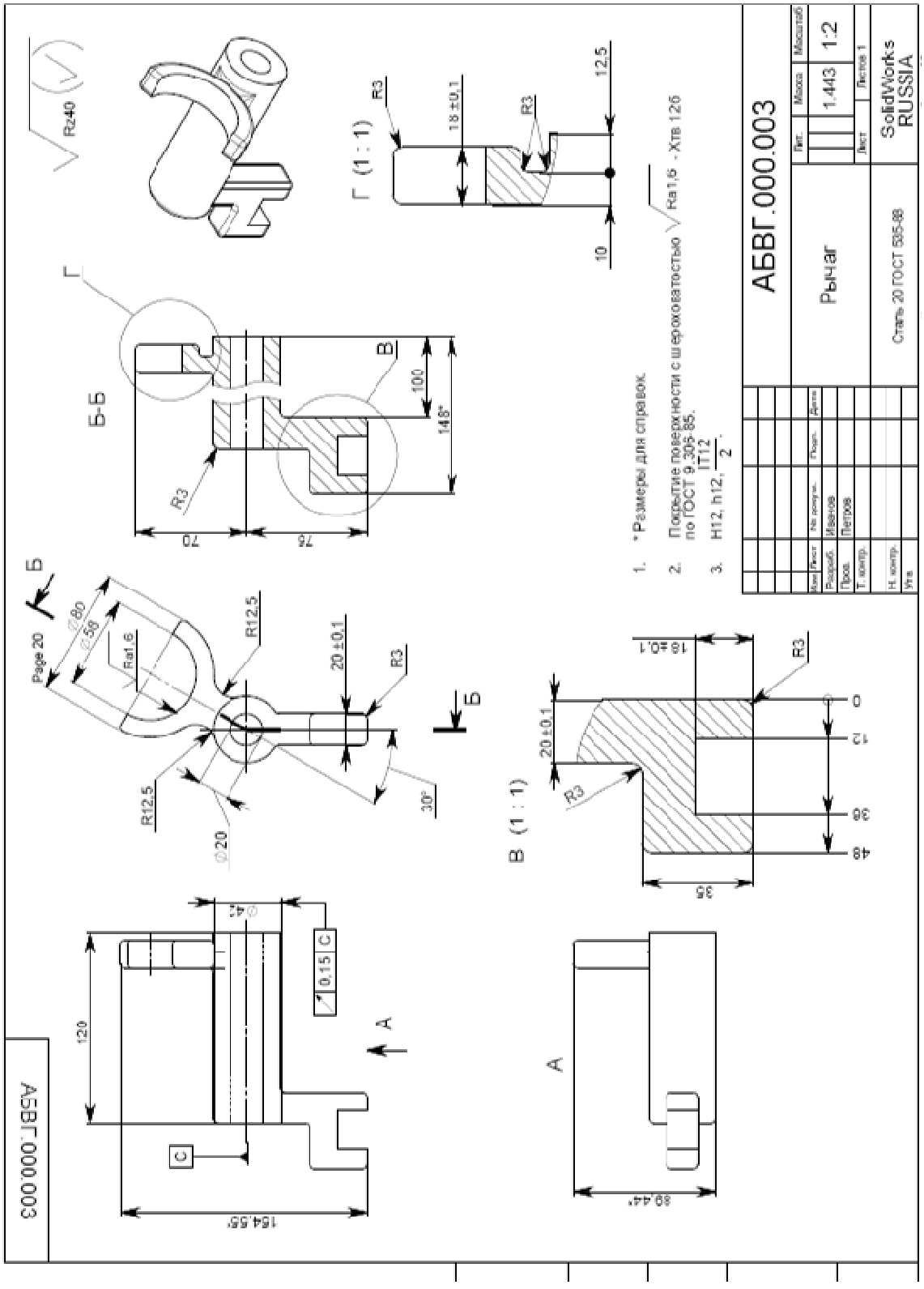



1. Чертеж должен быть воспроизведен полностью.
2. Большинство размеров на чертеже должно быть импортировано из модели.
3. Неуказанные радиусы 3 мм (значение должно быть связано с размером модели).
4. Материалы деталей:
   поз.1 - сталь2 ГОСТ 535-88;
   поз.2 - гетинакс.

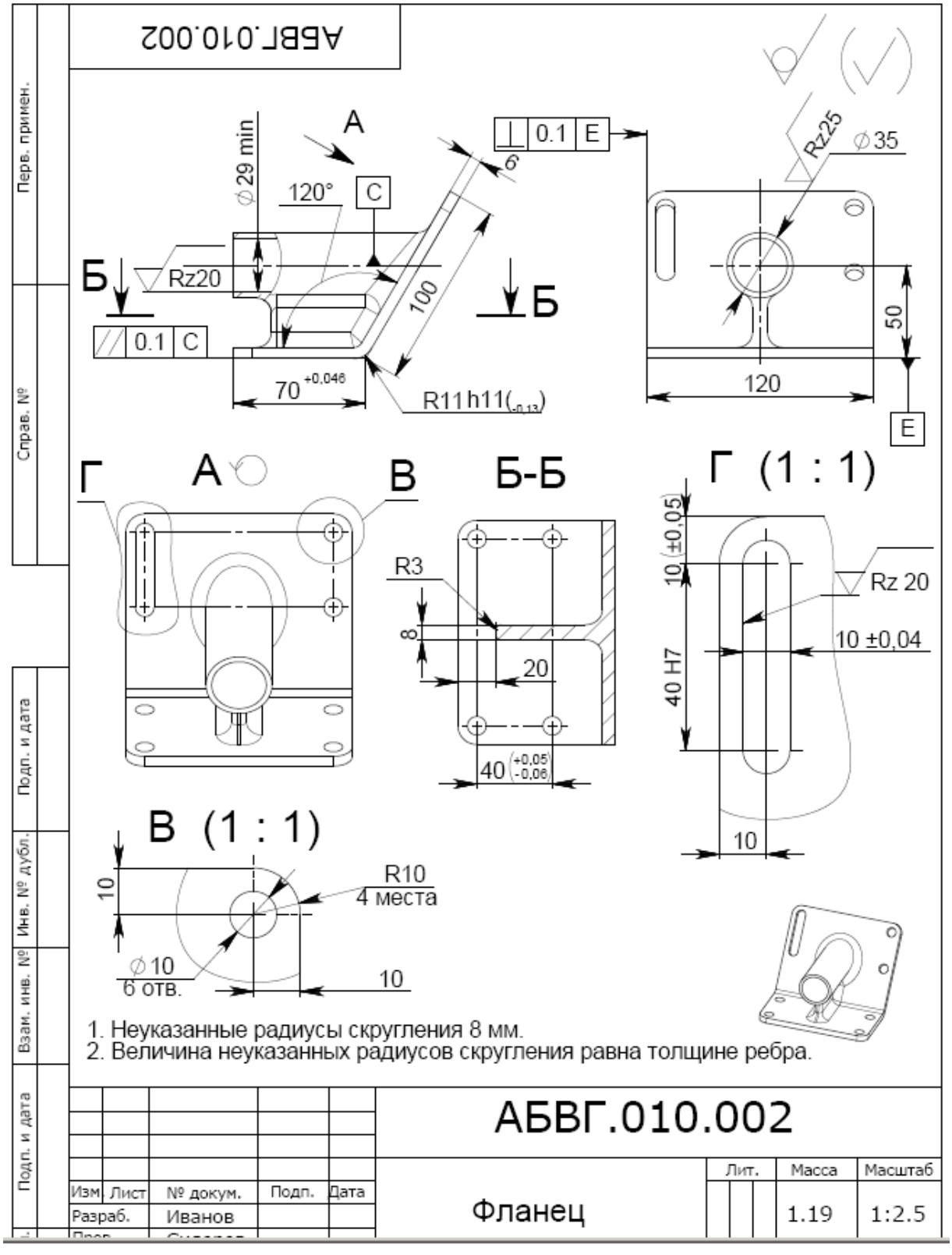
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | АБВГ.000.100.010 СБ | |
| Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |
| Разраб. | | Иванов | | | Кронштейн | Лит. / Масса 1.077 / Масштаб 1:2 |
| Пров. | | Петров | | | Сборочный чертеж | Лист / Листов 1 |
| Т. контр. | | | | | | |

Задание 5

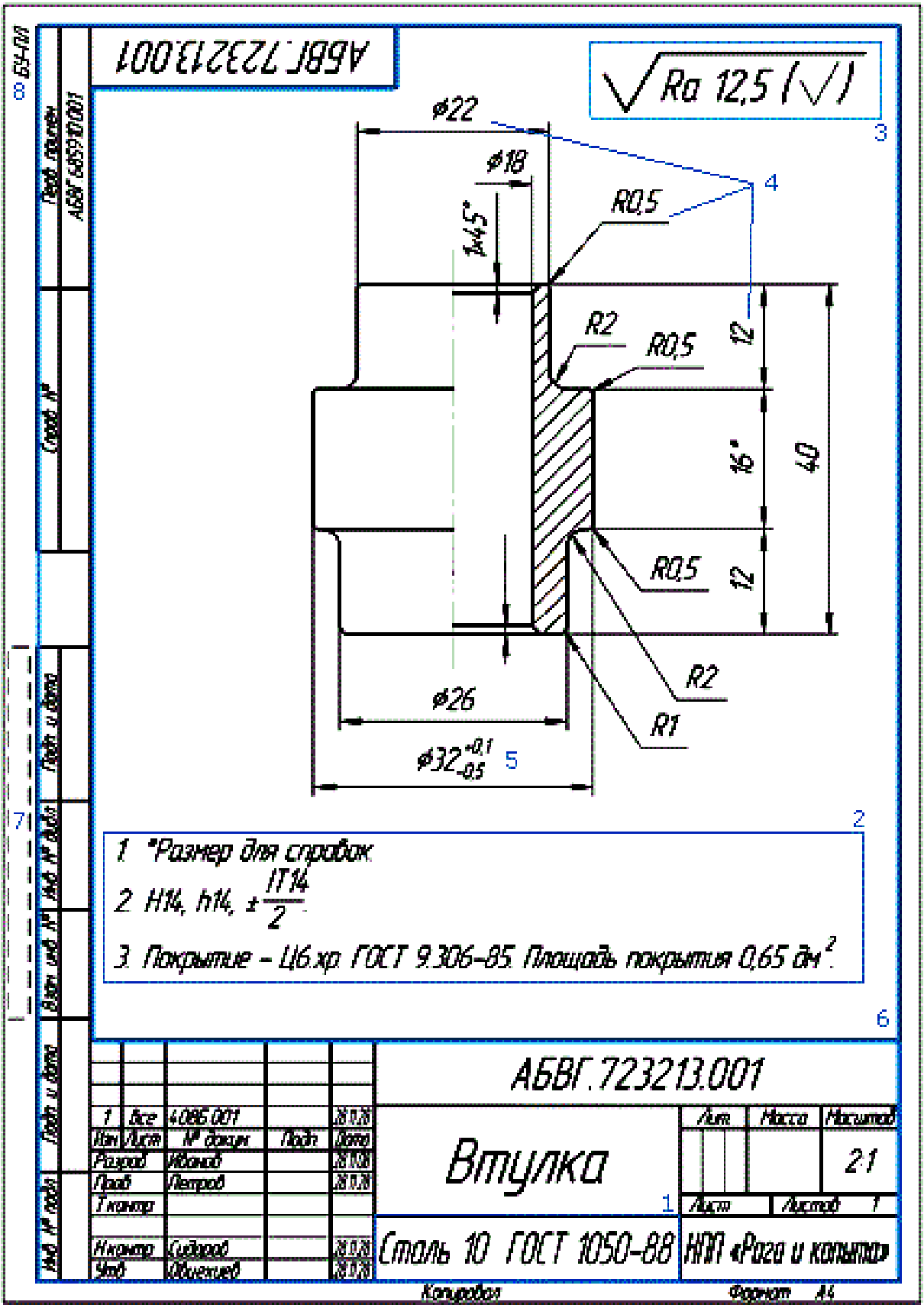
Залание 6


АБВГ.000.003
Рычаг
Сталь 20 ГОСТ 535-88
1.443
1:2
SolidWorks
RUSSIA
1. * Размеры для справок.
2. Покрытие поверхности с шероховатостью Ra1,6 - Хтв 126 по ГОСТ 9.306-85.
3. H12, h12, IT12/2.
Б-Б
Г (1 : 1)
В (1 : 1)
Page 20
Rz40
Ra1,6
R3
R12,5
20 ±0,1
18 ±0,1
154,55°
89,44°
30°
148°
100
70
75
120
35
48
36
12
0
10
12,5
0,15 C

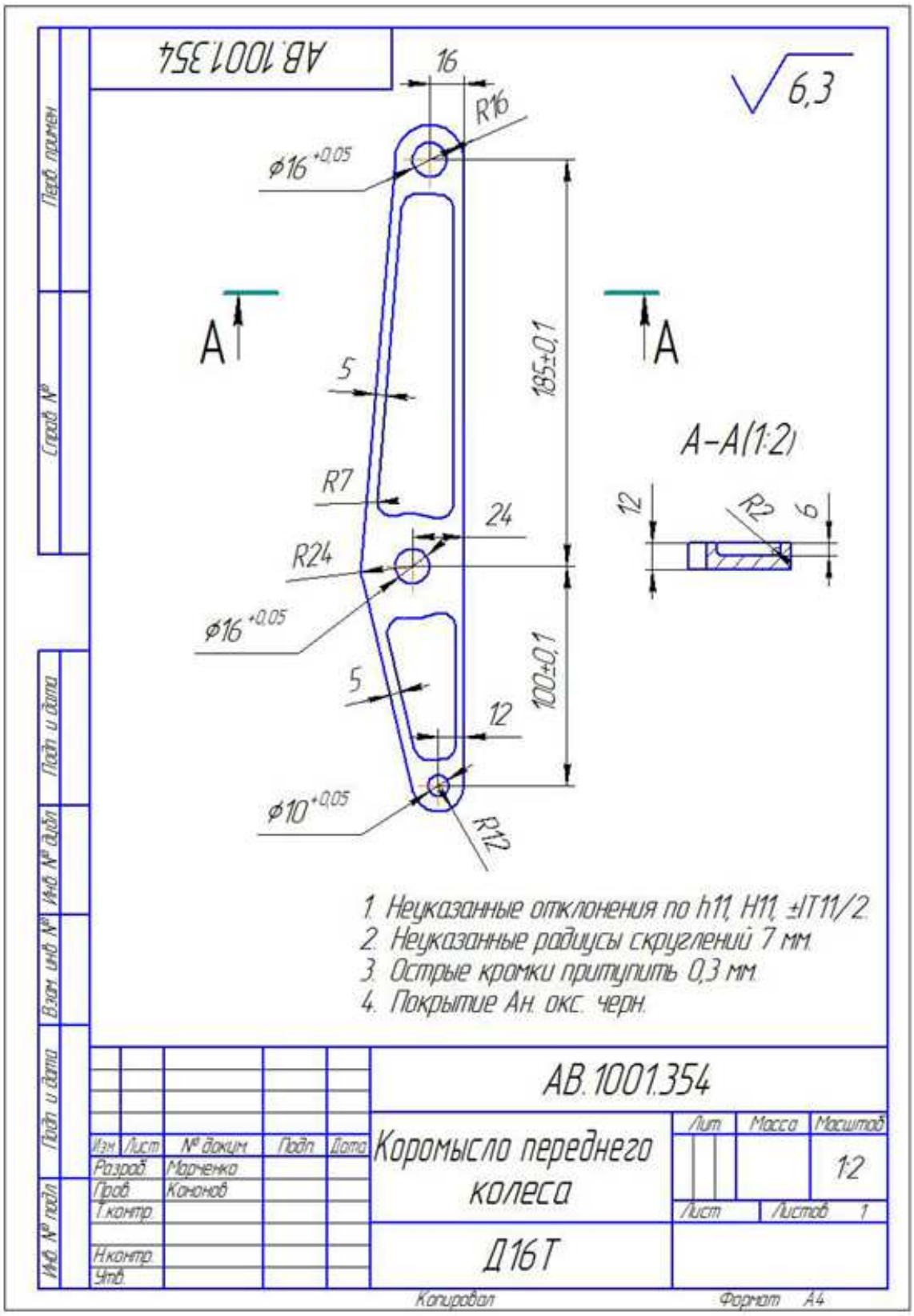
Задание7


АБВГ.010.002
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
А
Б
Б
Г
А
В
Б-Б
Г (1 : 1)
В (1 : 1)
Rz20
Rz25
Rz 20
120°
C
0.1 C
0.1 E
E
6
100
70 +0,046
R11h11(-0,13)
50
120
R3
8
20
40 (+0,05 -0,06)
10 (±0,05)
40 H7
10 ±0,04
10
R10
4 места
10
⌀10
6 отв.
10
1. Неуказанные радиусы скругления 8 мм.
2. Величина неуказанных радиусов скругления равна толщине ребра.
АБВГ.010.002
Изм
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Разраб.
Иванов
Фланец
Лит.
Масса
Масштаб
1.19
1:2.5

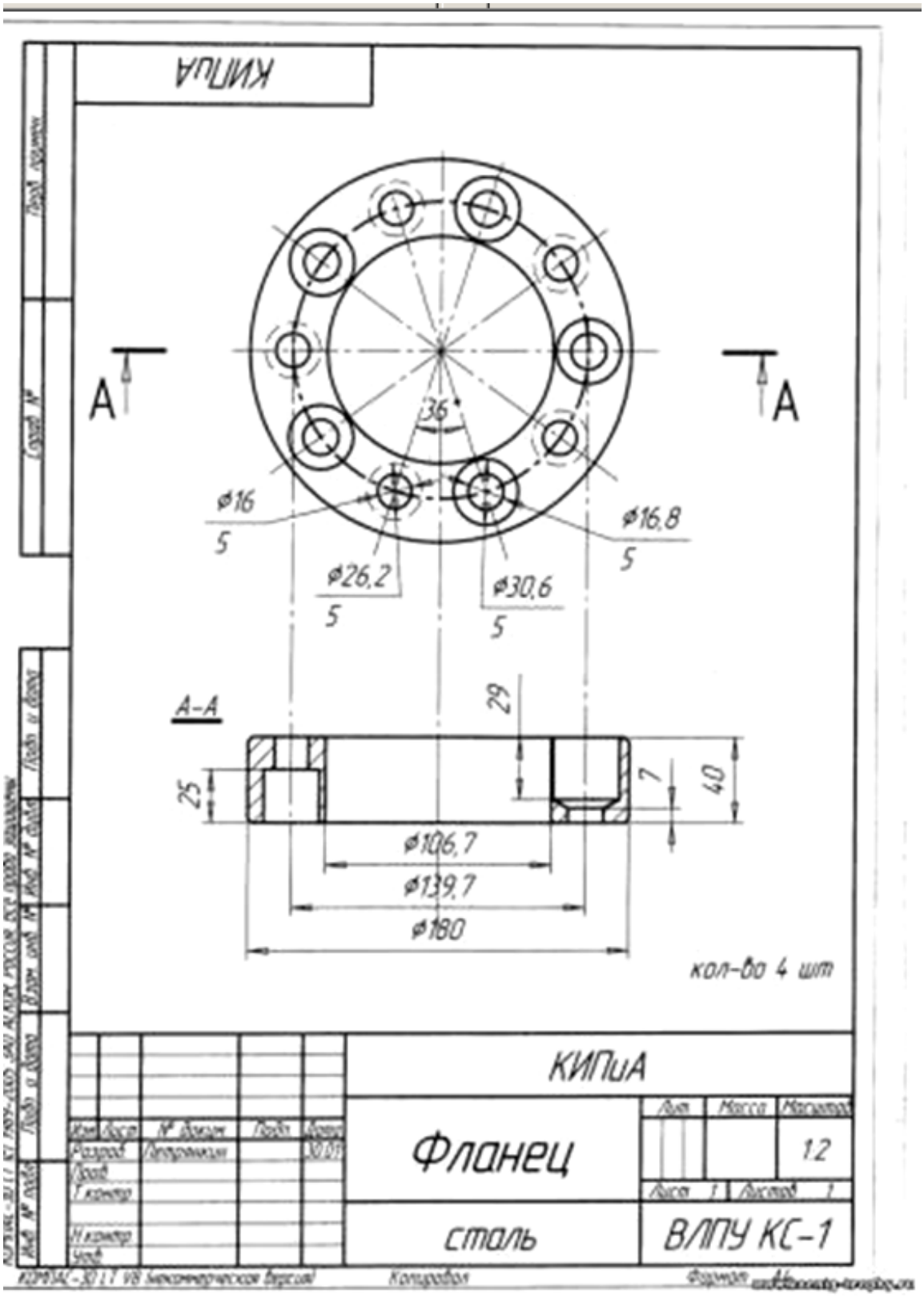
Задание
8


АБВГ.723213.001
Ra 12,5 (√)
ø22
ø18
1x45°
R0,5
R2
R0,5
12
16°
40
R0,5
12
R2
R1
ø26
ø32 +0,1 -0,5
1. *Размер для справок.
2. H14, h14, ± IT14/2.
3. Покрытие – Ц6.хр. ГОСТ 9.306-85. Площадь покрытия 0,65 дм².
АБВГ.723213.001
Втулка
Сталь 10 ГОСТ 1050-88
НПП «Рога и копыта»
2:1
Копировал
Формат А4

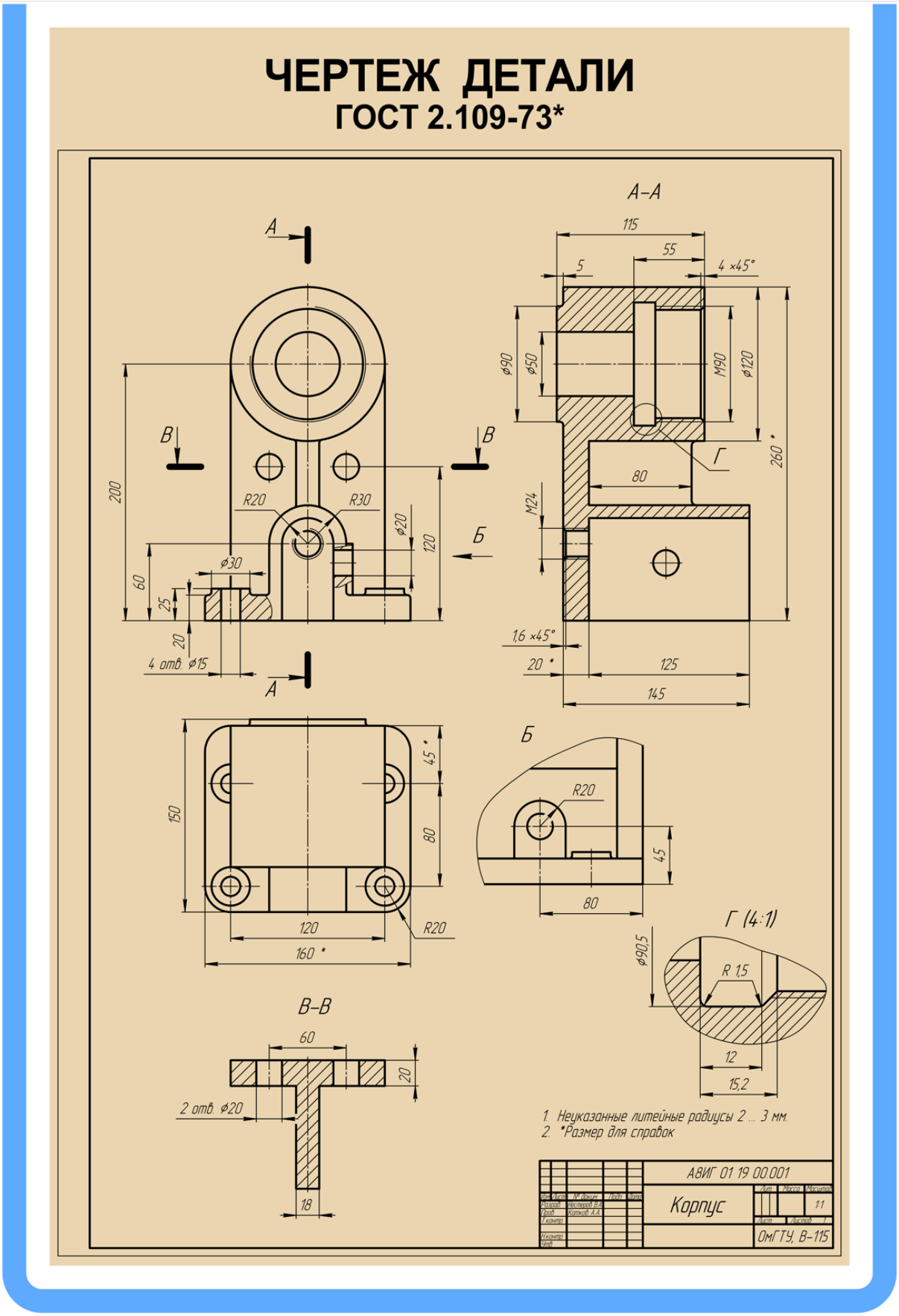
Задание 9


АВ.1001.354
16
R16
ϕ16 +0.05
6,3
A
A
185±0,1
5
R7
24
R24
ϕ16 +0.05
5
12
100±0,1
ϕ10 +0.05
R12
A–A(1:2)
12
R2
6
1. Неуказанные отклонения по h11, H11, ±IT11/2.
2. Неуказанные радиусы скруглений 7 мм.
3. Острые кромки притупить 0,3 мм.
4. Покрытие Ан. окс. черн.
АВ.1001.354
Коромысло переднего колеса
Д16Т
Лит
Масса
Масштаб
1:2
Лист
Листов 1
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Марченко
Пров. Кононов
Т.контр.
Н.контр.
Утв.
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Копировал
Формат А4

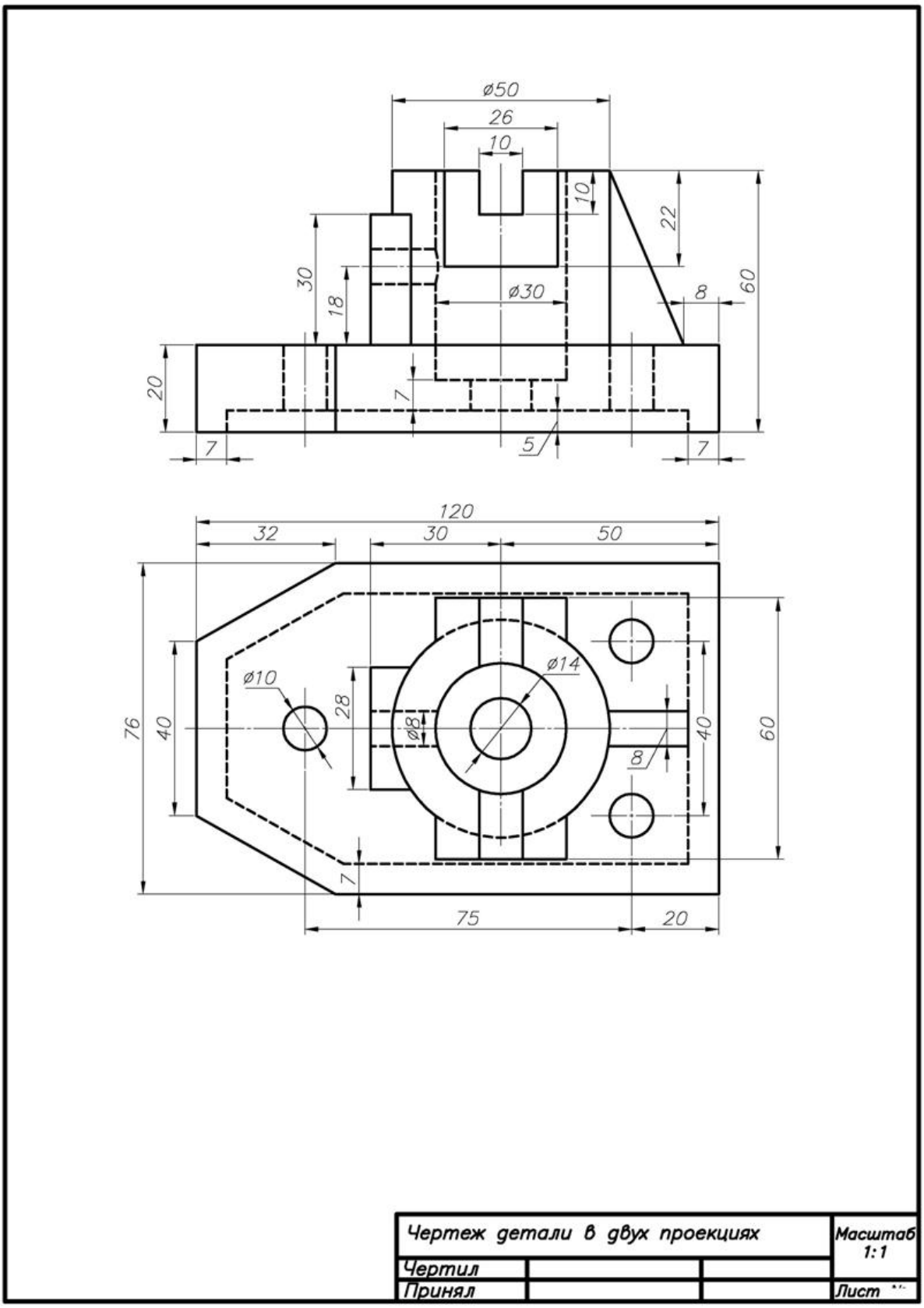
Задание 10


КИПиА
A
A
36
ø16
5
ø26,2
5
ø30,6
5
ø16,8
5
A-A
29
25
7
40
ø106,7
ø139,7
ø180
кол-во 4 шт
КИПиА
Фланец
сталь
ВЛПУ КС-1
Лит
Масса
Масштаб
1:2
Лист 1
Листов 1

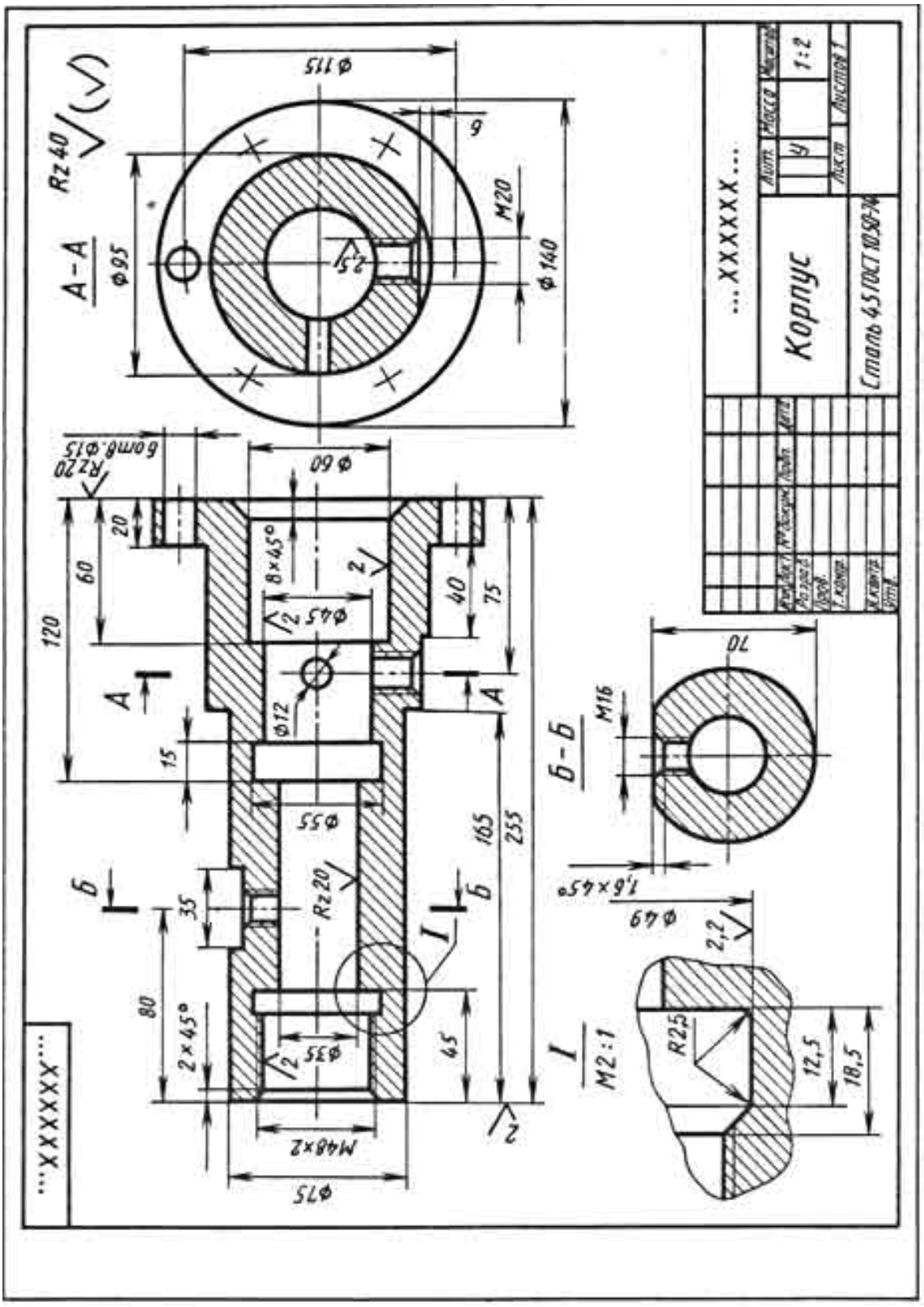
Задание 11


ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ
ГОСТ 2.109-73*
А–А
115
55
5
4 ×45°
ø90
ø50
М90
ø120
260 *
Г
80
М24
1,6 ×45°
20 *
125
145
А
В
Б
200
R20
R30
ø20
120
ø30
60
25
20
4 отв. ø15
150
45 *
80
120
160 *
R20
Б
R20
45
80
Г (4:1)
ø90,5
R 1,5
12
15,2
В–В
60
20
2 отв. ø20
18
1. Неуказанные литейные радиусы 2 ... 3 мм.
2. *Размер для справок
АВИГ 01 19 00.001
Корпус
11
ОмГТУ, В-115

Задание 12


ø50
26
10
10
22
30
18
ø30
8
60
20
7
5
7
7
120
32
30
50
ø10
28
ø14
ø8
8
76
40
40
60
7
75
20
Чертеж детали в двух проекциях
Масштаб 1:1
Чертил
Принял
Лист

Задание 13



Задание 14


1 644 842
Ступица колеса автомобиля Ford Escort/Orion
Сталь 20Х ГОСТ 4543-71
1 Число шлицев Z=23
Б-Б
А(1:2)
80,4
61,9
48,9
44,9
34,2
16×45°
1×45°
45,8
120°
R3
27
90°
28
ø50
ø62
2,5×45°
3,9
1,25
8,8
R1
R2
ø66,4
27,6
ø63,26
4×45°
4 места
15×45°
ø35js9(±0,031)
25
ø108
ø104,2
M12
4 отв.
R7
R13,4
R10
M6
Б
А
1644 842

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.Х. Эдоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсовой работы по дисциплине

# Б1.О.26 ИНЖЕНЕРНЫЙ ДИЗАЙН CAD (САПР)

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: очная, заочная

Год набора: **2022**

Автор: Шестаков В. С., канд. техн. наук, профессор

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время конструирование технических объектов выполняется полностью на ЭВМ, что привело к использованию понятия автоматизированное проектирование. Выпускники университета должны уметь работать на ЭВМ в текстовых и графических редакторах, конструкторских пакетах, позволяющих выполнять проектирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов.

**Цель курсовой работы:** обучение студентов конструированию и расчетам с применением компьютерных технологий. Умение использовать компьютерные технологии при проектировании нефтегазового и иного оборудования позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

**Результат изучения дисциплины:** Компьютерные технологии в машиностроении»

*Знать:*

- методы контроля качества изделий и объектов, причины нарушений технологических процессов и мероприятия по их предупреждению;
- этапы разработки проекта;
- приемы создания 3 D моделей деталей и ГОСТы оформления чертежей;
- показатели технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, порядок профилактического осмотра и текущего ремонта;
- этапы изготовления прототипов;
- командную работу на производстве.

*Уметь:*

- применять методы контроля качества изделий и объектов, внедрять мероприятия для исключения нарушений технологических процессов;
- разрабатывать проекты деталей и узлов;
- оформлять конструкторскую документацию
- определять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, проводить профилактический осмотр и текущий ремонт;
- изготавливать прототипы;
- организовывать командную работу на производстве.

*Владеть:*

- приемами контроля качества изделий и объектов, внедрения мероприятий для исключения нарушений технологических процессов;
- навыками создания деталей в конструкторских пакетах 3 D моделирования;
- навыками создания сборочных узлов в конструкторских пакетах 3 D моделирования;
- навыками оформления рабочих и сборочных чертежей в конструкторских пакетах 3 D моделирования
- навыками определения технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, проведения профилактического осмотра и текущего ремонта;
- приемами изготовления прототипов;
- приемами организации командной работы на производстве.

### Указания к выполнению

1. Студент по порядковому номеру в списке группы выбирает вариант из таблицы. По приведенным формулам рассчитывает требуемые диаметры поршня и штока и увеличивает до стандартных. Все остальные размеры принимаются конструктивно по рекомендациям [1-3] и по ним выполняются 3Д модели деталей по варианту схемы гидроцилиндра. Для што-

ка нужно учесть рекомендации по соотношению диаметров штока и поршня из литературных источников, должна учитываться и конфигурация штока. Способ крепления.

2. При принятии решения соединения деталей между собой на сварку (например, проушины к штоку) должна быть оформлена отдельная подсборка, чертеж для нее и спецификация. При выполнении детали нетехнологическим способом, например, гильзу вместе с патрубком будет считаться ошибкой, так как студент должен показать знания и конструирования.

3. Приведенные схемы гидроцилиндров не являются сборочным чертежом, поэтому выполнять нужно не по этому образцу. Такие схемы используются в отделах комплектации для указания какие уплотнения применяются. Из схемы нужно реализовать способ крепления гидроцилиндра в механизме (проушины, болтовое соединение, цапфы). Размеры должны быть свои расчетные. Способы уплотнений поршня, штока, гильзы с крышками, способы соединения крышек необходимо принять по [1-3]. Рисунок 1 приведен для наименования деталей, а не как образец, что будет в проекте.

4. Обозначения для деталей и сборок. Начинается двумя буквами КР затем идет две цифры порядковый номер студента, потом две цифры подсборка или сборка. Потом три цифры для номера детали в сборке. КР 01.02.002 (первый студент, вторая подсборка, вторая деталь в подсборке 02). На пояснительной записке КР 01.00.000 ПЗ

5. В сборку гидроцилиндра стандартные изделия (гайки, уплотнения, подшипники и др.) необходимо вставлять из библиотеки Компас.

6. Оформлять чертежи и пояснительную записку необходимо по правилам ЕСКД. Для пояснительной записки можно применять текстовый документ Компас или в выданном вам шаблоне файла Word.

7. В пояснительной записке должны быть приведены расчеты, скрины созданных деталей, сборок, чертежей, спецификаций с соответствующими пояснениями.

8. Результаты: файлы с пояснительной запиской, все 3Д модели деталей, чертежи, и др. архивируются в один, указывается в наименование фамилия студента, выставляются в ТИМС в папку задания «Компьютерные технологии в машиностр. Курсовая работа».

9. После получения файлов преподаватель указывает ошибки для обоснования оценки и отправляет студенту.

10. Используя АРМ WinMachine выполнить прочностные расчеты корпуса и штока.

11. Используя переменные обеспечить автоматическое перестроение деталей при задании диаметров поршня и штока, хода поршня.

## ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

**Задание.** Определить параметры гидроцилиндра, используя конструкторский пакет Компас 3D разработать проект гидроцилиндра. По усилиям на штоке и давлению в гидроцилиндре провести расчет напряжений в элементах гидроцилиндра и подобрать сечения по условию прочности

Расчетная схема по заданиям и пример объемных моделей элементов приведена на рис. 1.

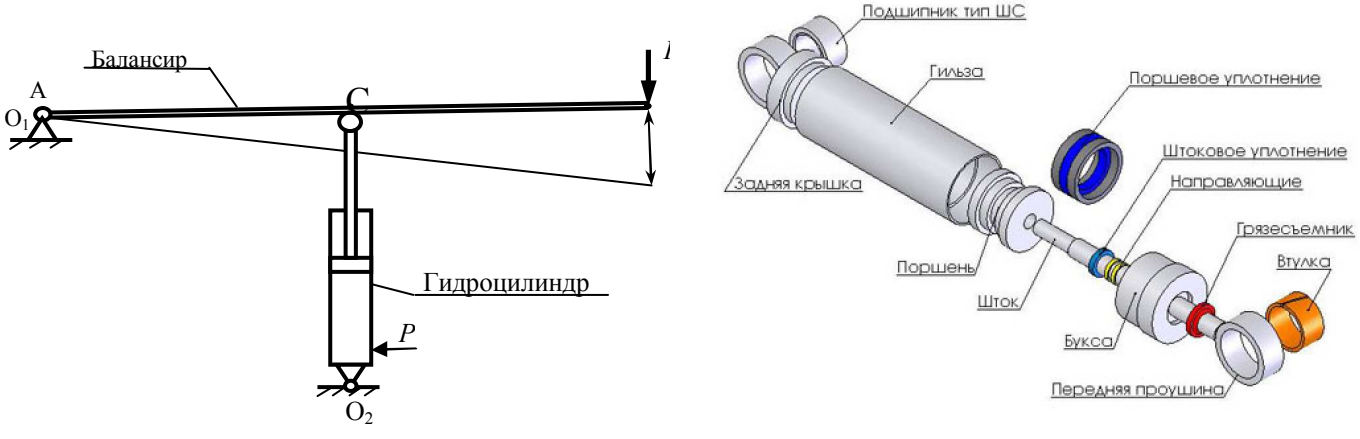



Рис. 1. Расчетная схема и примеры объемных моделей деталей

Конструктивные схемы вариантов исполнений гидроцилиндров приведены в приложении 1. Для выполнения проекта гидроцилиндра по этим схемам необходимо рассмотреть известные конструкции изготовления крышек, поршней, уплотнений, соединений, приведенные в [3].

Варианты заданий и исходные данные

| Вариант | № ГЦ | Усилие *F*, Н | $L_{AB}$, м | $L_{AC}$, м | Угол поворота балансира Δβ, град | Давление Р, МПа | Допустимое напряжение штока, МПа | Детали для оформления рабочего чертежа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 10000 | 2 | 1 | 15 | 16 | 120 | Шток, поршень |
| 2 | 2 | 20000 | 2 | 1 | 20 | 16 | 120 | Корпус, крышка задняя |
| 3 | 3 | 30000 | 2 | 1 | 18 | 16 | 120 | Шток, крышка передняя |
| 4 | 4 | 10000 | 3 | 1 | 15 | 16 | 120 | Шток, крышка задняя |
| 5 | 5 | 20000 | 3 | 1 | 18 | 16 | 120 | Поршень, крышка задняя |
| 6 | 6 | 30000 | 3 | 1 | 20 | 16 | 120 | Корпус, крышка передняя |
| 7 | 7 | 50000 | 3 | 1 | 15 | 16 | 120 | Шток, поршень |
| 8 | 8 | 50000 | 4 | 1 | 15 | 16 | 120 | Корпус, крышка задняя |
| 9 | 9 | 50000 | 4 | 1 | 15 | 32 | 120 | Шток, крышка передняя |
| 10 | 1 | 30000 | 4 | 1 | 20 | 32 | 120 | Шток, крышка задняя |
| 11 | 2 | 40000 | 4 | 1 | 18 | 32 | 120 | Поршень, крышка задняя |
| 12 | 3 | 20000 | 4 | 1 | 18 | 32 | 120 | Корпус, крышка передняя |
| 13 | 4 | 100000 | 4 | 1 | 15 | 32 | 120 | Шток, поршень |
| 14 | 5 | 50000 | 3 | 1 | 15 | 32 | 120 | Корпус, крышка задняя |
| 15 | 6 | 150000 | 3 | 1 | 15 | 32 | 120 | Шток, крышка передняя |
| 16 | 7 | 100000 | 3 | 1 | 15 | 32 | 120 | Шток, крышка задняя |
| 17 | 8 | 120000 | 3 | 1 | 15 | 32 | 120 | Поршень, крышка задняя |
| 18 | 9 | 180000 | 4 | 1 | 15 | 32 | 120 | Корпус, крышка передняя |
| 19 | 1 | 100000 | 4 | 1 | 18 | 32 | 120 | Шток, поршень |
| 20 | 2 | 80000 | 4 | 1 | 15 | 32 | 120 | Корпус, крышка задняя |
| 21 | 3 | 50000 | 4 | 1 | 20 | 10 | 120 | Шток, крышка передняя |
| 22 | 4 | 40000 | 4 | 1 | 15 | 10 | 120 | Шток, крышка задняя |
| 23 | 5 | 30000 | 4 | 1 | 10 | 10 | 120 | Поршень, крышка задняя |
| 24 | 6 | 20000 | 4 | 1 | 15 | 10 | 120 | Корпус, крышка передняя |
| 25 | 7 | 10000 | 4 | 1 | 15 | 10 | 120 | Шток, крышка задняя |

*Примечание.* В приложение приведены схемы вариантов гидроцилиндров, используемые в отделах для приобретения комплектующих уплотнений. Приведенные на рисунках размеры не следует применять для создания деталей гидроцилиндра по варианту задания. Конструктивное исполнение поршня, крышек и иных элементов необходимо уточнить, пользуясь примерами и рекомендациями в [3].

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ.

1. Выполнить расчет параметров

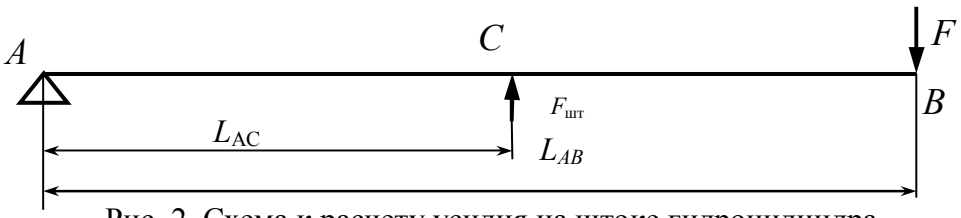



Рис. 2. Схема к расчету усилия на штоке гидроцилиндра

Усилие на штоке гидроцилиндра определяется по условию равновесия – сумма моментов относительно опоры А равна нулю

$\sum M_A = 0$, т.е. $F_{шт} \cdot L_{AC} - F \cdot L_{AB} = 0$.

Откуда

$$F_{шт} = \frac{F \cdot L_{AB}}{L_{AC}}$$

Площадь поршня по заданному давлению

$$S_п = F_{шт}/P$$

Диаметр поршня

$$D_п = \sqrt{4 \cdot S_п/\pi}$$

Площадь штока определяется по условию прочности. При работе штока на сжатие площадь штока определяется по формуле

$$S_{шт} = F_{шт}/[\sigma]$$

Диаметр штока

$$d_{шт} = \sqrt{4 \cdot S_{шт}/\pi}$$

Ход штока

$$\Delta x = 2L_{AC}\sin(\Delta\beta/2)$$

2. Диаметры поршней и штоков округлить до стандартных значений [1,2].
3. По стандартным значениям спроектировать гидроцилиндр. Конструктивные схемы вариантов исполнений гидроцилиндров приведены в приложении 1. Для выполнения проекта гидроцилиндра по этим схемам необходимо рассмотреть известные конструкции изготовления крышек, поршней, уплотнений, соединений, приведенные в [3].
4. Проектирование должно быть выполнено с использованием конструкторских пакетов Компас 3D.. Проект должен включать все детали, сборки, рабочие чертежи указанных в задании деталей и сборочные чертежи, спецификации, пояснительную записку.
5. Выполнить прочностные расчеты корпуса гидроцилиндра, штока с использованием модуля *Structure 3D* системы *APM WinMachine*
6. Оформление пояснительной записки: пояснительная записка должна содержать:
   - расчет параметров,
   - виды 3D моделей всех деталей,
   - рабочие чертежи указанных в задании деталей, выполненные по требованиям ЕСКД на формате А4 или ином, на ином, но в записке разрешается представить в уменьшенном до А4 вида,

- сборочные чертежи узлов гидроцилиндра по тем же требованиям, что и для деталей,
- прочностные расчеты корпуса и штока

## ЛИТЕРАТУРА


1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.3. М.Машиностроение, 2010.- 864 с
2. Суслов Н. М., Лагунова Ю. А. Объемные гидравлические машины гидро- и пневмоприводов: учебное пособие / Н.М. Суслов, Ю.А. Лагунова; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 328с.
3. Марутов В.А., Павловский С.А. Гидроцилиндры. В 2-х томах, М. - Машиностроение, 1966.- 864
4. Замрий А.А. Учебное пособие Практический учебный курс CAD/CAE система АРМ WinMachine М. 2013; Изд-во АПМ. – 144 с
5. Описание конструкторского пакета Компас 3D.

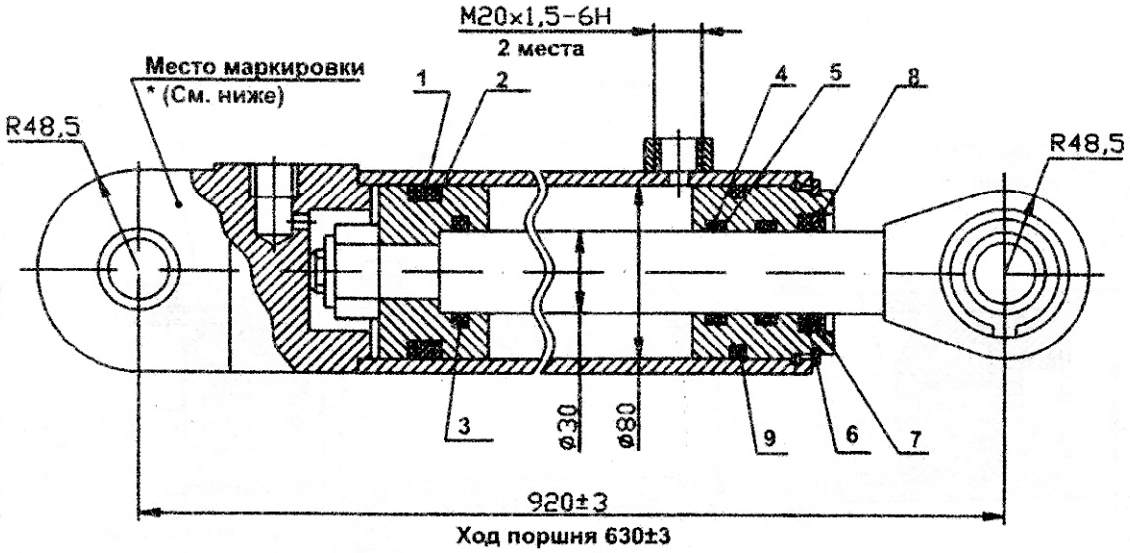
**ВАРИАНТЫ СХЕМ ГИДРОЦИЛИНДРОВ**

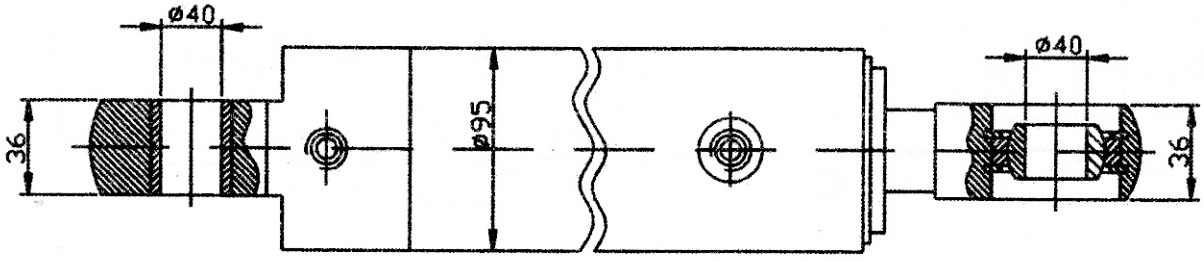
# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК -80.30х630.21

**№ 1**

| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 16 |
| максимальное | 20 |
| Усилие на штоке, кН (кГ) | |
| толкающее | 80,38 (8038) |
| тянущее | 69,08 (6908) |
| Масса, кг | 25,7 |

Уплотнение по поршню:
поз.1 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
поз.2 - кольцо защитное - 2 шт.
поз.3 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
Уплотнение по штоку:
поз.4 - кольцо резиновое уплотнительное - 2 шт.
поз.5 - кольцо защитное - 2 шт.
поз.6 - манжета - 1 шт.
поз.7 - скребок - 1 шт.
поз.8 - кольцо стопорное - 1 шт.
Уплотнение "корпус-крышка передняя":
поз.9 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.



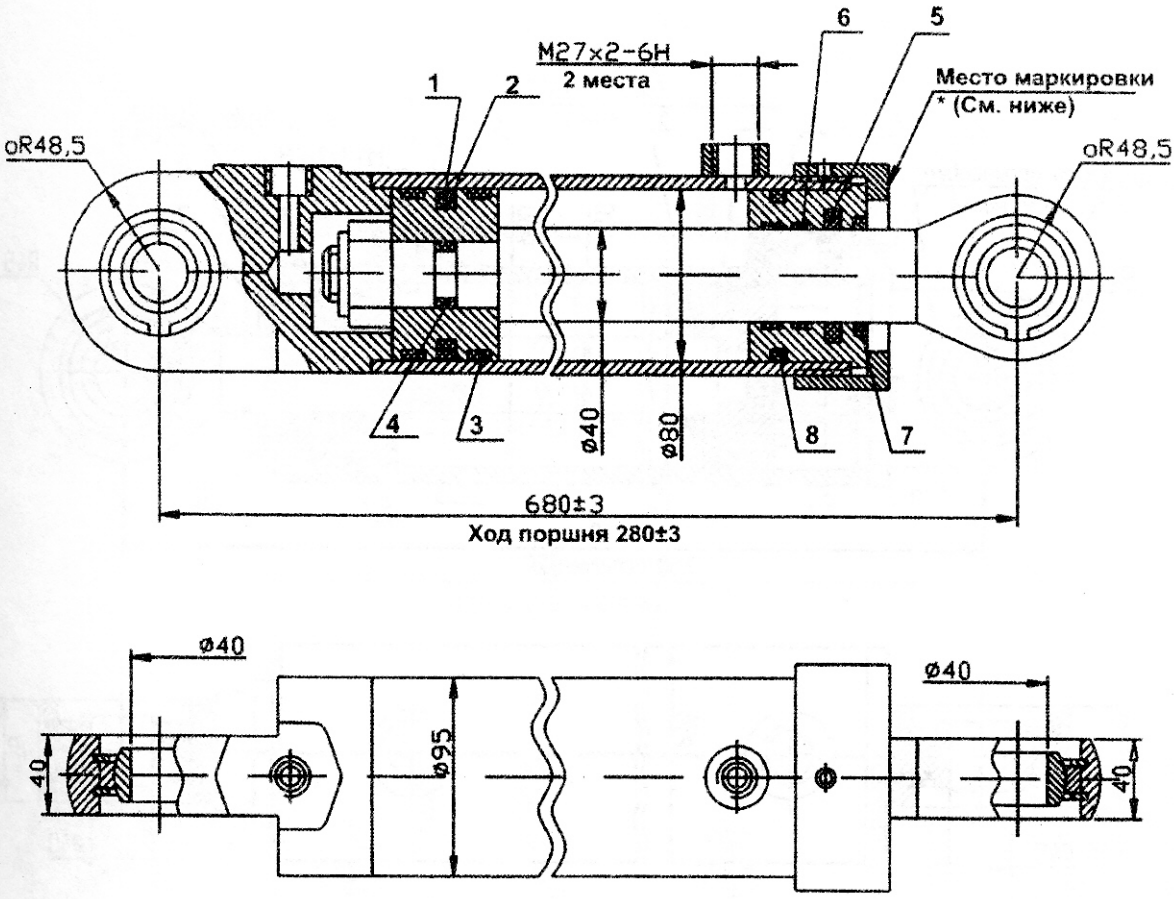



# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК-80.40х280.680.11

**№ 2**

| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 16 |
| Усилие на штоке, кН (кГ): | |
| толкающее | 80,38 (8038) |
| тянущее | 6029 (6029) |
| Масса, кг | 18,5 |

Уплотнение по поршню:
поз.1 - уплотнение поршневое - 1 шт.
поз.2 - кольцо поджимное - 1 шт.
поз.3 - кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
поз.4 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
Уплотнение по штоку:
поз.5 - уплотнение штоковое - 1 шт.
поз.6 - кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
поз.7 - грязесъемник - 1 шт.
Уплотнение "корпус-крышка передняя":
поз.8 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.

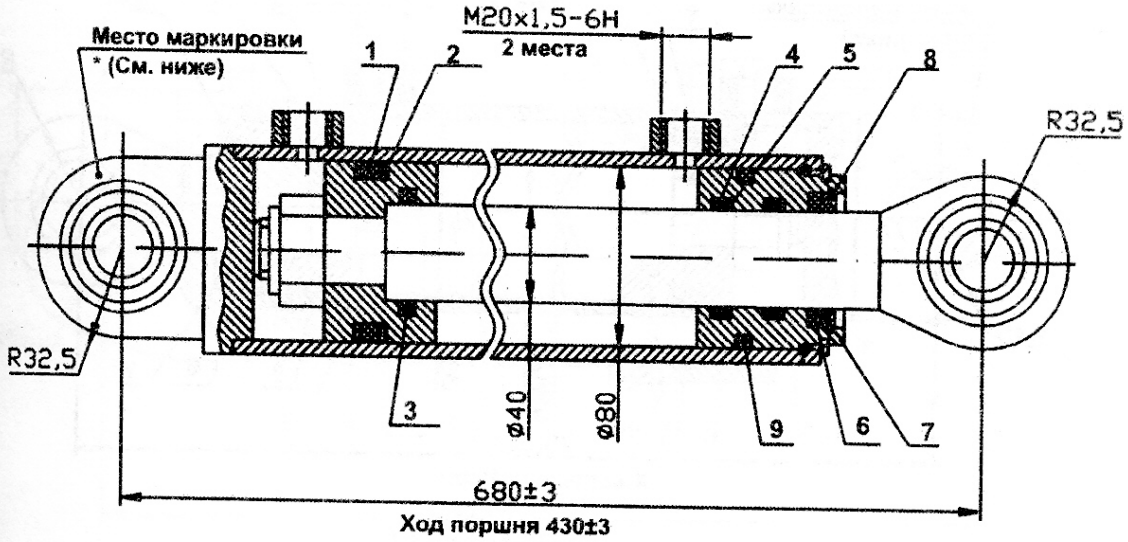


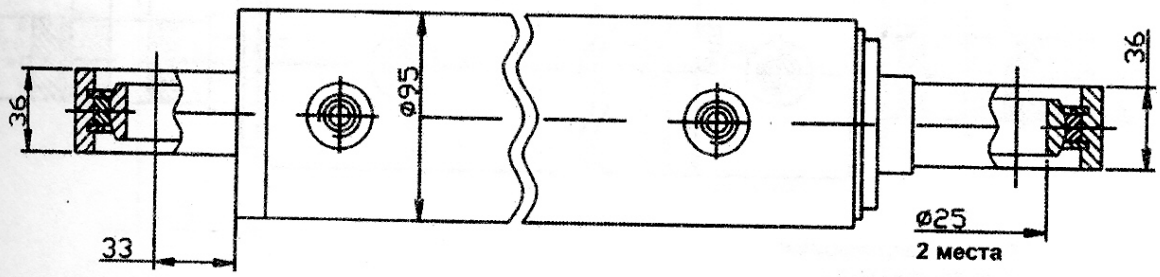
# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК -80.40х430.11

**№ 3**

| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 16 |
| Максимальное | 20 |
| Усилие на штоке, кН (кГ): | |
| толкающее | 80,38 (8038) |
| тянущее | 6029 (6029) |
| Масса, кг | 21,7 |

Уплотнение по поршню:
поз.1 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
поз.2 - кольцо защитное - 2 шт.
поз.3 - кольцо резиновое уплотнительное - 2 шт.
Уплотнение по штоку:
поз.4 - кольцо резиновое уплотнительное - 2 шт.
поз.5 - кольцо защитное - 2 шт.
поз.6 - манжета - 1 шт.
поз.7 - скребок - 1 шт.
Поз.8 - кольцо стопорное - 1 шт.
Уплотнение "корпус-крышка передняя":
Поз.9 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.




*** Пример маркировки:**
**ГЦК-80.30х430.11**
**11.04**

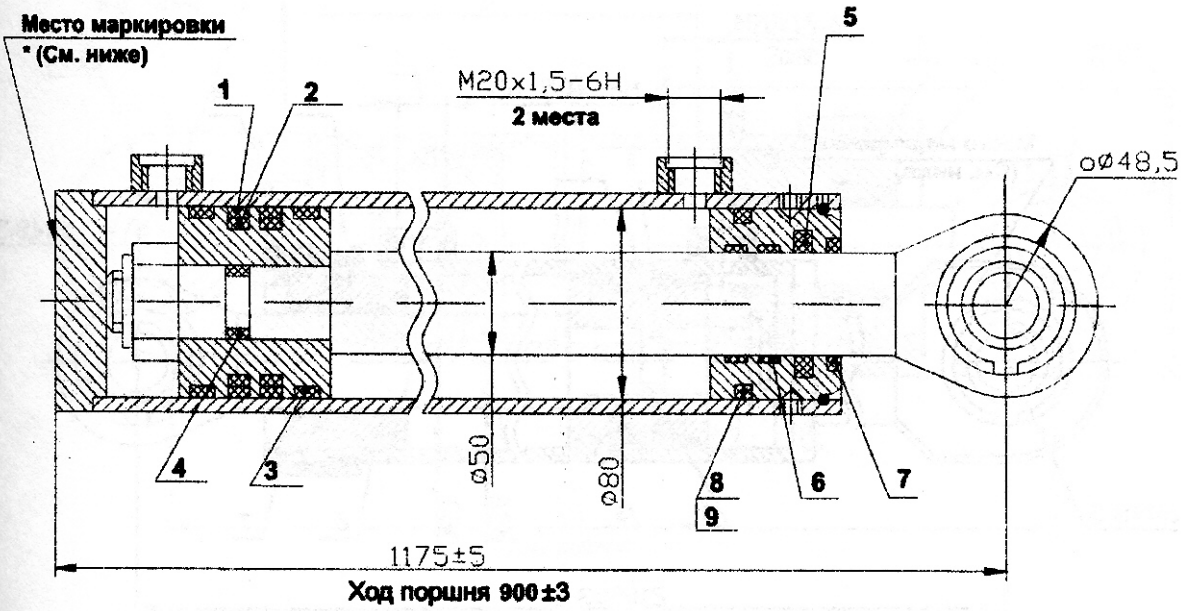
**Применяется для поворота изделия КО - 812 - 2**

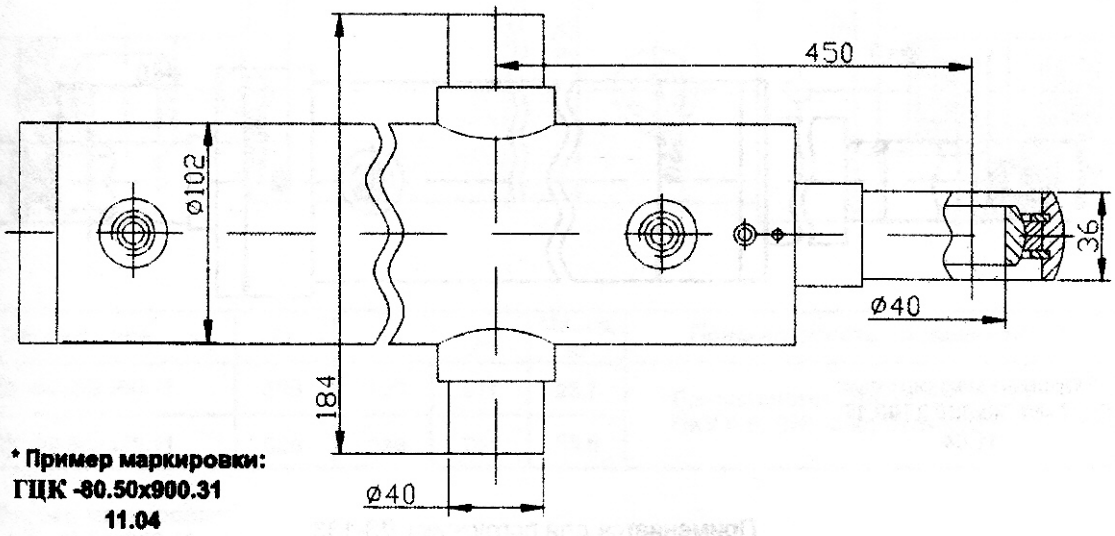
# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК-80.50х900.31

**№ 4**

| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 16 |
| максимальное | 20 |
| Усилие на штоке, кН (кГ): | |
| толкающее | 80,38 (8038) |
| тянущее | 49,98 (4998) |
| Масса, кг | 50,5 |

| | |
|---|---|
| Уплотнение по поршню: | |
| поз.1 - уплотнение поршневое | - 2 шт. |
| поз.2 - кольцо поджимное | - 2 шт. |
| поз.3 - кольцо опорно-направляющее | - 2 шт. |
| поз.4 - кольцо резиновое уплотнительное | - 1 шт. |
| Уплотнение по штоку: | |
| поз.5 - уплотнение штоковое | - 1 шт. |
| поз.6 - кольцо опорно-направляющее | - 2 шт. |
| поз.7 - грязесъемник | - 1 шт. |
| Уплотнение "корпус-крышка передняя": | |
| поз.8 - кольцо резиновое уплотнительное | - 1 шт. |
| поз.9 - кольцо защитное | - 1 шт. |



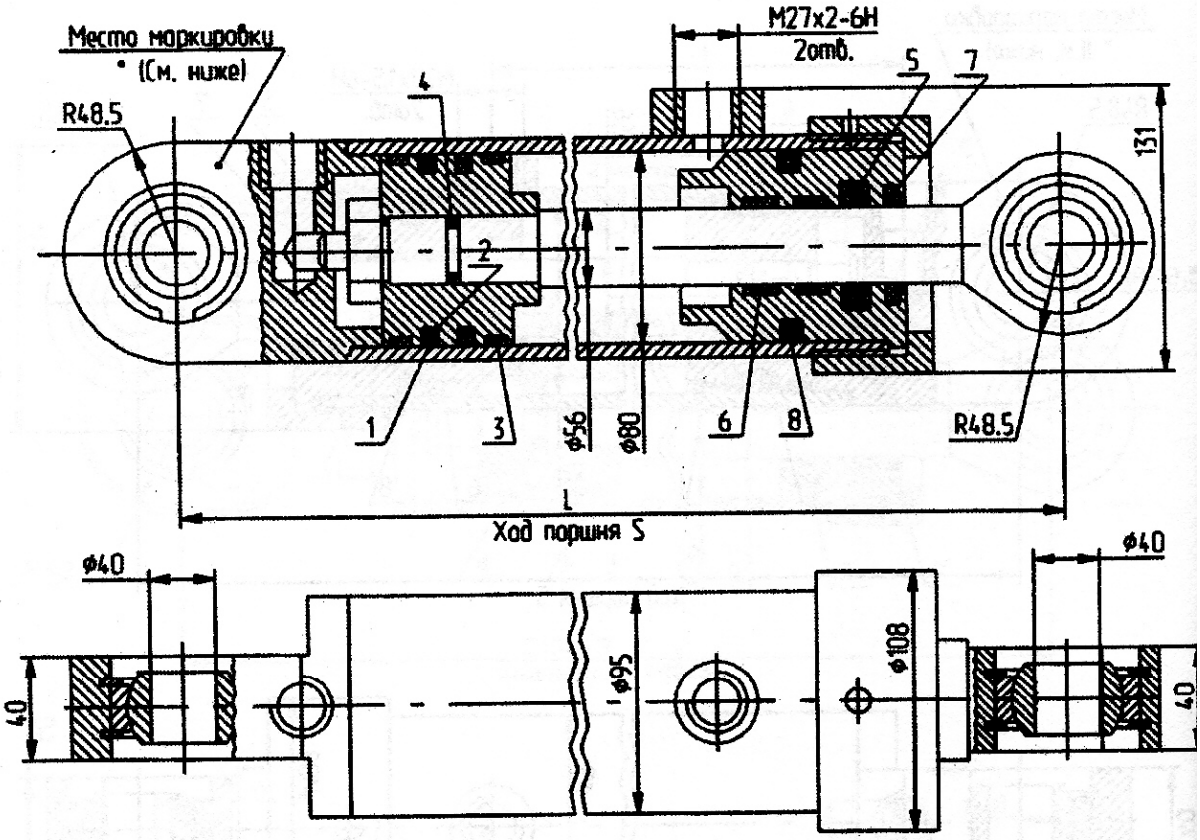

*** Пример маркировки:**
**ГЦК -80.50х900.31**
**11.04**

# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК-80.56xS.11

**№ 5**

Давление, МПа
номинальное 16
максимальное 20
Усилие на штоке, кН (кГ):
толкающее 80,38 (8038)
тянущее 40,99 (4099)

Уплотнение по поршню:
поз.1 - уплотнение поршневое - 2 шт.
поз.2 -кольцо поджимное -2 шт.
поз.3 -кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
поз.4 - кольцо резиновое уплотнительное -1 шт.
Уплотнение по штоку:.
поз.5 - уплотнение штоковое - 1 шт.
поз.6 - кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
поз.7 - грязесъемник - 1 шт.
поз.8 -кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.




| Обозначение | S | L | Масса, кг | Применяемость на машинах |
|---|---|---|---|---|
| ГЦК -80.56x160.11 | 160 | 510 | 20,3 | для открывания ковша экскаваторов: ЭО-2201, -2203, "Борэкс"-2626 |
| ГЦК -80.56x280.11 | 280 | 645 | 26 | для отвала экскаваторов ЭО-2621А, В, В1, В2, В3, -2201, -2203, -2629 |
| ГЦК -80.56x400.11 | 400 | 765 | 31 | для подъема ковша погрузчиков: ТО-18А, -18Б, 18Д, -25,-28; ЭО-2201, -03, ДЗ-133; экскаваторов ЭО-2201, "Борэкс" |
| ГЦК -80.56x560.11 | 560 | 925 | 38,5 | для подъема стрелы погрузчиков: ТО-49, ЭО-2628, -2203, ДЗ-133 |
| ГЦК -80.56x630.11 | 630 | 1010 | 41,3 | для погрузчика экскаваторов ЭО-2626, -2626А, -2627, -2628, "Борэкс", -2626 |
| ГЦК -80.56x700.11 | 700 | 1100 | 47,2 | для ковша экскаваторов: ЭО-2626, -2201, -2203, "Борэкс"-2626, ЭО-2629; для мусоровоза АМК-920 |
| ГЦК -80.56x900.11 | 900 | 1250 | 52,3 | для рукояти и ковша экскаваторов: ЭО-2621А, В, В1, В2 -2203, -2626, ТО-49; полуприцепа -автовоза мод. А956М-02/03 |

# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК-50.30х630.11

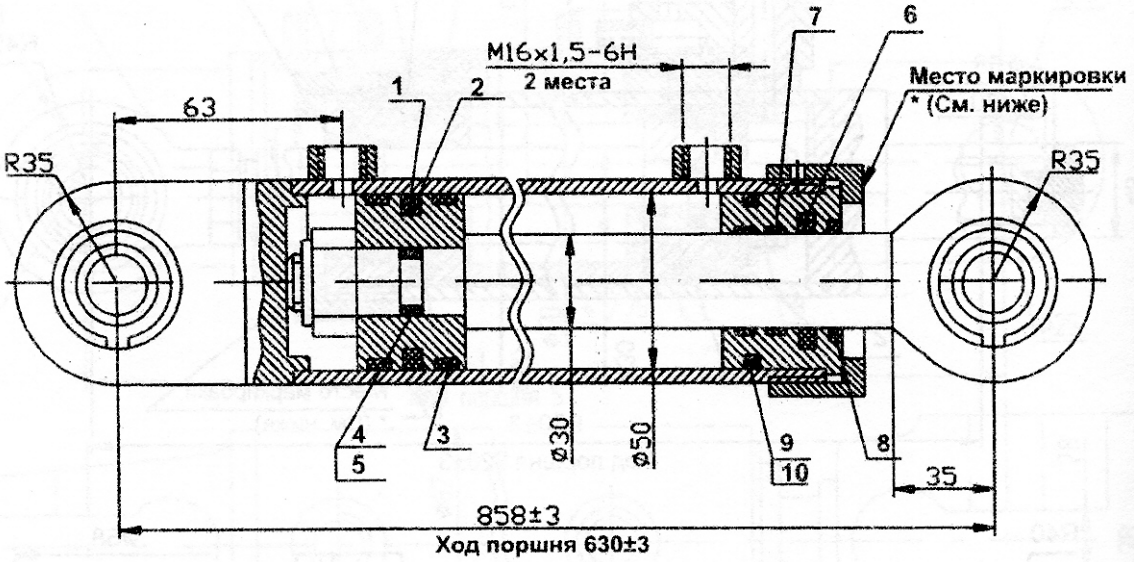
**№ 6**

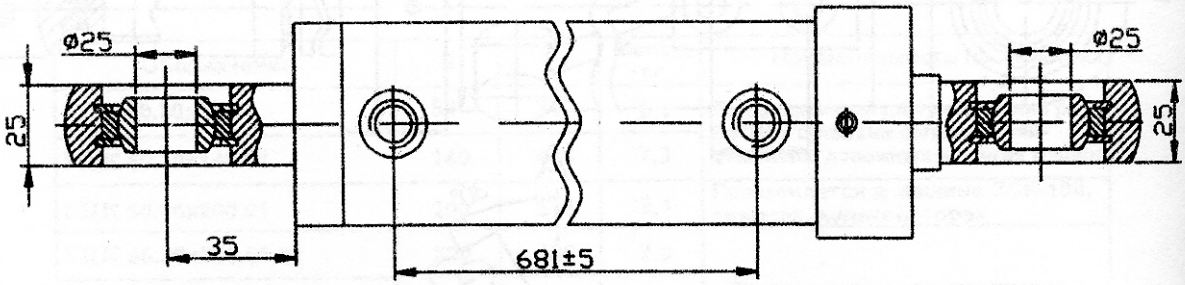
| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 16 |
| максимальное | 20 |
| Усилие на штоке, кН (кГ) | |
| толкающее | 31,4 (3140) |
| тянущее | 20 (2000) |
| Масса, кг | 17 |

Уплотнение по поршню:
- поз.1 - уплотнение поршневое - 1 шт.
- поз.2 - кольцо поджимное - 1 шт.
- поз.3 - кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
- поз.4 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
- поз.5 - кольцо защитное - 2 шт.

Уплотнение по штоку:
- поз.6 - уплотнение штоковое - 1 шт.
- поз.7 - кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
- поз.8 - грязесъемник - 1 шт.

Уплотнение "корпус-крышка передняя":
- поз.9 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
- поз.10 - кольцо защитное - 1 шт.



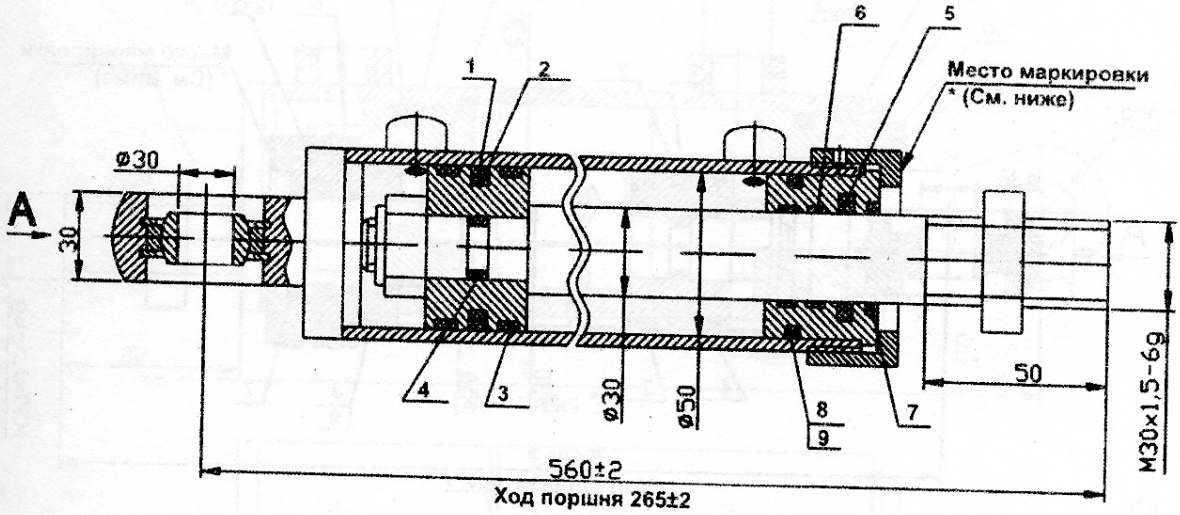



# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК-50.30х265.13 (ДЗ.122.06.30.000-03)

**№ 7**

| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 12 |
| Усилие на штоке, кН (кГ) | |
| толкающее | 23,55 (2355) |
| тянущее | 15,07 (1507) |
| Масса, кг | 10,4 |

Уплотнение по поршню:
поз.1 - уплотнение поршневое - 1 шт.
поз.2 - кольцо поджимное - 1 шт.
поз.3 - кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
поз.4 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
Уплотнение по штоку:
поз.5 - уплотнение штоковое - 1 шт.
поз.6 - кольцо опорно-направляющее - 2 шт.
поз.7 - грязесъемник - 1 шт.
Уплотнение "корпус-крышка передняя":
поз.8 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
поз.9 - кольцо защитное 1 шт.







* Пример маркировки:
**ГЦК** 50.30х265.13
(ДЗ.122.06.30.000-03)
11.04

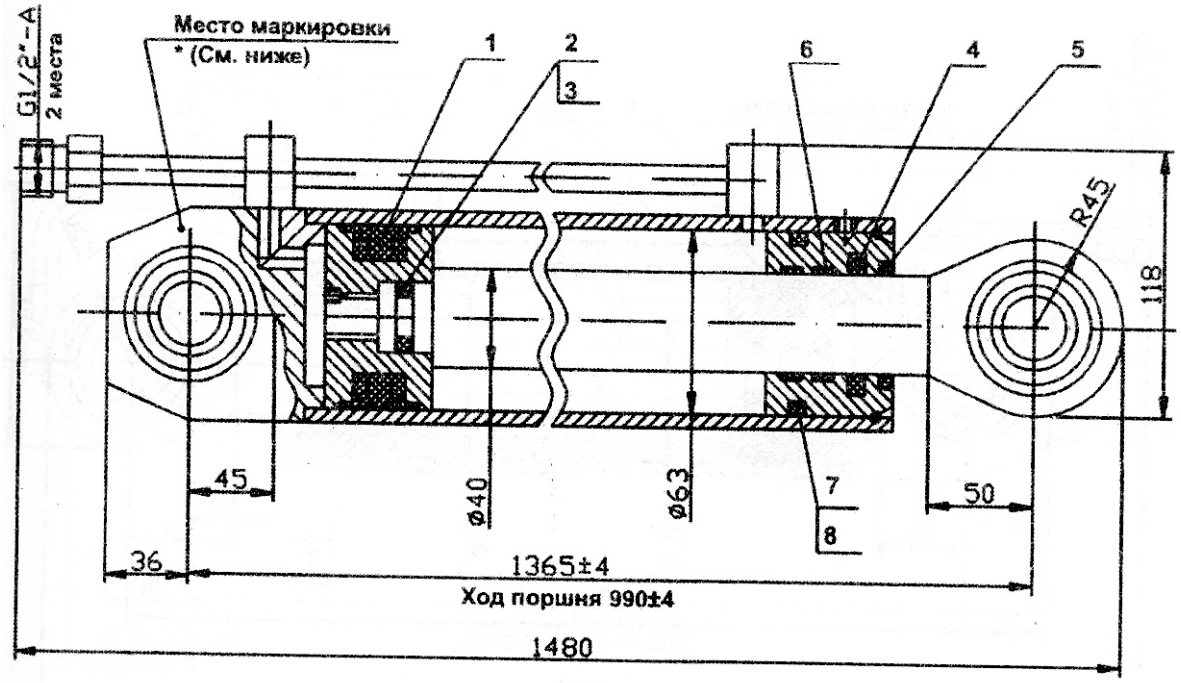
Применяется для рулевого управления автогрейдеров ДЗ-122Б, ДЗ-122Б-7

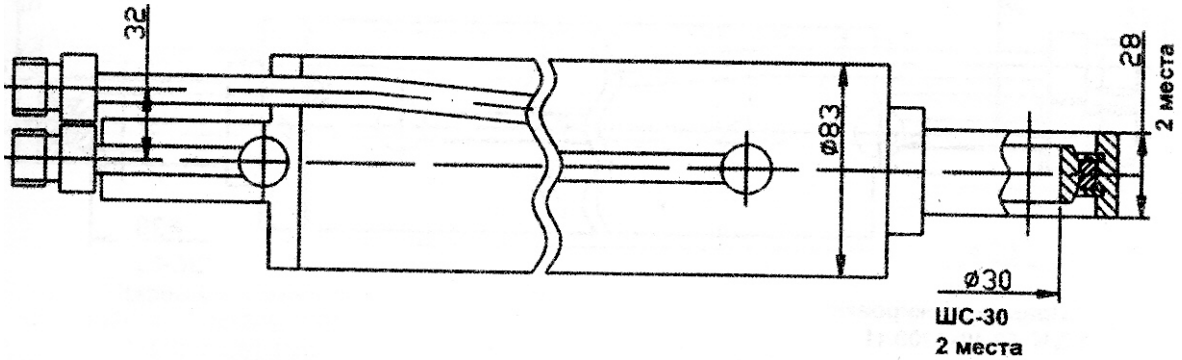
# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК-63.40х990.11

**№ 8**

| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 20 |
| Усилие на штоке, кН (кГ) | |
| толкающее | 62,31 (6231) |
| тянущее | 37,19 (3719) |
| Масса, кг | 35,8 |

Уплотнение по поршню:
поз.1 - уплотнение - 1 шт.
поз.2 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
поз.3 - кольцо защитное - 2 шт.
Уплотнение по штоку:
поз.4 - манжета - 1 шт.
поз.5 - грязесъемник - 1 шт.
поз.6 - кольцо опорное - 2 шт.
Уплотнение "корпус-крышка передняя":
поз.7 - кольцо резиновое уплотнительное - 1 шт.
поз.8 - кольцо защитное - 1 шт.



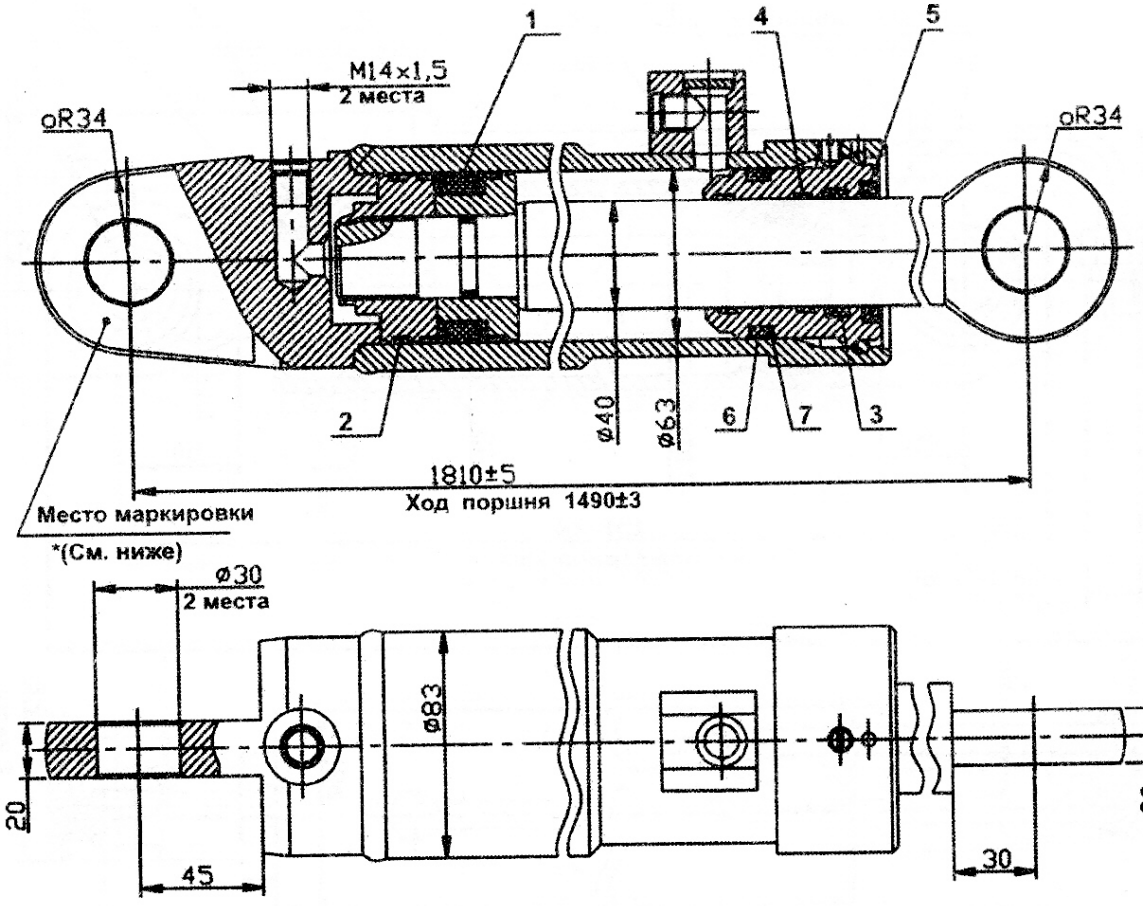

*** Пример маркировки:**
**ГЦК -63.40х990.11**
**08.03**

# ГИДРОЦИЛИНДР ГЦК-63.40х1490.17

**№ 9**

| | |
|---|---|
| Давление, МПа | |
| номинальное | 18 |
| Усилие на штоке, кН (кГ) | |
| толкающее | 56,08 (5608) |
| тянущее | 33,47 (3347) |
| Масса, кг | 49 |

| | |
|---|---|
| Уплотнение по поршню: | |
| поз.1 - уплотнение поршневое | - 1 шт. |
| поз.2 - кольцо опорно-направляющее | - 1 шт. |
| Уплотнение по штоку: | |
| поз.3 - манжета | - 1 шт. |
| поз.4 - кольцо опорное | - 2 шт. |
| поз.5 - грязесъемник | - 1 шт. |
| Уплотнение "корпус-крышка передняя": | |
| поз.6 - кольцо резиновое уплотнительное | - 1 шт. |
| поз.7 - кольцо защитное | - 1 шт. |



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Запоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению практических занятий по дисциплине*

# Б1.О.26 ИНЖЕНЕРНЫЙ ДИЗАЙН CAD (САПР)

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: очная, заочная
Год набора: **2022**

Автор: Шестаков В.С., канд. техн. наук, профессор

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время конструирование технических объектов выполняется полностью на ЭВМ, что привело к использованию понятия автоматизированное проектирование. Выпускники университета должны уметь работать на ЭВМ в текстовых и графических редакторах, конструкторских пакетах, позволяющих выполнять проектирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов.

**Цель курсовой работы:** обучение студентов конструированию и расчетам с применением компьютерных технологий. Умение использовать компьютерные технологии при проектировании нефтегазового и иного оборудования позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

**Соответствие курсовой работы компетенциям Государственного стандарта.**

При изучении дисциплины студенты наряду с другими осваивали следующие направления по профилю курсовой работы:

- проведение расчетов с использованием программных модулей,
- создание проектов нефтегазовых машин и оборудования с использованием конструкторских пакетов 3D моделирования, в частности конструкторского пакета Компас 3D.

Эти направления соответствуют следующим компетенциям Государственного стандарта:

***профессиональные:***

умение применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению (ПК-9);

способность проектировать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умение осваивать вводимое оборудование (ПК-11);

умение проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования (ПК-13),

изготовление прототипов (ПКД-6)

командная работа на производстве (ПКД-7)

**Результат изучения дисциплины:** Компьютерные технологии в машиностроении»

*Знать:*

- методы контроля качества изделий и объектов, причины нарушений технологических процессов и мероприятия по их предупреждению;

- этапы разработки проекта;

- приемы создания 3 D моделей деталей и ГОСТы оформления чертежей;

- показатели технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, порядок профилактического осмотра и текущего ремонта;

- этапы изготовления прототипов;

- командную работу на производстве.

*Уметь:*

- применять методы контроля качества изделий и объектов, внедрять мероприятия для исключения нарушений технологических процессов;
- разрабатывать проекты деталей и узлов;
- оформлять конструкторскую документацию

- определять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, проводить профилактический осмотр и текущий ремонт;

- изготавливать прототипы;

- организовывать командную работу на производстве.

*Владеть:*

- приемами контроля качества изделий и объектов, внедрения мероприятий для исключения нарушений технологических процессов;

- навыками создания деталей в конструкторских пакетах 3 D моделирования;

- навыками создания сборочных узлов в конструкторских пакетах 3 D моделирования;

- навыками оформления рабочих и сборочных чертежей в конструкторских пакетах 3 D моделирования

- навыками определения технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, проведения профилактического осмотра и текущего ремонта;

- приемами изготовления прототипов;

- приемами организации командной работы на производстве.

**Указания к выполнению.**

Практичесеские занятия выполняются под руководством преподавателя на примере создания 3Д деталей, формирования сборочных единиц и оформления чертежей.

Создание указанных документов демонстрируется преподавателем на экране через проектор, студенты повторяют и задают вопросы и появлении затруднений.

Для обучения выбрано упражнение приведенное в приложении.

Пример выполнения первой детали.

## Создание 3Д модели детали «Планка» и оформление чертежа

1. ***Начало создания детали.*** После загрузки системы Компас (рис. 2.1) выполняется щелчок по значку «Деталь» - появится окно редактора создания




Рис. 2.1. Начальное окно

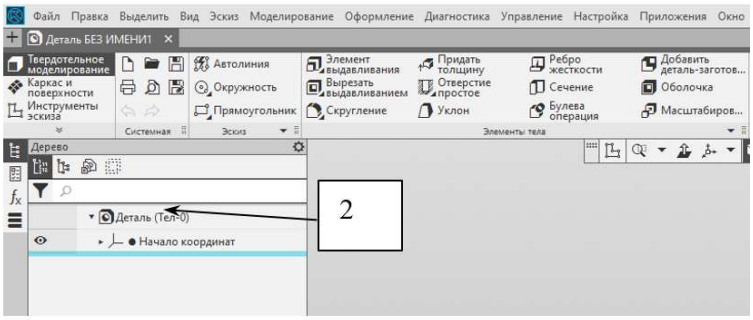



Рис. 2.2. Окно документа «Деталь»

детали (рис. 2.2).

2. ***Настройка свойства детали***: двойной щелчок по «Деталь» (2) в дере-

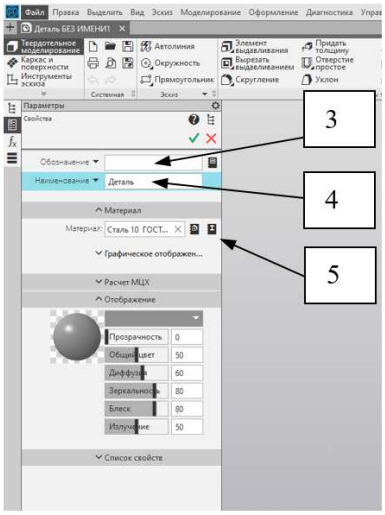



Рис. 2.3. Окно свойств

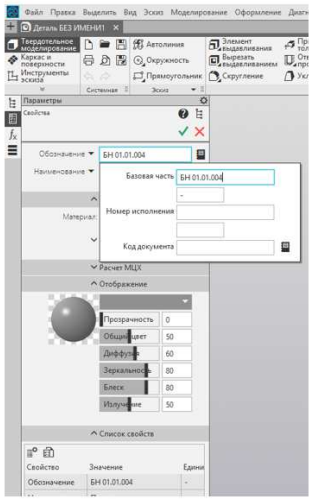


Рис. 2.4. Задание обозначения

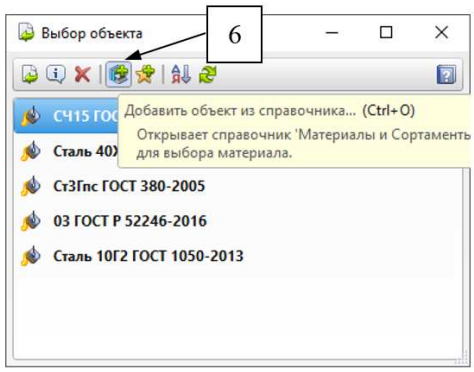



Рис. 2.5. Выбор материала

ве – появится окно свойств (рис. 2.3). Щелчком по окну «Обозначение» (2) вызовем окно ввода (рис. 2.4) и впишем в окно базовой части обозначение для передачи его в последующем в штампы чертежей и спецификацию БН 01.01.004. В окно «Наименование» впишем наименование детали «Планка». Щелчком по кнопке «Выбрать материал из справочника» (5) – на окно выведется окно выбора материала (рис. 2.5), в списке будут материалы, с которыми уже выполнялась работа. Если требуется материал, которого нет в этом списке, то необходимо щелкнуть по кнопке «Добавить материал из справочника» (6) – на экран выведется окно (рис. 2.6). В этом окне необходимо щелкнуть по знаку «+» против нужного материала (7), (8). Ели деталь изготовляется из выпускаемого сортамента, то необходимо распахнуть (щелкнуть по «+» против марки материала), распахнуть нужный сортамент (на рис. 2.7 выбрана полоса). Щелчками нужно

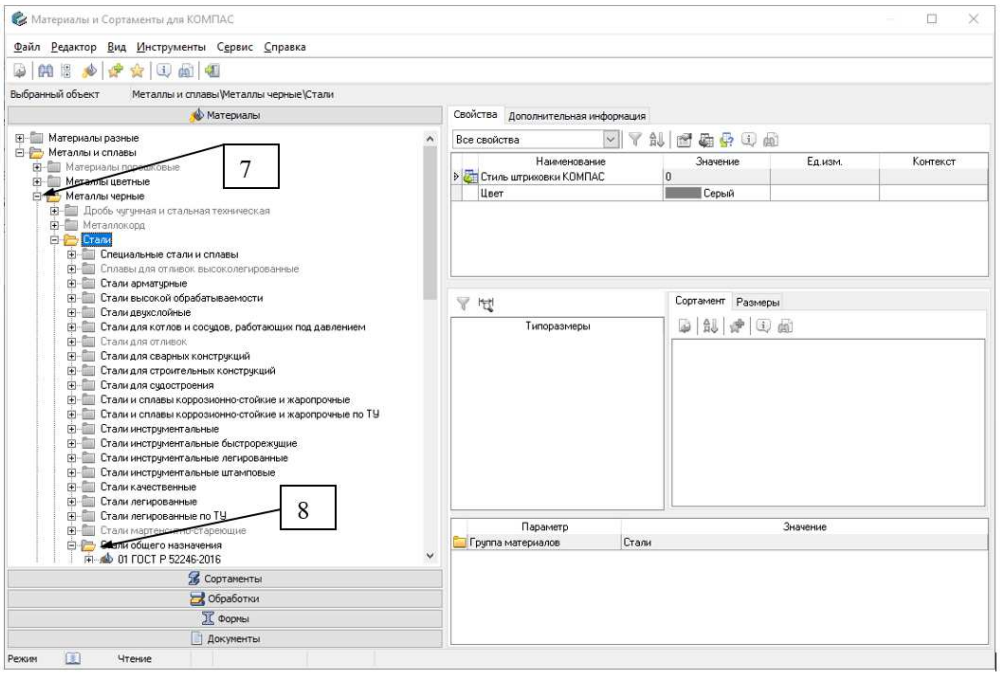


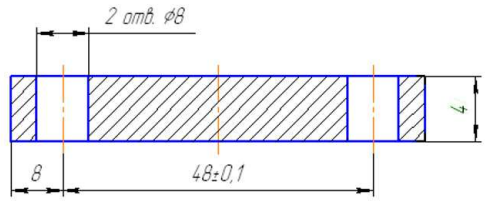

Рис. 2.6. Выбор материала

щелчками отметить выбор (9), (10), (11), щелкнуть по строке «Полоса» (13) и завершить выбор щелчком по кнопке «Выбрать» (13).

3. ***Сохранение файла***: щелкнуть по кнопке «Сохранить» и в проводнике выбрать маршрут для папки, в которой будут храниться все файлы создаваемого объекта. Для сохранения предлагается имя файла, включающего обозначение и наименование детали. Это очень удобно для поиска нужного файла – на чертеже детали имеется в штампе обозначение и наименование такое же имя, что и файла.

4. ***Разработка проекта создания детали планка*** (рис. 2.8). Этот этап является очень важным и позволяет сократить время проектирования объекта. При разработке проекта определяются из каких элементов будет состоять деталь, какие эскизы потребуются для каждого элемента, где должна располагаться исходная точка.

Рассмотрим проект нашей детали планка. Планку можно создать несколькими способами.



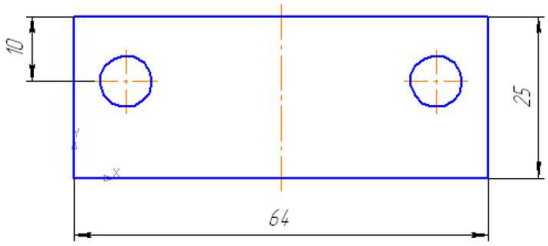




Рис. 2.8. Эскиз планки

1 - планка состоит из двух элементов: первый представляет собой планка




Рис. 2.7. Выбор материала и сортамента

без отверстий и создается элементом выдавливания из эскиза прямоугольника, второй элемент отверстия создается операцией вырез выдавливанием из эскиза включающего две окружности, исходная точка на оси симметрии планки.

2 - планка состоит из трех элементов: первый представляет собой планка без отверстий и создается элементом выдавливания из эскиза прямоугольника,

второй элемент одно отверстие создается операцией вырез выдавливанием из эскиза включающего окружность, исходная точка на оси симметрии планки.

3 - планка состоит из одного элемента собственно : первый представляет собой планка без отверстий и создается элементом выдавливания из эскиза прямоугольника, второй элемент одно отверстие создается операцией вырез выдавливанием из эскиза включающего окружность, исходная точка на оси симметрии планки, третий элемент образуется операцией зеркального отражения второго элемента, исходная точка на оси симметрии планки.

Первый и второй элементы соответствуют реальному процессу: из полосы фрезой отделяется прямоугольник 64х25, затем на сверлильном станке сверлятся два отверстия диаметром 8. В дереве для первого варианта будет два элемента выдавливания, для второго варианта будет три элемента (два выдавливания и зеркальное отражение).

Третий вариант не соответствует реальному процессу так как за одну операцию отрезается прямоугольник и сразу же появляются отверстия. Достоинством такого варианта всего одна операция, недостатком – более сложный эскиз. Целью учебного курса является обучение всем возможностям системы Компас, для этой цели большие обучающие функции будут у третьего варианта. При создании эскиза будут рассмотрено применение ограничений. Применение массивов с зеркальным отражением рассмотрим на других примерах.

5. Создание эскиза. Для детали по третьему варианту эскиз соответсвует виду сверху (рис. 2.8). Эскиз создается на стандартной плоскости и чтобы проще было создавать чертеж для него выберем плоскость «Сверху». Для выбора плоскости на панели быстрого доступа (рис. 2.9) распахиваем вкладку «Ориентация» (14), щелчок по пиктограмме вида сверху (15) – к нам

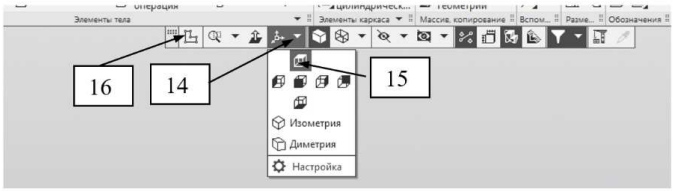



Рис. 2.9. Панель быстрого доступа

повернется плоскость, соответсвующая виду сверху. Это плоскость ХУ (синяя). Щелчком выделим плоскость (появятся маркеры), затем щелчком по кнопке «Эскиз» (16) входим в редактор.Информация, что мы находимся в эскизе: в дереве появится строка «Эскиз 1» с замочком, а в правом верхнем угле появится знак эскиза.

6. ***Построение эскиза***. Щелчок по кнопке «Прямоугольник» (17), прорисуем основным типом линии прямоугольник чуть выше исходной точки (18). Значение высоты и ширины прямоугольника вводить не нужно, так как все равно будут устанавливаться размеры и значения лучше задавать размерам, это будет быстрее.

Проставим размеры: щелчок по кнопке авторазмеры (19), наводим на сторону прямоугольника и когда сторона приобретет красный цвет, нажимаем левую кнопку, отводим курсор выше (ниже) стороны и выполняем щелчок, появится окно ввода значения, с клавиатуры набираем значение, после нажатия

клавиши Enter или щелчка по V размер будет задан (20), а прямоугольник изменится. Также проставляем второй размер (рис. 2.10).

**Задание ограничений.** Если навести курсор на любуя сторону прямоугольника, нажать левую кнопеу и, не отпуская ее, переместить мышь, то увидим, что прямоугольник переместится относительно исходной точки. Почему нужно запрещать такое перемещение?. При смещении эскиза сместится также вид чертежа по этой детали, т. е. чертеж может стать невозможным для применения при изготовлении детали. Может также испортится сборка, если для фиксации компонентов применялись плоскости. Исходя из этого прямоугольник нужно закрепить к исходной точке. Закремеление можно выполнить размерами, но по требованиям ЕСКД «лишние» размеры не

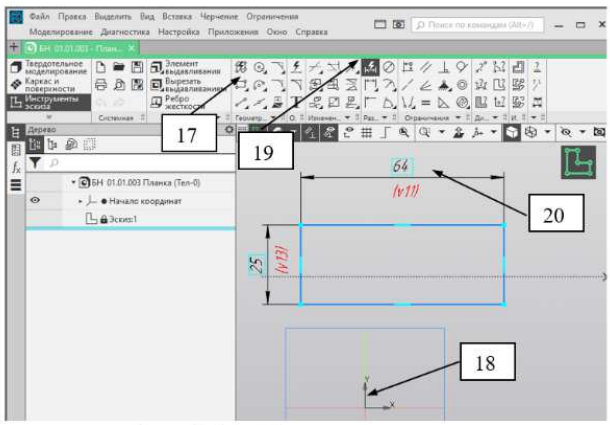



Рис. 2.10. Создание эскиза

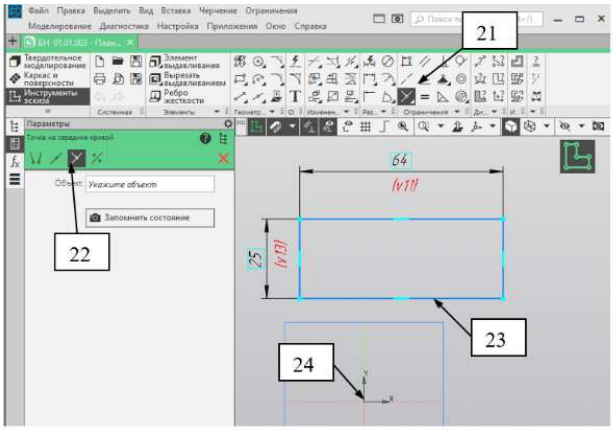



Рис. 2.11. Задание ограничений

допускаются. Система Компас для реализации требуемых построений имеет очень мощный инструмент «Ограничения». Часть ограничений устанавливаются автоматически, говорят, «по умолчанию». Так в прямоугольнике присутвуют ограничения: перпендикулярности между сторонами, горизонтальности и вертикальности. Другие же ограничения задаются командами. Кнопки запуска команд находятся на вкладке «Ограничения». Прямоугольник можно закрепить несколькими способами: использованием ограничения выравнивания средних точек сторон и исходной точки, использованием совпадения средины нижней стороны прямоугольника и исходной точки и другими. Для установления ограничения щелчок по кнопке «Объединение точек» (21) (рис. 2.11), выбрать «Точка на средине кривой», навести на линию и когда ана станет красной щелкнуть (23), щелкнуть по исходной точке (24) – прямоугольник переместится в исходную точку и закрепится в ней срединой нижней стороны, теперь уже не удастся перетащить прямоугольник относительно исходной точки.

7. ***Создание элемента.***

7.1. *Прием для сниджения времени создания.* При создании сложных эскизов возможны ошибки, при наличии которых элемент не получится создать. Таким грубыми ошибками будут наличие пересечений. Если провести одну основную линию поверх другой основной линии, то это будет грубая ошибка. Зрительно увидеть такую ошибку невозможно. Поиск ошибок занимает зачастую больше времени, чем создание нового эскиза. Как сократить время на поиск ошибок?. Можно порекомендовать

следующий прием: вначале созавать не весь эскиз, а только первую очередь, завершить ее созданием элемента, потом вернуться в этот же эскиз, дополнить его новыми элементами и снова проверить его в элементах. Такой прием позволить уменьшать область поиска ошибок. Если после первой очереди ошибок не было, а после второй появилась, то ошибки будем искать во второй очереди эскиза.

7.2. Для создания элемента щелчок по кнопке «Элемент выдавливания» (25) на вкладке «Элемента, тела», в появившеся окне параметров зададим расстояние 4 (26), после щелчка по V и X получим планку без отверстий.

7.3. *Возврат в эскиз* для его дополнения (корректировки). Навести курсор в дереве на наименование «Эскиз 1», правый щелчок (29), из контексного меню выбрать «Открыть» (30) – выполнится возврат в эскиз..

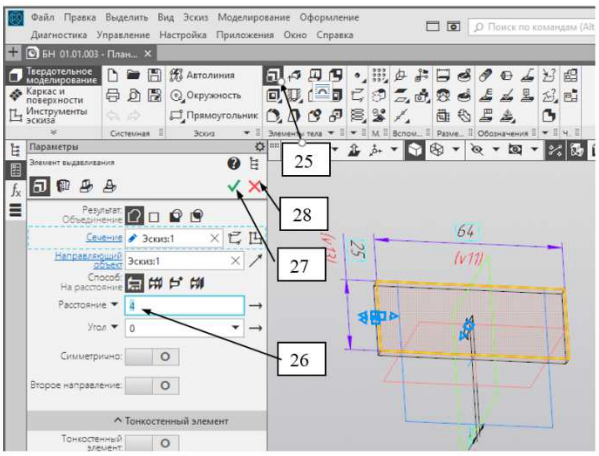



Рис. 2.12. Создание элемента

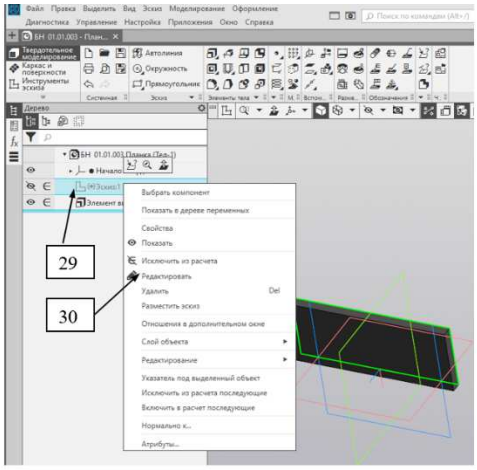



Рис. 2.13. Редактирование эскиза

7.4. *Дополнение эскиза.* Выбираем «Окружность» (31), прорисовываем две окружности не задавая диаметра в окне свойств (32), (33) (рис. 2.14).. Одну окружность образмериваем: щелчок по кнопке «Авторазмер» (34), наводим курсор на окружность и, когда цвет окружности изменится на красный, щелкаем, отводим в сторону и снова щелчок, вводим с клавиатуры значение 8, для задания размера относительно сторон прямоугольника щелчок по центру окружности, наводим курсор на сторону прямоугольника и, когда цвет линии стороны изменится на красный, щелкаем, отводим в сторону и снова щелчок, вводим с клавиатуры значение 8 относительно левой стороны и 10 относительно верхней стороны. Все размеры окружности заданы.

Задание ограничений для второй окружности.

Задать размеры для второй окружности несложно и не займет больше времени, чем задание ограничений, но по правилам ЕСКД избыточные размеры недопустимы, кроме того, при использовании 3Д моделей повторные размеры могут привести к грубым ошибкам. При редактировании пользователь найдет первый размер у окружности и изменит его, а второй размер не будет искать, в результате на чертеже одна окруж-

ность изменится, а вторая останется прежней. Исходя из этого размеры для второй окружности не ставятся, а требуемое положение и диаметр устанавливаются ограничениями.

*Исключение размера диаметра*. На вкладке ограничения щелчок по кнопе «Равенство» (36) (рис. 2.15), щелчок по первой окружности (37), а затем по второй (38) – окружности станут одинаковыми и у них появится по две дуги, обозначающие срабатывание равенства.

*Исключение размера 10 от стороны прямоугольника.* Чтобы исключить повторение размера 10 выполняем щелчок по кнопке «Выравнивание» (39), щелчок по центру одной окружности (40) и по центру другой (41) – центры выровняются по горизонтали и появится пунктирная линия, обозначающая ограничение выравнивания.

*Исключение размера 8 от стороны прямоугольника.* Ограничения, которым бы удалось исключить этот размер без дополнительных построений нет, но если провести две тонкие линии, соединяющие углы прямоугольника с центрами окружностей. То можно будет применить ограничение равенства. Щелчок по элементу эскиза «Отрезок» (42), выберем тип линии «Тонкая» (43), проводим отрезок от центра первой окружности до угла прямоугольника (44) и также для второй (45) (рис. 2.16), щелчок по знаку равенства (36), щелчок по первому отрезку и по второму отрезку – вторая окружность сместится на расстояние 8 мм от правой стороны.

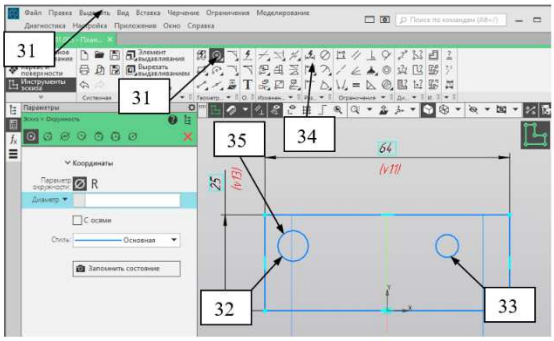



Рис. 2.14. Дополнение эскиза

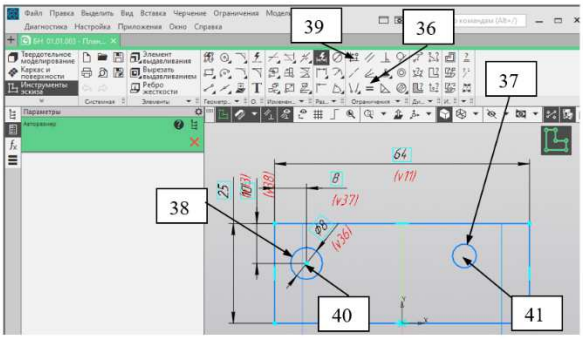



Рис. 2.15. Дополнение эскиза

Завершение дополнения эскиза. Щелчок по кнопке эскиза (46) – выполнится возврат в объемную деталь. Повторять команду создания элемента **не нужно**.

7.5. *Вывод размеров на объемную модель*. Введенные в эскизе размеры не видны на детали и их нельзя передавать на чертеж. Для отображения размеров: меню «Оформление» (47), выбрать «Производные размеры» (48) (рис. 2.17).

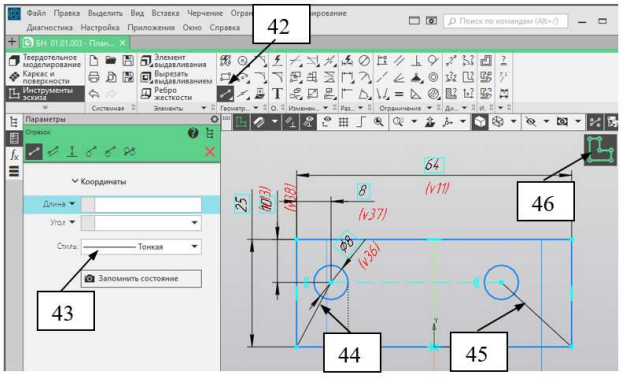



Рис. 2.16. Дополнение эскиза

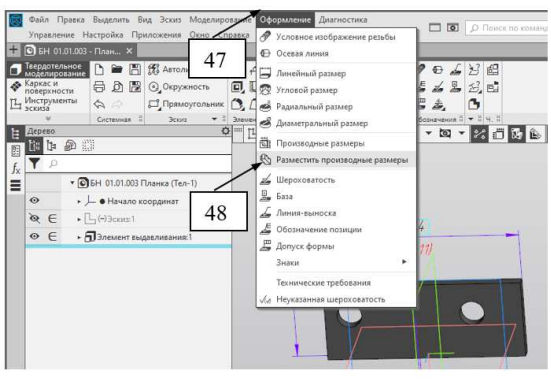



Рис. 2.17. Вывод размеров

В появившемся окне параметров распахнем «Дерево» (49) (рис. 2.18), щелчками в дереве щелчками выделим элементы, размеры которых нужно отобразить (50) – в окне «Объекты» появятся выбранные элементы (51). Щелчками по V (52) и X завершаем – на детали появятся размеры (рис 2.19).

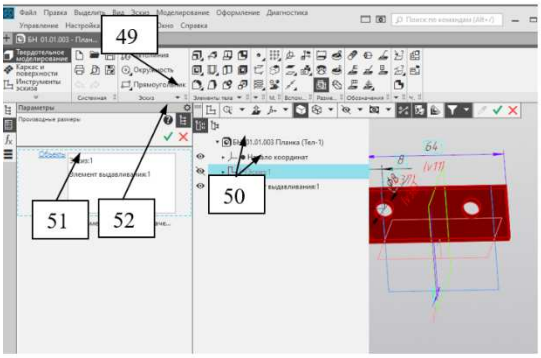



Рис. 2.18. Выбор объктов

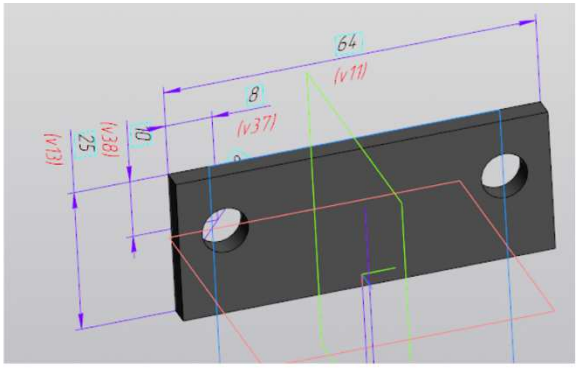



Рис. 2.19. Деталь с выводенными размерами

8. ***Редактирование детали.*** Изменение размеров детали осуществляется изменением значений размеров. Для этого двойной щелчок по нужному размеру, с клавиатуры выполняется ввод нового значения и после щелчка по V деталь изменится.

9. ***Редактирование информации в размерах.*** Размеры, выведеные на 3Д могут быть переданы на чертеж, если включить соотвествующую команду. На чертеже некоторые размеры по требованиям ЕСКД должны выводиться в ином виде. Так фаску принято обозначать «4х45°». На чертеже редактировать выведенные размеры нельзя, их можно только скрыть и проставить новые. Требуемый для чертежа вид размеров необходимо оформить в эскизах. Для фаски в поле «Текст после» дописать «х45°». В эскизе не требуется ставить знак диаметра, а на чертеже знак должен быть, добавка знака в размер выполняется в поле «Текст до». Для корректировки размера: вернуться в эскиз, щелкнуть по размеры, в окне свойств найти нужное поле и добавить информацию.

## ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ «ПЛАНКА»

1. ***Проект оформления чертежа.*** На чертеже должен присутствовать вид сверху и разрез по центрам отверстия. Планка предназначена для стопорения от проворачивания, прикручивается винтами к поверхности вилки. Для стопорения планка входит в прорезь оси, зазор 0,5 мм, поэтому никаких точных посадок и допусков форм не требуется.

2. ***Способы создания чертежа.*** Вид сверху может быть установлен двумя способами щелчком по кнопке «Создать чертеж по модели» - при этом откроется пустой чертеж и окно параметров для выбора вида, указания масштаба

и др. Второй способ открывается новый документ «Чертеж», настраивается формат, затем выполняется вставка или трех стандартных видов или одного вида.

3. ***Вставка вида сверху.*** Рассмотрим второй способ. Через меню «Файл», «Создать», «Чертеж» - появится чертеж с форматом А4 (если ранее в настрой-

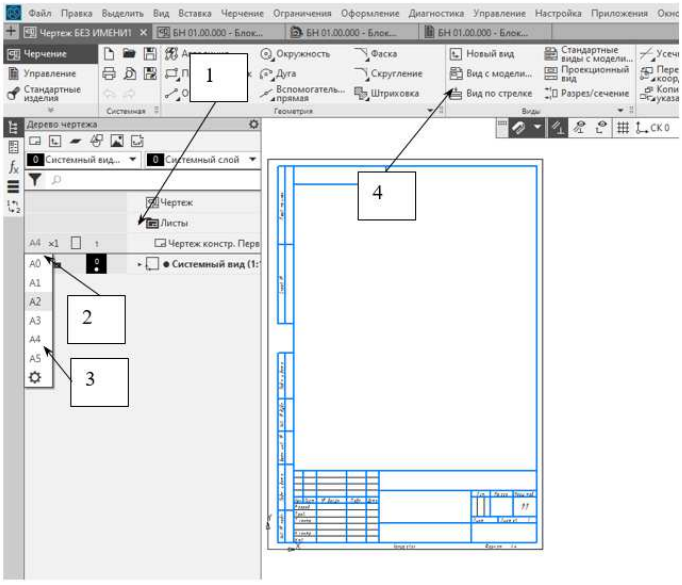



Рис. 3.1. Настройка формата листа

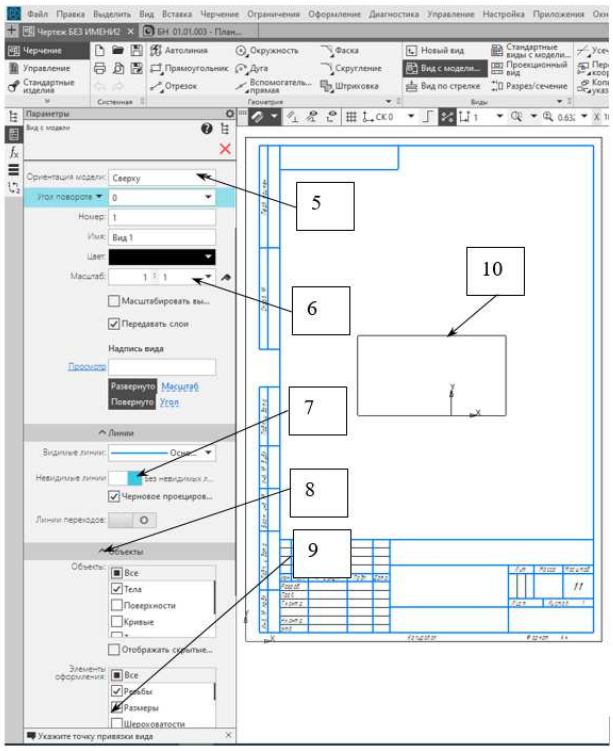



Рис. 3.2. Задание параметров вида

ках не указан другой формат). Для выбора нужного формата (в нашем случае А4 поэтому настройки не требуется) распахнем «Листы» (1), щелкнем по А4 (2), укажем нужный формат (3), щелкнем по ориентации. Для вставки вида: щелчок по кнопке «Вид с модели» (4) (рис. 3.1), укажем деталь планка, в окне параметров распахнем поле «Ориентация модели» и выберем вид «Сверху» (5), если требуется распахнем «Масштаб» и выберем нужный (6), если нужно выводить невидимые линии, переключим переключатель (7), распахнем «Объекты», если нужно вывести размеры, то поставим отметку в поле «Размеры» (9), наведем прямоугольник вида в нужное место листа и щелчком закрепим его (10).

4. ***Создание разреза АА***. Щелчок по кнопке «Разрез» (11), прицелиться против центра отверстия, по которому проводится линия разреза чуть левее вида, щелкнуть (12) , прицелиться также против правого отверстия правее вида и также щелкнуть (13), сместить мышь низ, чтобы стрелка разреза смотрела вверх и щелкнуть, отвести вид разреза вверх и щелчком закрепить разрез (рис. 3.3) – на чертеже появится разрез.

5. ***Оформление чертежа***. Включим параметрический режим щелчком по соответсвующей кнопке (15).

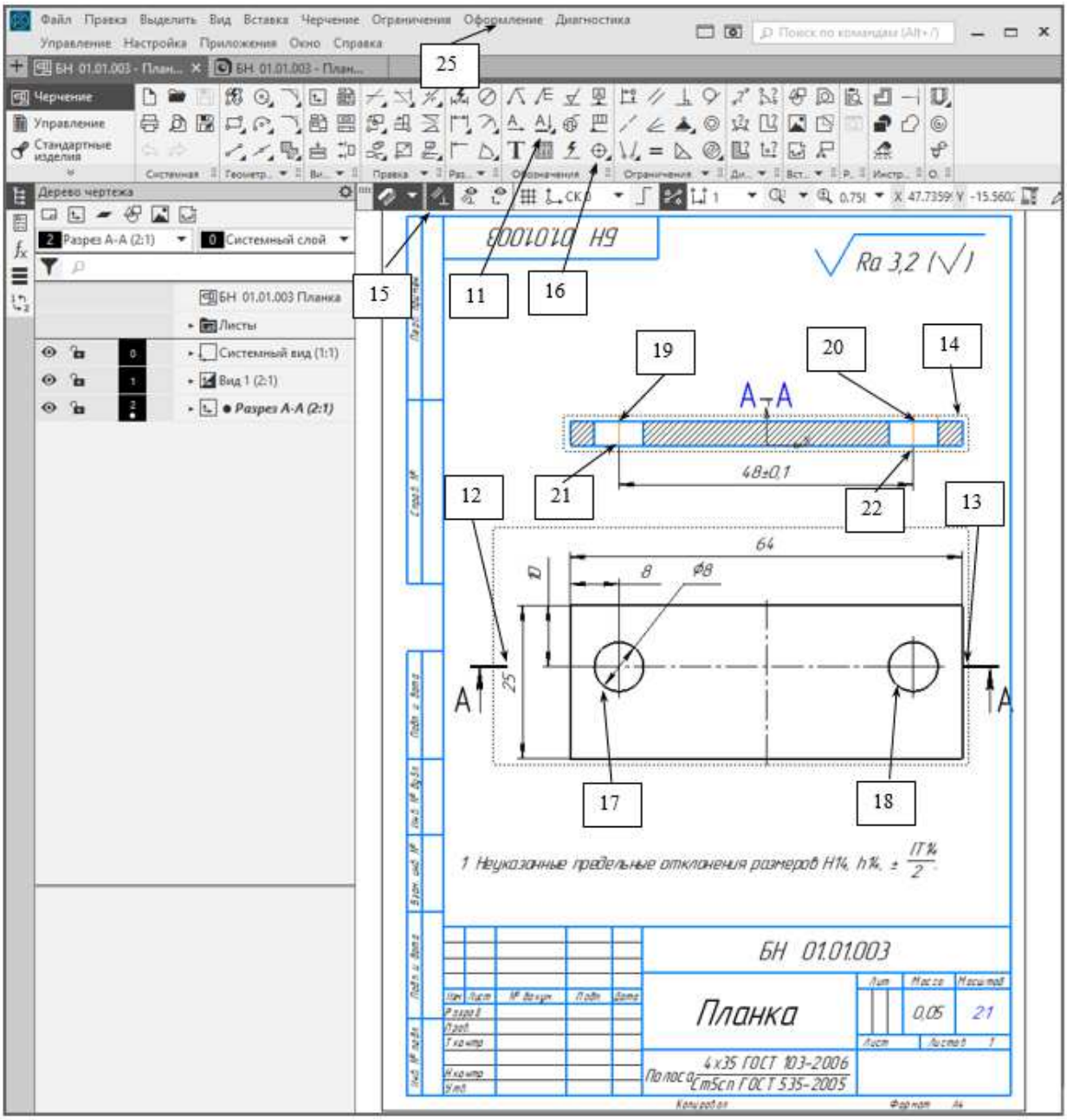



Рис. 3.3. Создание разреза.

Вставка обозначения центра: щелчок по кнопке «Обозначение центра» (16) на вкладке «Оформление», навести на окружность (17), (18), выбрать движением мыши нужное направление (для горизонтального положения держать нажатой клавишу Shift), щелчком закрепить положение.

Простановка осевых линий. Распахнуть панель «Обозначения» и выбрать «Осевая» щелкнуть по точке, откуда должна начинать осевая, а затем по второй точке, в которой осевая будет заканчиваться – между ними появится осевая.

6. ***Простановка размеров***. На созданном чертеже часть размеров переданы с модели, но там не было расстояния между отверстия. Дополняют размеры нужно при включенном параметрическом режиме. При простановке в параметрическом режиме при изменени размеров модели размеры на чертеже изменятся соответственно. Для размера выбираем «Аторазмер», щелкнем по точкам между которыми ставится размер, затем нажмем любую клавишу кроме пробела – появится окно настройки размера. Вэтом окне можно указать знак диаметра. Для задания отклонения ±0,1 выполняем щелчок по кнопке ±, в появившемся окне (рис. 3.4) вводим значения (23), (24).

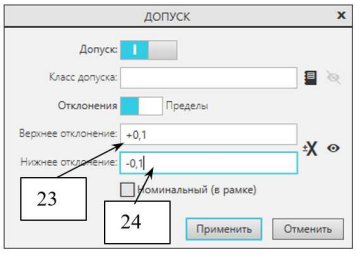


Рис. 3.4. Задание отклонений

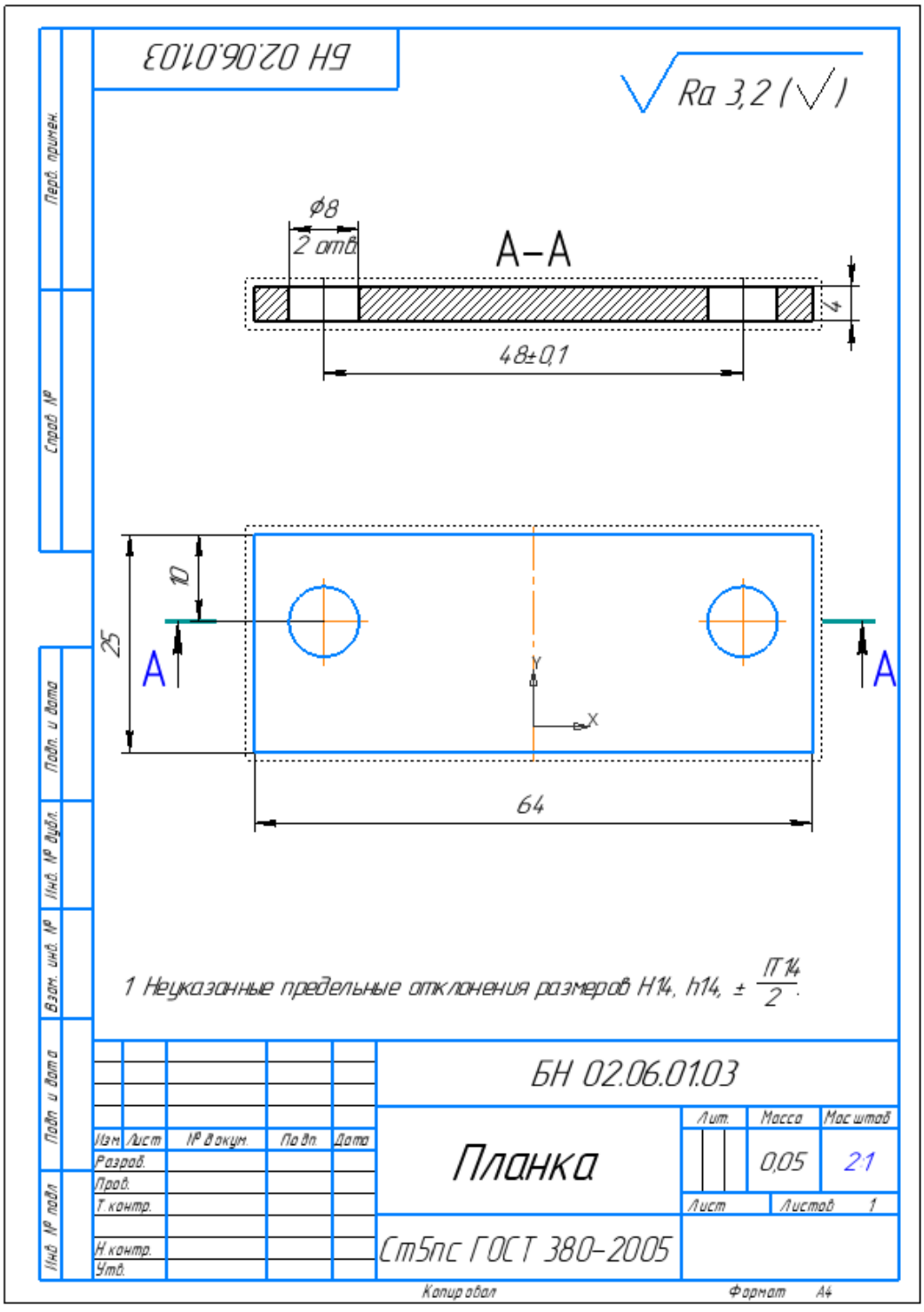
7. ***Редактирование информации в размерах.*** В п. 3 показано, как передать размеры из эскиза и элементов в чертеж. На чертеже некоторые размеры по требованиям ЕСКД должны выводиться в ином виде. Так фаску принято обозначать «4х45°». На чертеже редактировать выведенные размеры нельзя, их можно только скрыть и проставить новые. Требуемый для чертежа вид размеров необходимо оформить в эскизах. Для фаски в поле «Текст после» дописать «х45°». В эскизе не требуется ставить знак диаметра, а на чертеже знак должен быть, добавка знака в размер выполняется в поле «Текст до». Для корректировки размера: вернуться в эскиз, щелкнуть по размеры, в окне свойств найти нужное поле и добавить информацию.

8. ***Заполнение штампа***: выполнить двойной щелчок по штампу, заполнить поля и завершить щелчком по V.

9. ***Задание*** неуказанной шероховатости: щелчок по пункту меню «Оформление» (25), выбор «Неуказанная шероховатость», «Ввод», в окне свойств щелчок по полю «Текст», - в значке шероховатости выполняем двойной щелчок по активному полю и появившейся форме выбираем Ra или Rz , а затем значение шероховатости 3,5, выполняем щелчок по кнопке V .

10. ***Ввод технических требований***: щелчок по пункту меню «Оформление» (25), выбор «Технические требования», «Задать», в появившейся форме ввести необходимое. Если можно ввести типовой текст, то нужно выполнить правый щелчок, выбрать «Типовой текст», распахнуть «Технические требования», «Общие», найти нужный текст и выполнить по нему двойной щелчок. Иногда технические требования размещаются не над штампом, а слева от листа. Для переноса необходимо «Оформление» (25), выбор «Технические требования», «Разместить», поджать рамку с техническими требованиями и перетащить над штамп.

11. ***Сохранить*** чертеж: выполнить щелчок по кнопке «Сохранить» - будет предложено имя, такое же как и у детали.


БН 02.06.01.03
Ra 3,2
ф8
2 отв
А–А
4
48±0,1
10
25
А
А
Y
X
64
1 Неуказанные предельные отклонения размеров H14, h14, ± IT14/2.
БН 02.06.01.03
Планка
Лит.
Масса
Масштаб
0,05
2:1
Лист
Листов 1
Изм
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Ст5пс ГОСТ 380–2005
Копировал
Формат А4
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Д.Г.Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

# Б1.О.26 ИНЖЕНЕРНЫЙ ДИЗАЙН CAD (САПР)

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Шестаков В.С., канд. техн. наук, профессор

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
*(название кафедры)*
Зав. кафедрой _____
*(подпись)*
Лагунова Ю. А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 02.09.2021
*(Дата)*

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
*(название факультета)*
Председатель _____
*(подпись)*
Осипов П. А.
*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 2 от 12.10.2021
*(Дата)*

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проектирование технических объектов выполняется полностью на ЭВМ, что привело к использованию понятия автоматизированное проектирование. Выпускники университета должны уметь работать на ЭВМ в текстовых и графических редакторах, конструкторских пакетах, позволяющих выполнять проектирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов.

**Цель самостоятельной работы:** обучение студентов проектированию и расчетам с применением компьютерных технологий. Умение использовать компьютерные технологии при проектировании объектов машиностроения позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

В методических указаниях приведен один из вариантов типового задания для самостоятельной работы, практикуется применение индивидуальных заданий, соответствующих выбранному студентом направлению будущей работы. Такими заданиями являются разработка проекта отдельных механизмов и узлов экскаваторов, дробилок, буровых установок и т.п.

**Результат изучения дисциплины:** Инженерный дизайн CAD (САПР)»

*Знать:*

- методы контроля качества изделий и объектов, причины нарушений технологических процессов и мероприятия по их предупреждению;
- этапы разработки проекта;
- приемы создания 3 D моделей деталей и ГОСТы оформления чертежей;
- показатели технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, порядок профилактического осмотра и текущего ремонта;
- этапы изготовления прототипов;
- командную работу на производстве.

*Уметь:*

- применять методы контроля качества изделий и объектов, внедрять мероприятия для исключения нарушений технологических процессов;
- разрабатывать проекты деталей и узлов;
- оформлять конструкторскую документацию
- определять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, проводить профилактический осмотр и текущий ремонт;
- изготавливать прототипы;
- организовывать командную работу на производстве.

*Владеть:*

- приемами контроля качества изделий и объектов, внедрения мероприятий для исключения нарушений технологических процессов;
- навыками создания деталей в конструкторских пакетах 3 D моделирования;
- навыками создания сборочных узлов в конструкторских пакетах 3 D моделирования;
- навыками оформления рабочих и сборочных чертежей в конструкторских пакетах 3 D моделирования
- навыками определения технического состояния и остаточного ресурса технологического оборудования, проведения профилактического осмотра и текущего ремонта;
- приемами изготовления прототипов;
- приемами организации командной работы на производстве.

## ЗАДАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

**Задание.** По выданным эскизам составить 3D модели детали и оформить рабочие чертежи, выполнить сборку, оформить сборочный чертеж и спецификацию. Задание 3.13 приведено ниже, остальные задания согласно варианту выдаются студентам электронном виде.

Варианты заданий:

1. Задание 1.4
2. Задание 2.7
3. Задание 3.13
4. Задание 4.13
5. Задание 5.16
6. Задание 7.22
7. Задание 8.25
8. Задание 9.28
9. Задание 10.31
10. Задание 11.34
11. Задание 12.37
12. Задание 13.40
13. Задание 14.43
14. Задание 15.46
15. Задание16.49
16. Задание 17.52
17. Задание 18.55
18. Задание 19.58
19. Задание 20.61
20. Задание 21.64
21. Задание 22.89

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ.

1. По выделенным эскизам создать все детали. Для обозначения наименования применить ГМО 01.3-13.001 (где ТМО-группа; 01-варианта; 3-13-задание; 001 – группа для детали)
2. Для каждой детали оформить рабочие чертежи
3. Создать сборочную единицу
4. Оформить сборочный чертеж
5. Оформить спецификацию.

## ОФОРМЛЕНИЕ И ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ

Выполненное задание представляется преподавателю в электронном виде.

Защита задания выполняется пояснениями о порядке выполнения деталей, составления сборочных единиц, оформления чертежей. Преподавателем оцениваются пояснения студента и ответы на дополнительные вопросы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочные материалы конструкторского пакета Компас 3D
2. Сайт с обучающими материалами https://kompas.ru/publications/video/

3. Описание конструкторского пакета Компас 3D.

Задание 3.13

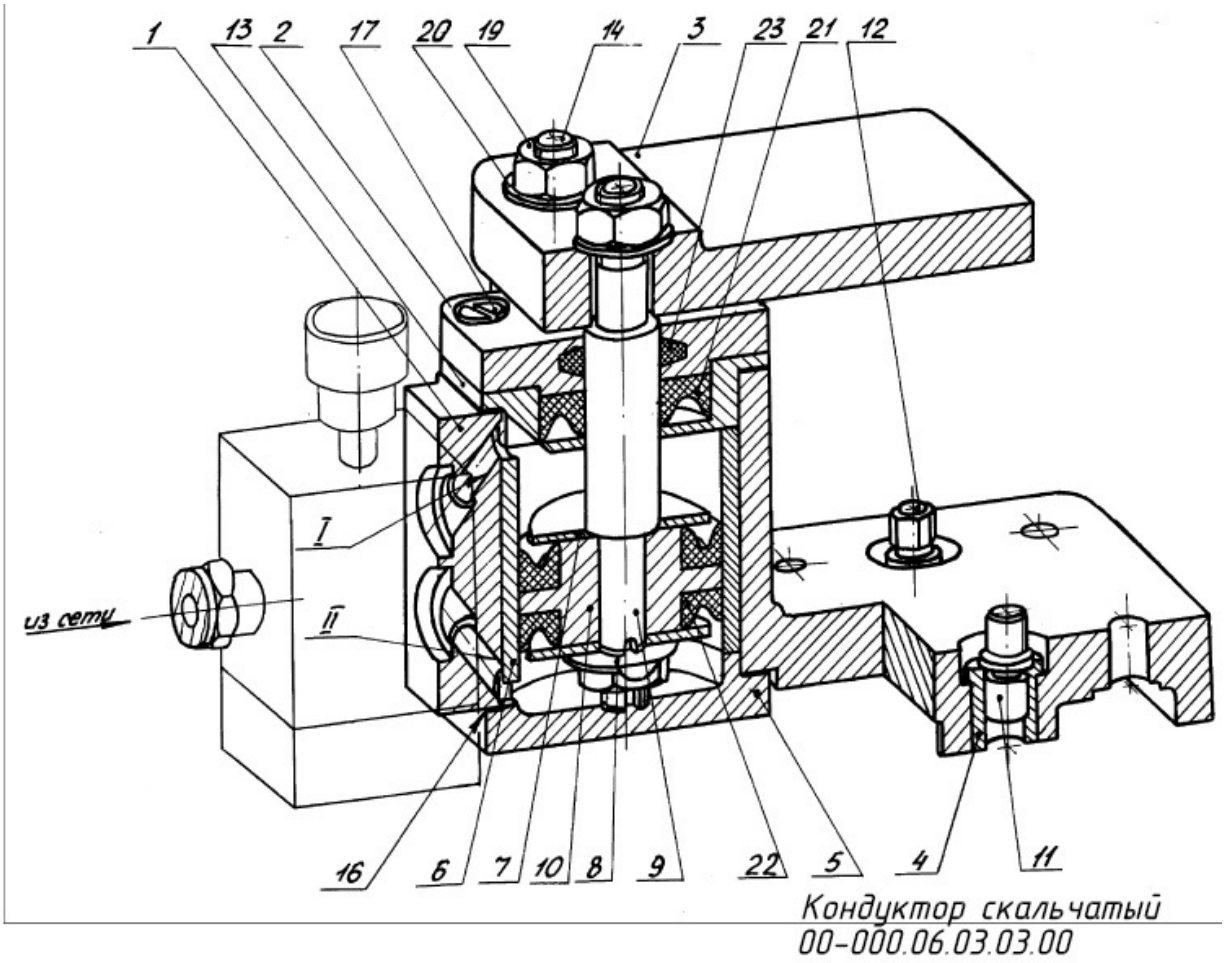
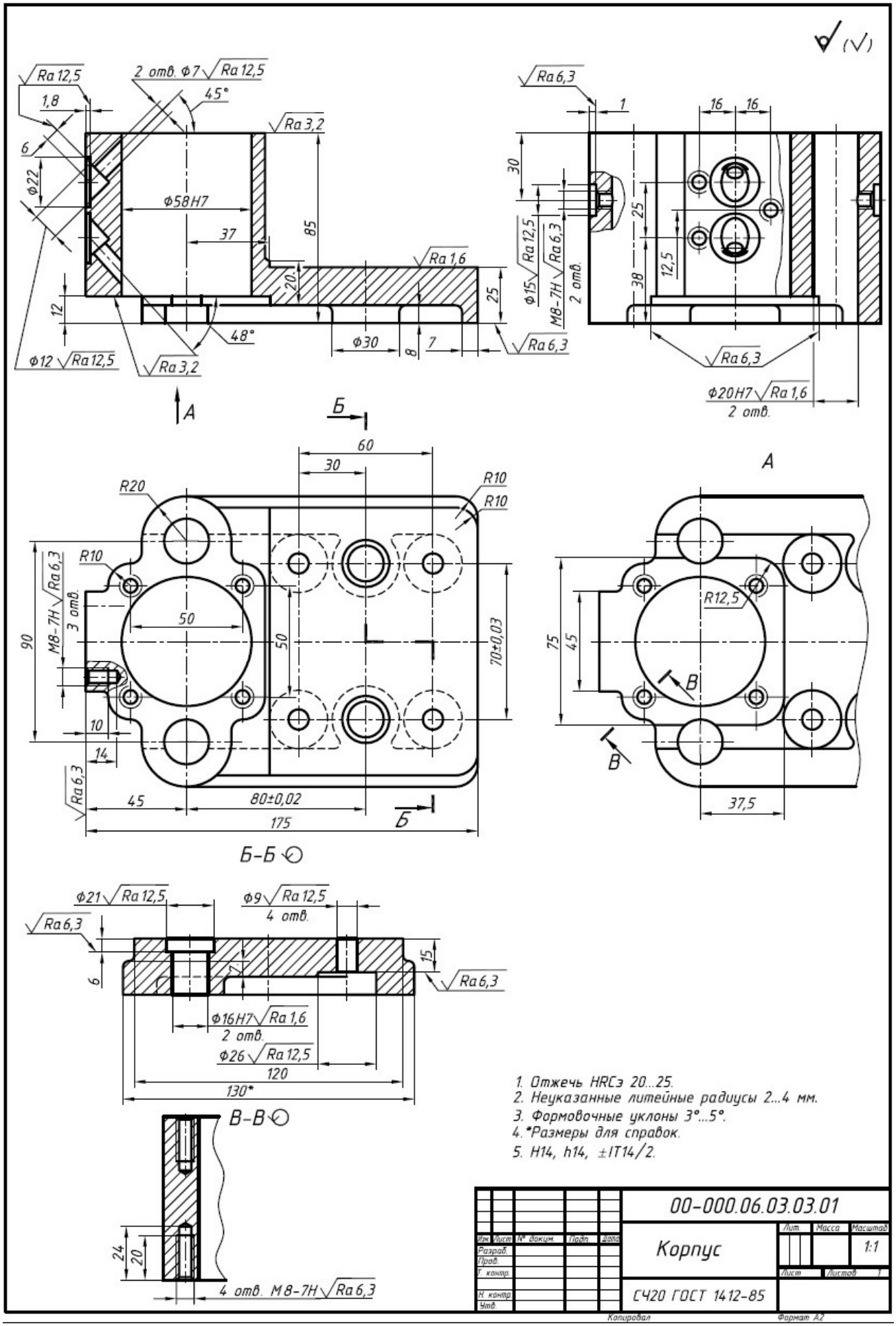
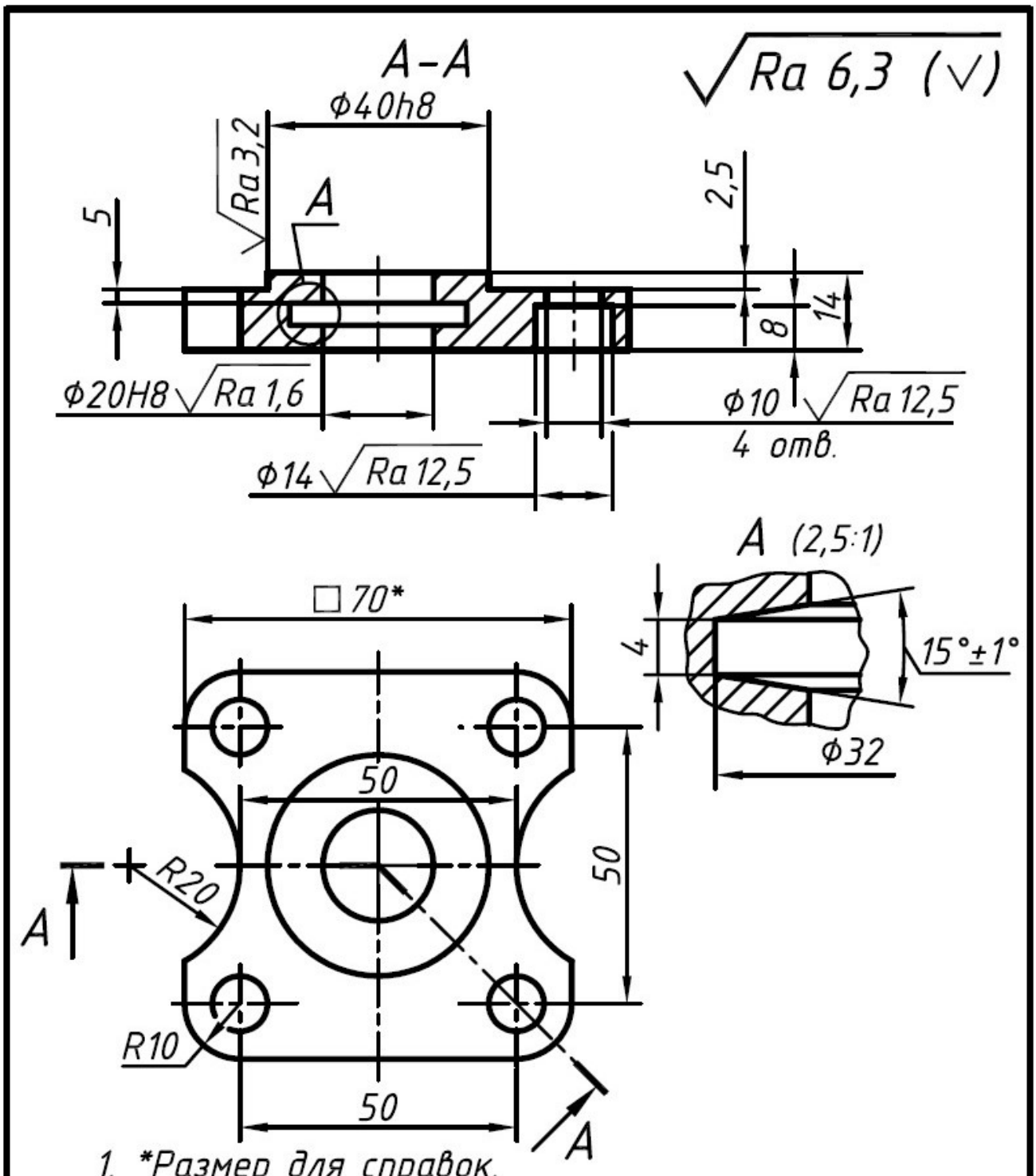


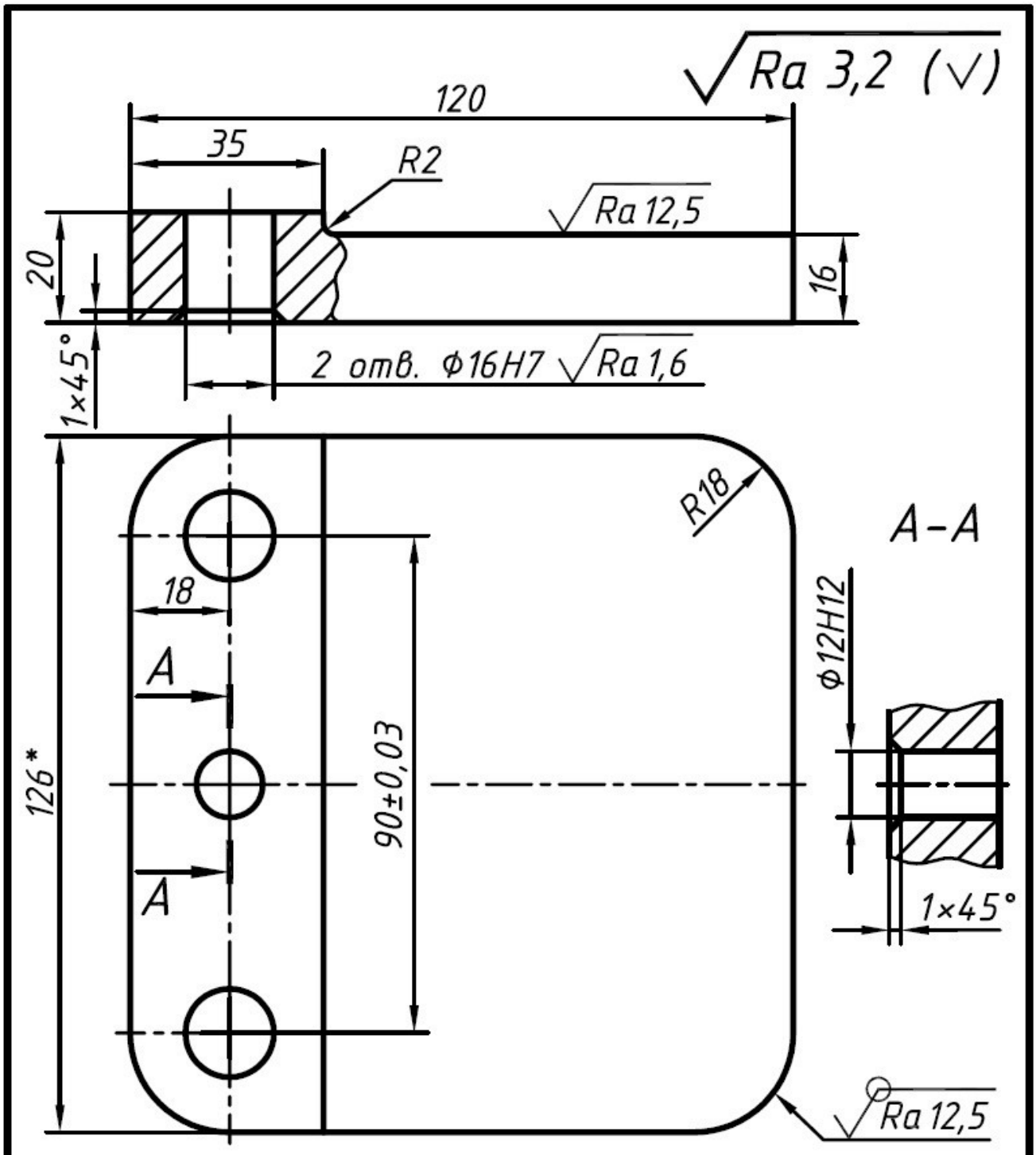

Рис. 1. Вид кондуктора скальчатого


(√)
Ra 12,5
2 отв. ф7
Ra 12,5
45°
1,8
Ra 3,2
6
ф22
ф58H7
37
85
Ra 1,6
20
25
12
48°
ф30
8
7
Ra 6,3
ф12
Ra 12,5
Ra 3,2
А
Б
Ra 6,3
1
16
16
30
25
Ф15
Ra 12,5
M8-7H
Ra 6,3
2 отв.
38
12,5
Ra 6,3
ф20H7
Ra 1,6
2 отв.
60
30
R20
R10
R10
R10
M8-7H
Ra 6,3
3 отв.
50
50
90
70±0,03
10
14
Ra 6,3
45
80±0,02
175
Б
Б-Б
А
R12,5
75
45
B
B
37,5
ф21
Ra 12,5
ф9
Ra 12,5
4 отв.
Ra 6,3
6
15
Ra 6,3
ф16H7
Ra 1,6
2 отв.
ф26
Ra 12,5
120
130*
В-В
24
20
4 отв. M8-7H
Ra 6,3
1. Отжечь HRCэ 20...25.
2. Неуказанные литейные радиусы 2...4 мм.
3. Формовочные уклоны 3°...5°.
4. *Размеры для справок.
5. H14, h14, ±IT14/2.
00-000.06.03.03.01
Корпус
Лит.
Масса
Масштаб
1:1
Лист
Листов 1
СЧ20 ГОСТ 1412-85
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Копировал
Формат А2




| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.02 | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | |
| Разраб. | | | | | Крышка | Лит. / Масса / Масштаб 1:1 |
| Пров. | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист / Листов 1 |
| | | | | | Сталь 45 ГОСТ 1050-88 | |
| Н. контр. | | | | | | |
| Утв. | | | | | | |

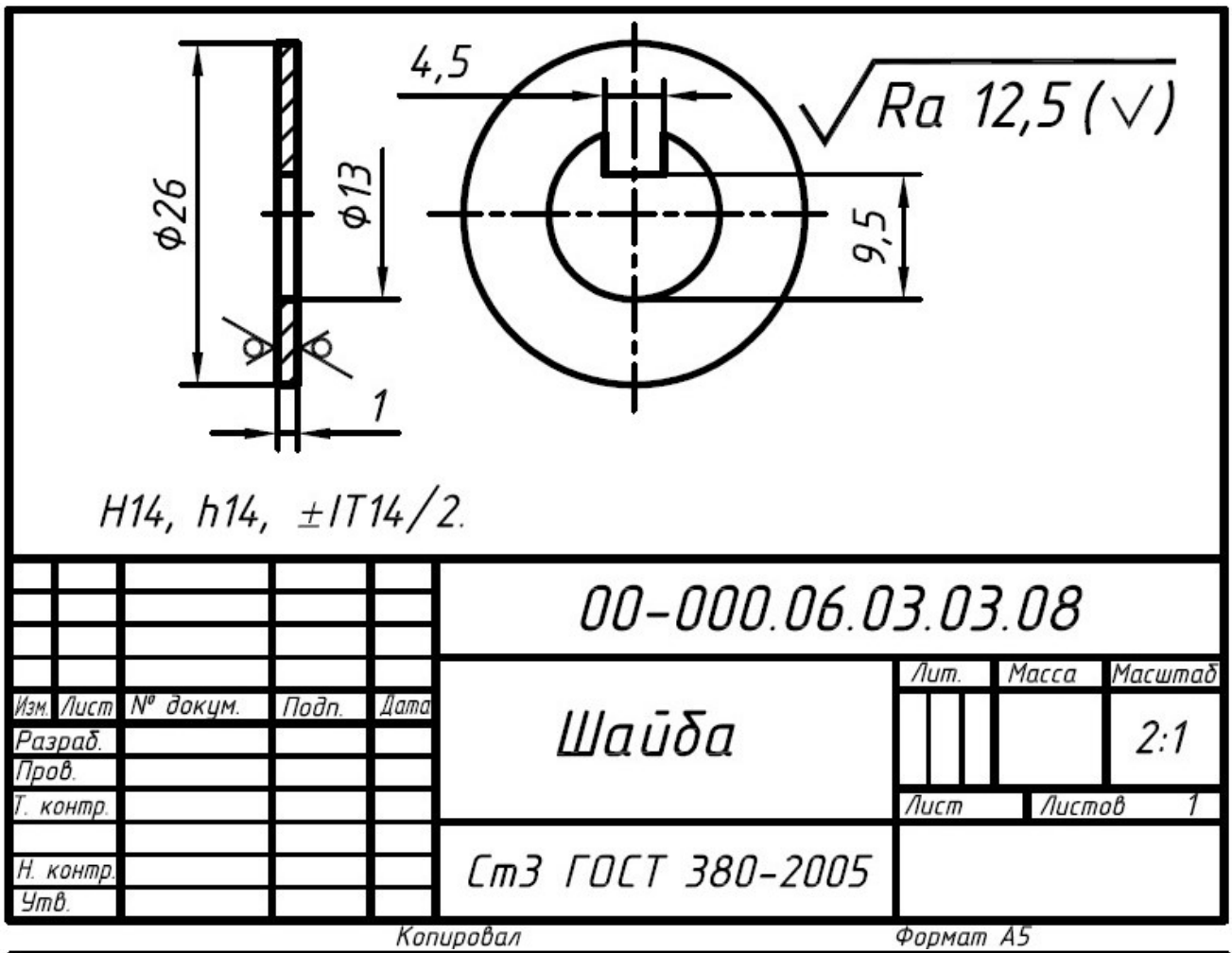
Копировал Формат А4

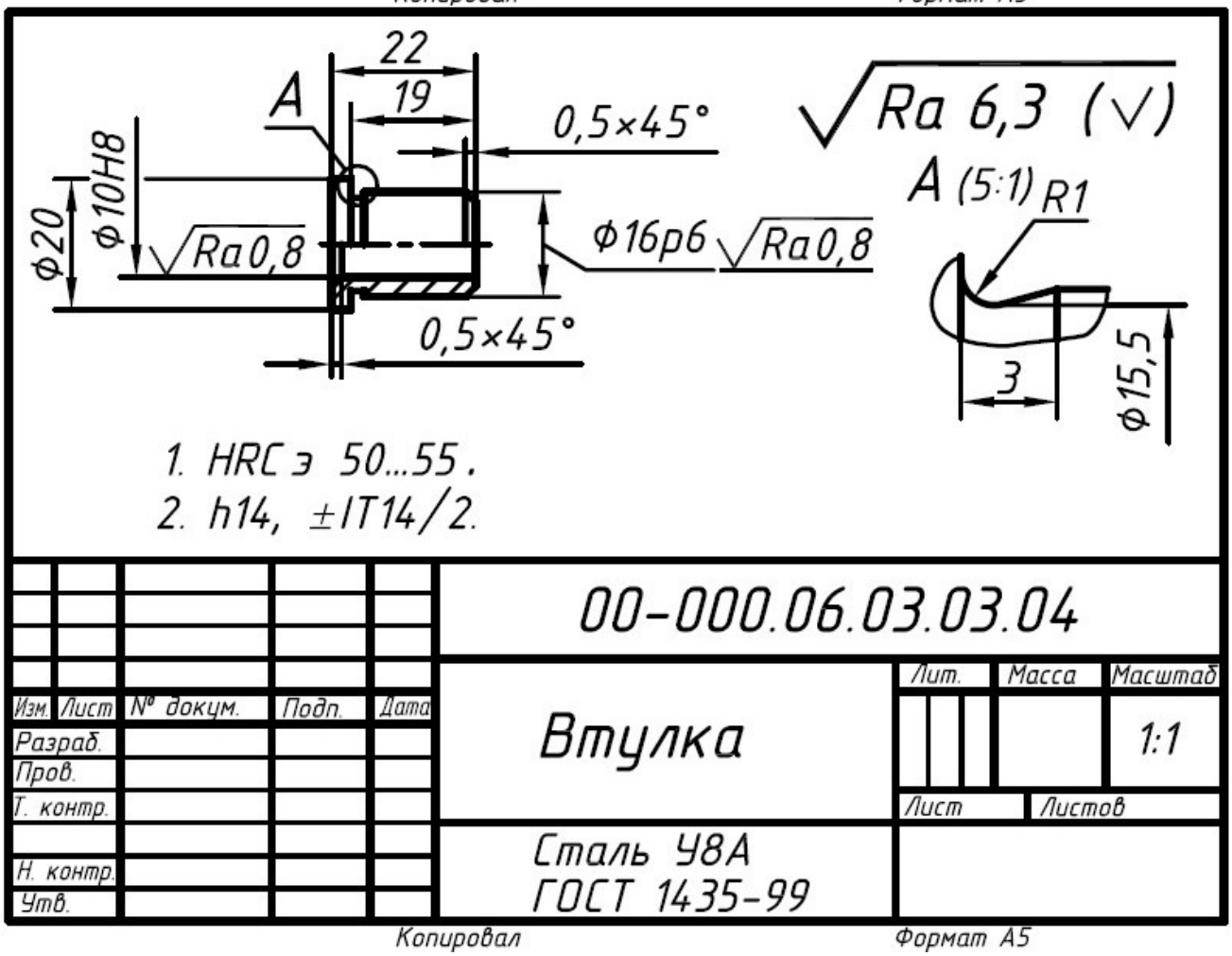


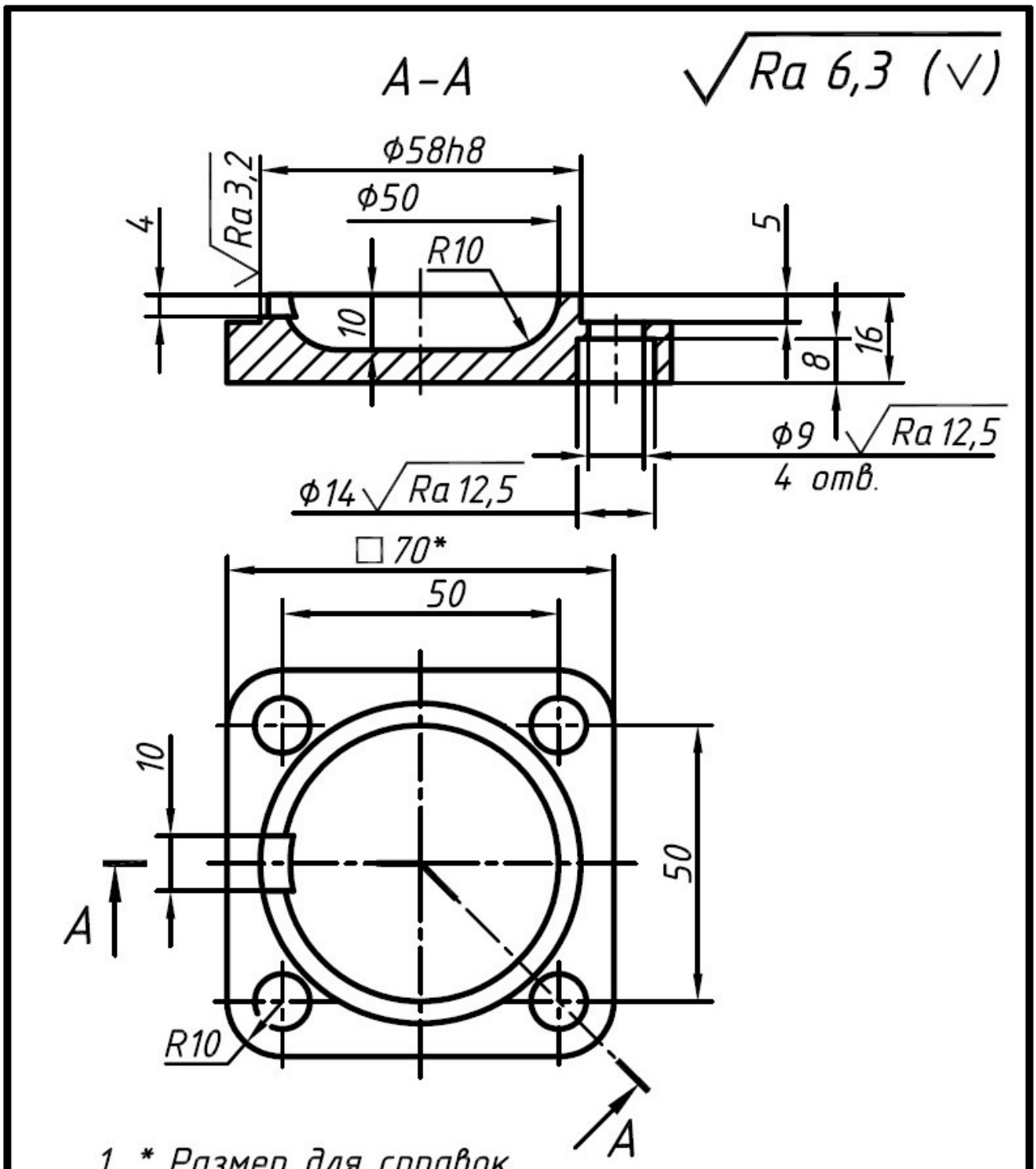

1. *Размер для справок.
2. ±IT14/2.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Плита | Лит. | Масса / Масштаб 1:1 |
| Разраб. | | | | | | | |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Сталь 45 ГОСТ 1050-88 | | |
| Утв. | | | | | | | |

Копировал Формат А4

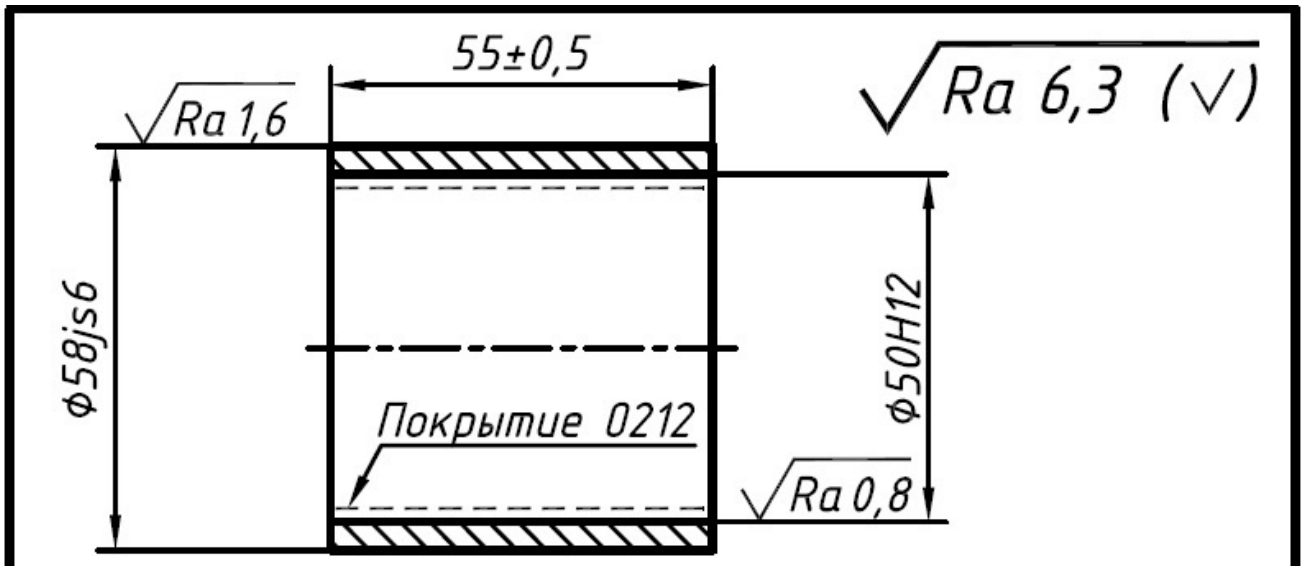

4,5
Ra 12,5 (√)
ф26
ф13
9,5
1
H14, h14, ±IT14/2.
00-000.06.03.03.08
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Шайба
Лит. Масса Масштаб
2:1
Лист Листов 1
Ст3 ГОСТ 380-2005
Копировал
Формат А5


22
19
A
0,5×45°
Ra 6,3 (√)
A (5:1)
R1
ф10H8
ф20
Ra 0,8
ф16p6
Ra 0,8
0,5×45°
3
ф15,5
1. HRC э 50...55.
2. h14, ±IT14/2.
00-000.06.03.03.04
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Втулка
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов
Сталь У8А
ГОСТ 1435-99
Копировал
Формат А5



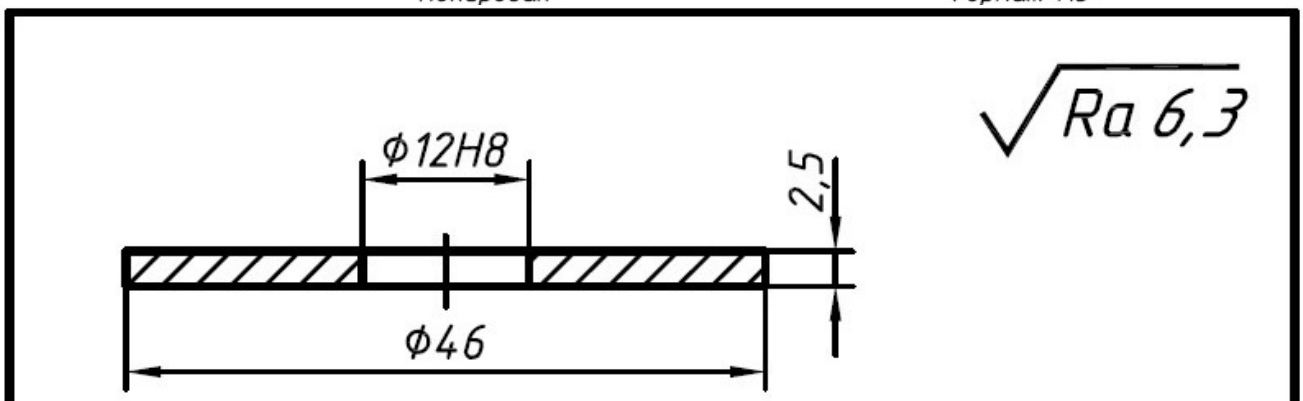

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.05 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Крышка | Лит. | Масса / Масштаб 1:1 |
| Разраб. | | | | | | | |
| Пров. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Т. контр. | | | | | | | |
| Н. контр. | | | | | Ст3 ГОСТ 380-2005 | | |
| Утв. | | | | | | | |

Копировал Формат А4




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.06 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Гильза | Лит. | Масса / Масштаб 1:1 |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Сталь 35 ГОСТ 1050-88 | | |
| Утв. | | | | | | | |

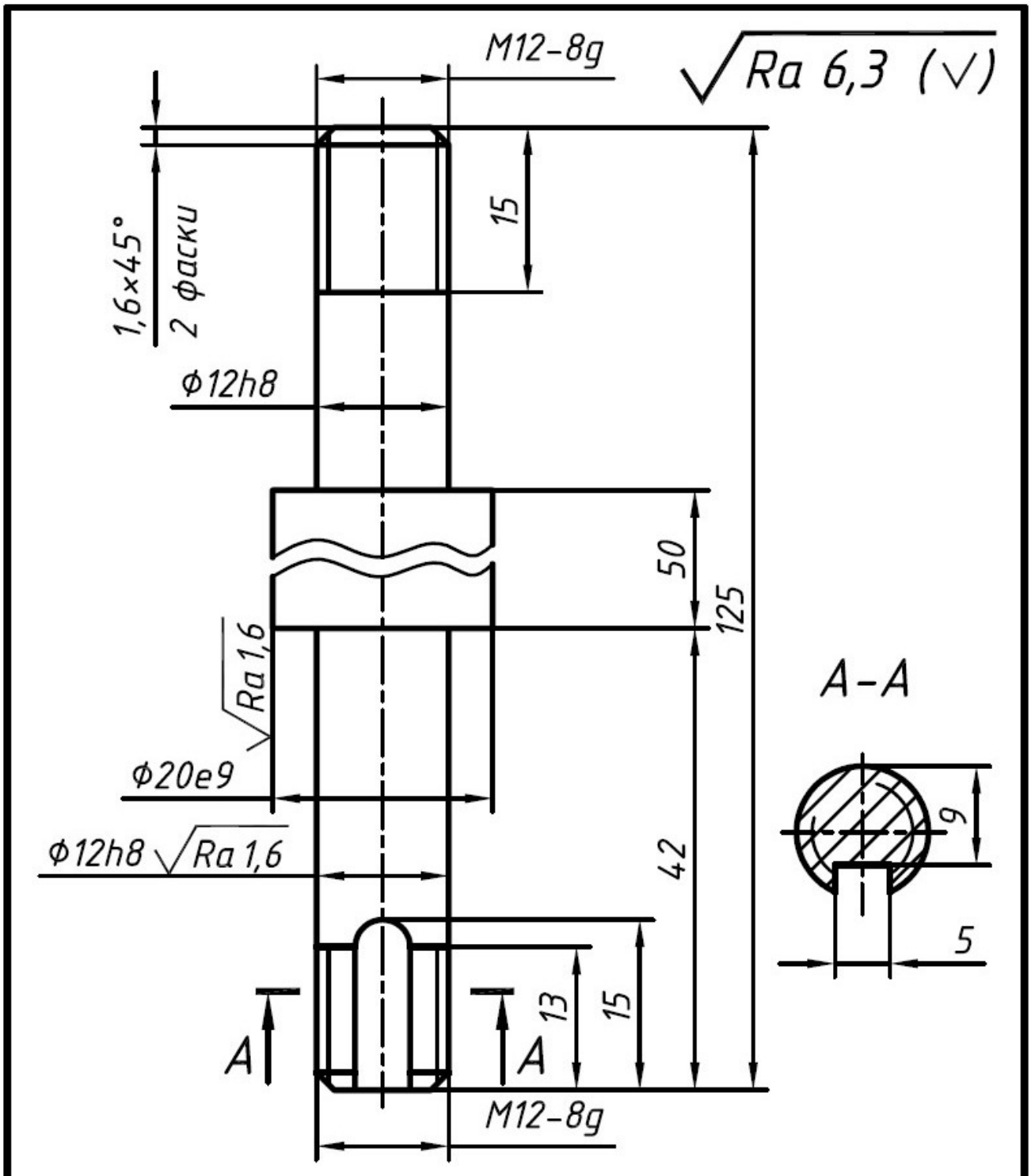
Копировал Формат А5




h14, ±IT14/2.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.08 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Кольцо | Лит. | Масса / Масштаб 2:1 |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Ст3 ГОСТ 380-2005 | | |
| Утв. | | | | | | | |

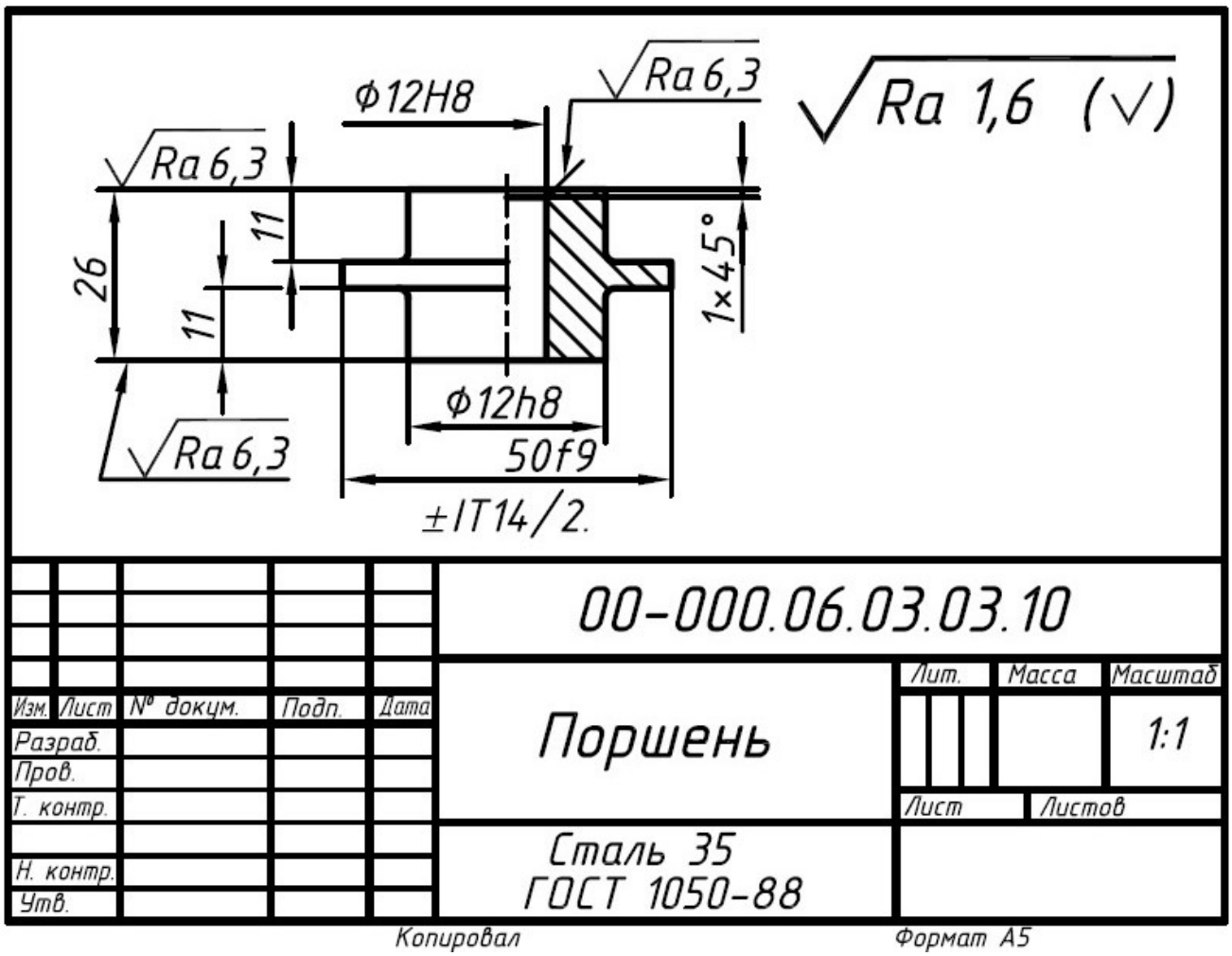
Копировал Формат А5

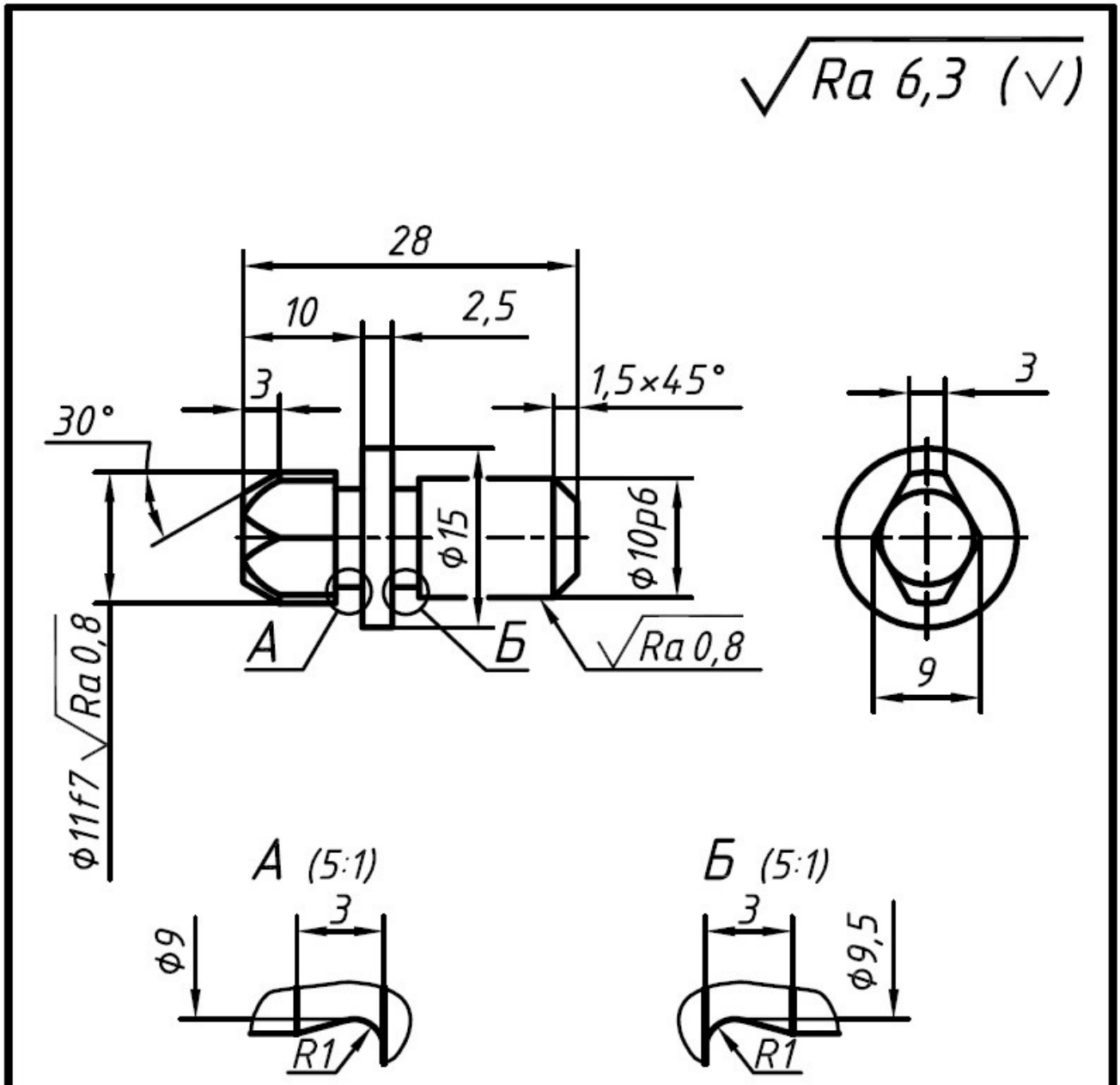



1. HRCэ 30...35.
2. H14, ±IT14/2.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.09 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Шток | Лит. | Масса / Масштаб 2:1 |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Сталь 45 ГОСТ 1050-88 | | |
| Утв. | | | | | | | |

Копировал Формат А4

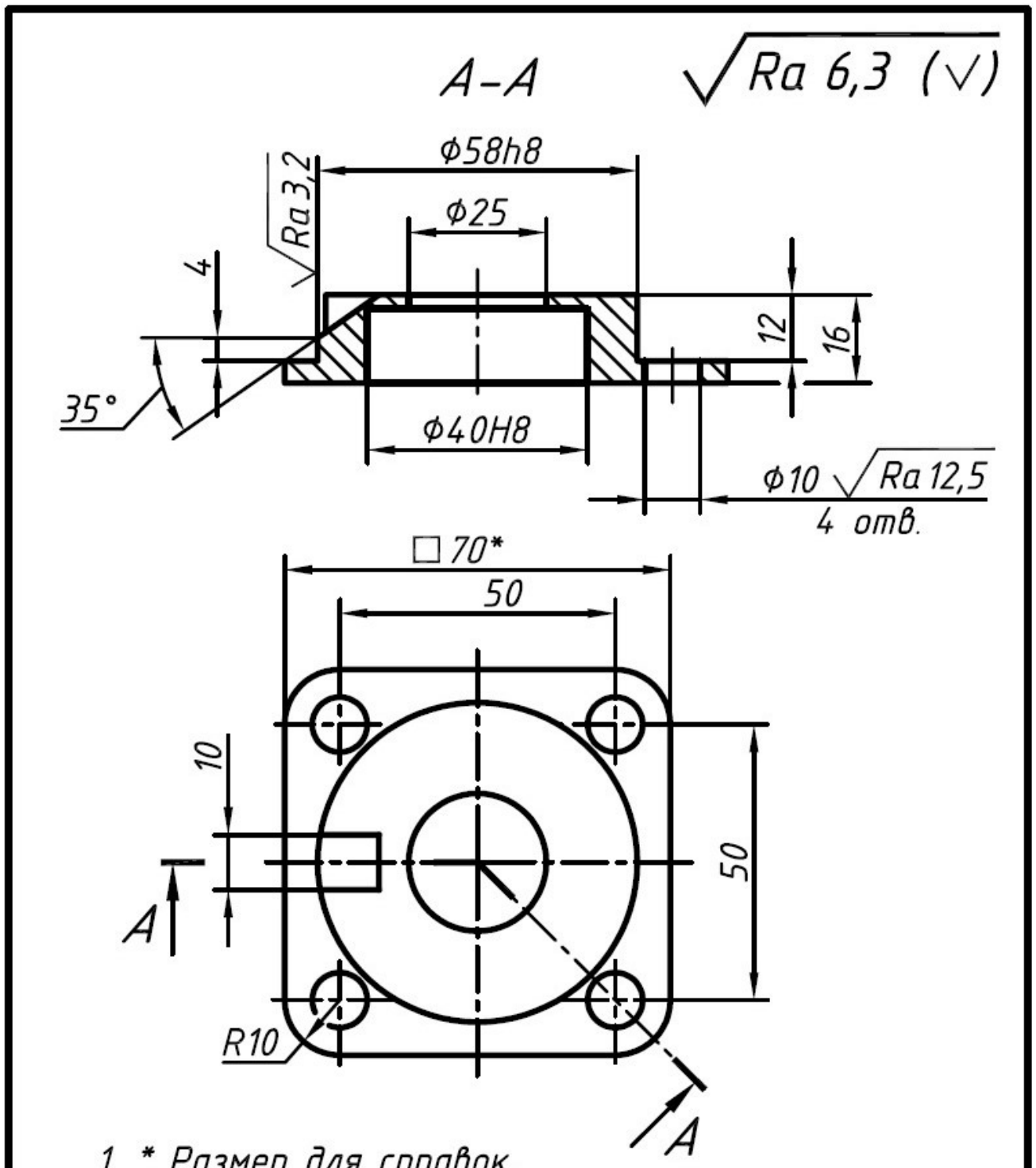

Ra 1,6 (√)
Ф12H8
Ra 6,3
Ra 6,3
26
11
11
1×45°
Ф12h8
Ra 6,3
50f9
±IT14/2.
00-000.06.03.03.10
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб.
Пров.
Т. контр.
Н. контр.
Утв.
Поршень
Лит. Масса Масштаб
1:1
Лист Листов
Сталь 35
ГОСТ 1050-88
Копировал
Формат А5




1. HRCэ 50...55.
2. h14, ±IT14/2.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.11 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Палец | Лит. | Масса / Масштаб 2:1 |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Сталь У8А ГОСТ 1435-99 | | |
| Утв. | | | | | | | |

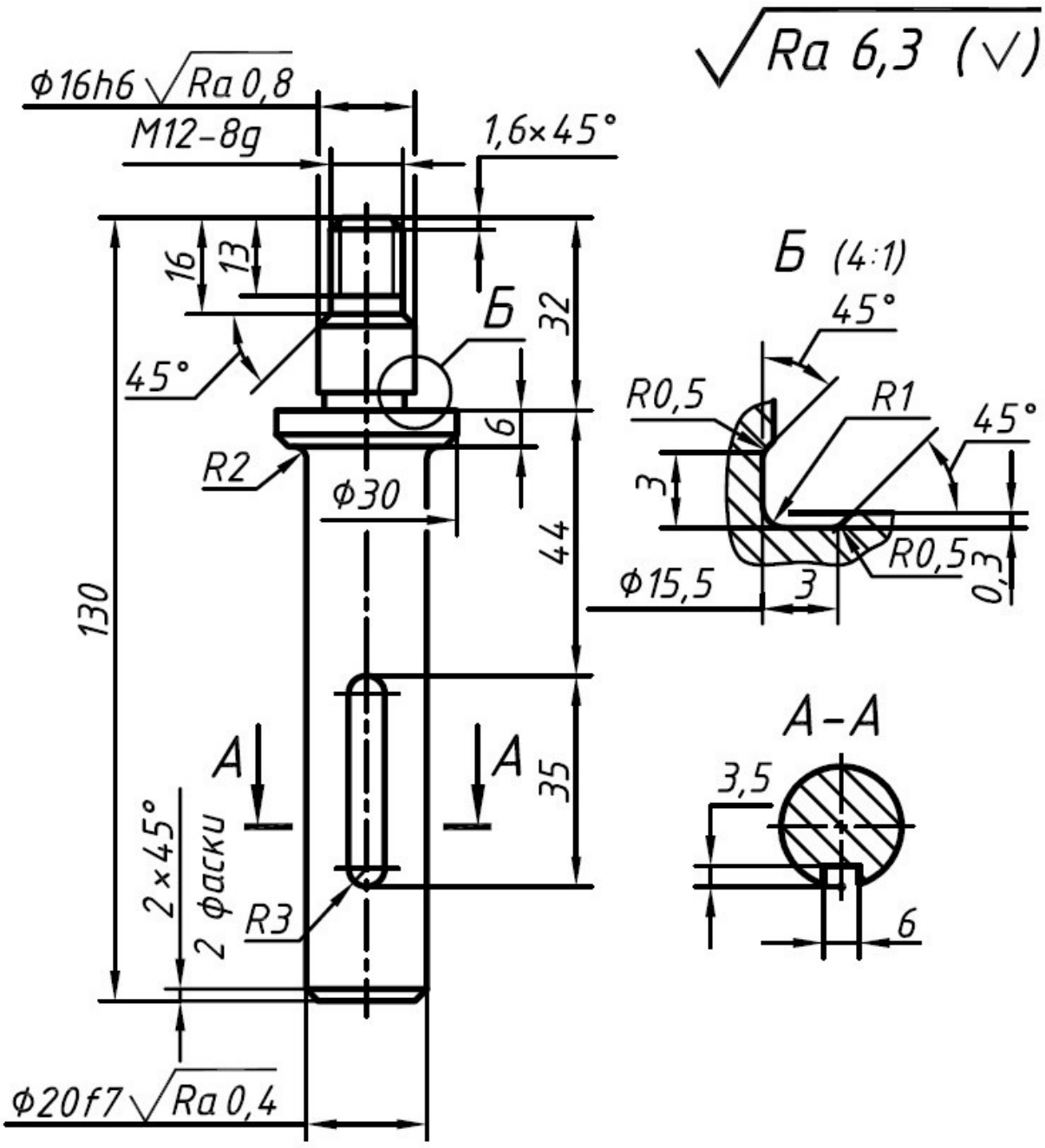
Копировал Формат А4




1. * Размер для справок.
2. H14, ±IT14/2.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.13 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Крышка | Лит. | Масса / Масштаб 1:1 |
| Разраб. | | | | | | | |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Сталь 45 ГОСТ 1050-88 | | |
| Утв. | | | | | | | |

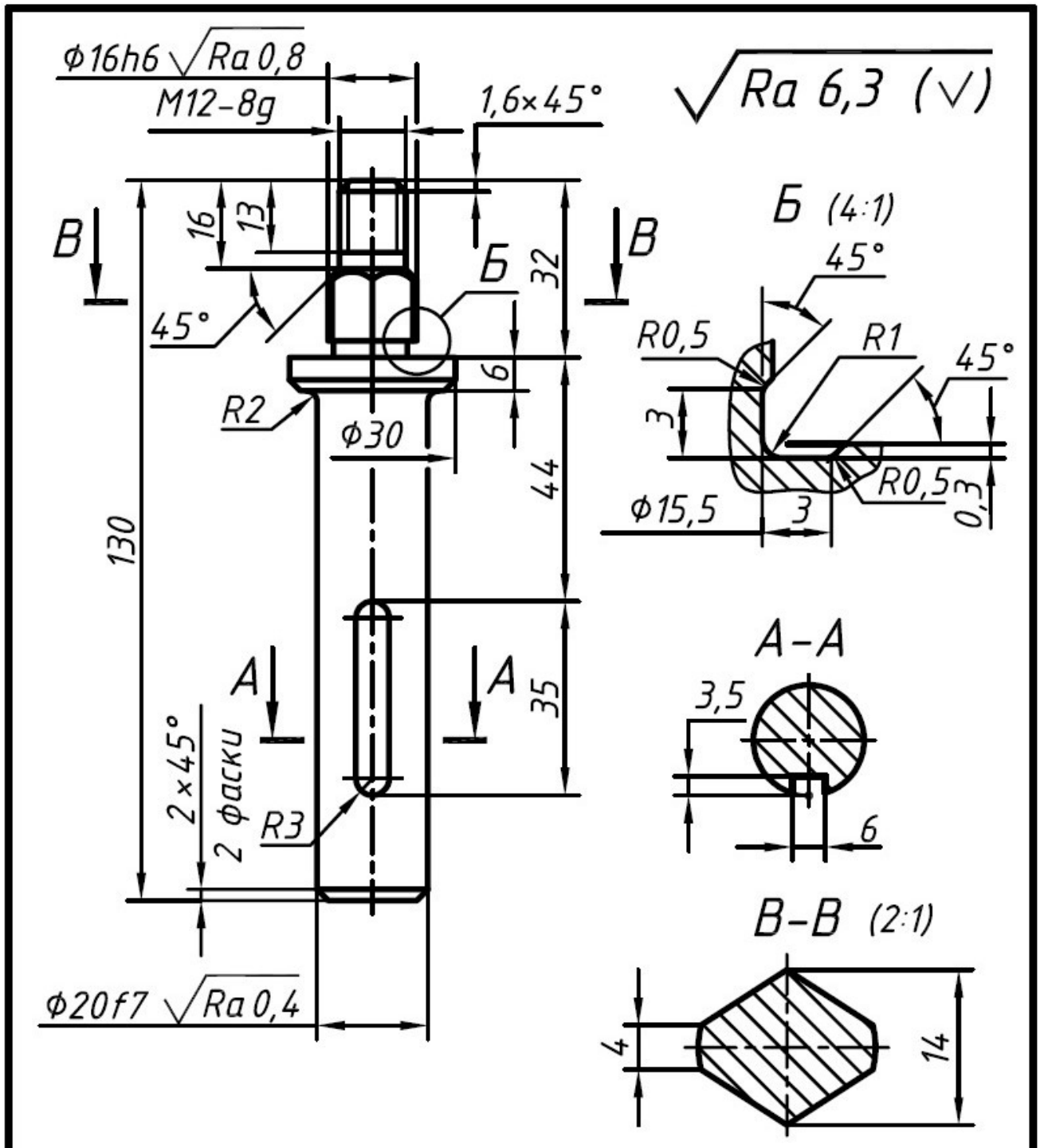
Копировал Формат А4




1. HRCэ 30...35.
2. H14, h14, ±IT14/2.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.14 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Скалка | Лит. | Масса / Масштаб 1:1 |
| Разраб. | | | | | | | |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Сталь 45 ГОСТ 1050-88 | | |
| Утв. | | | | | | | |

Копировал Формат А4




1. HRCэ 30...35.
2. H14, h14, ±IT14/2.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 00-000.06.03.03.15 | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Скалка | Лит. | Масса / Масштаб 1:1 |
| Пров. | | | | | | | |
| Т. контр. | | | | | | Лист | Листов 1 |
| Н. контр. | | | | | Сталь 45<br>ГОСТ 1050-88 | | |
| Утв. | | | | | | | |

Копировал

Формат А4

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению контрольной работы по дисциплине*

# Б1.О.27 ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: очная, заочная

Год набора: **2022**

Автор: Шестаков В. С., канд. техн. наук, профессор

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проектирование технических объектов выполняется полностью на ЭВМ, что привело к использованию понятия автоматизированное проектирование. Выпускники университета должны уметь работать на ЭВМ в текстовых и графических редакторах, конструкторских пакетах, позволяющих выполнять проектирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов.

**Цель контрольной работы:** обучение студентов проектированию и расчетам с применением компьютерных технологий. Умение использовать компьютерные технологии при проектировании объектов машиностроения позволит в последующей профессиональной деятельности разрабатывать оптимальные конструкции с минимальной массой и стоимостью и сократить продолжительность разработки проектов.

В методических указаниях приведен один из вариантов типового задания, практикуется применение индивидуальных заданий, соответствующих выбранному студентом направлению будущей работы. Такими заданиями являются разработка проекта отдельных механизмов и узлов экскаваторов, дробилок, буровых установок и т.п.

**Результат изучения дисциплины: «Оптимизация технических объектов»**

*Знать:*

- функциональные возможности компьютерных программ, используемых для профессиональной деятельности при оптимизации объектов;
- требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- методы математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- методы математической обработки экспериментальных данных, теорию вероятностей и математическую статистику для получения целевых функций;

*Уметь:*

- применять современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний при оптимизации объектов;
- реализовывать в проектах требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- применять методы математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- применять методы математической обработки экспериментальных данных, теории вероятности и математической статистики для получения уравнений регрессии для использования их в целевых функциях;

*Владеть:*

- навыками работы на персональном компьютере при оптимизации объектов;
- навыками реализации в проектах требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- навыками математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- приемами математической обработки экспериментальных данных, использования теории вероятности и математической статистики для получения уравнений регрессии для использования их в целевых функциях.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

При подготовке к контрольной работе необходимо изучить примеры, рассмотренные

на лекциях, а также в пособии [1].

## 2. ОФОРМЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа должна включать следующие этапы:

1. Постановка задачи оптимизации.
2. Анализ задачи.
3. Выбор критерия оптимальности.
4. Выбор переменных проектирования и оптимизации.
5. Выбор ограничений.
6. Составление целевой функции.
7. Выбор метода оптимизации.
8. Составление алгоритма решения для ЭВМ.
9. Составление программы для ЭВМ и проведение оптимизации.

## 3. ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Определить оптимальное сечение каната при аварийном срыве с захватов бурового става. Перед срывом имелась слабина каната $\Delta L$. Барабан лебедки заторможен. Исходные данные: C – жесткость каната, $m_c$ – масса бурового става, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки

2. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины снизу вверх. Ударник перемещается сжатым воздухом, давление которого не меняется в процессе движения и равно Ро, а усилие сопротивления определяется по выражению $Fc=K_v \cdot V^2$, где $K_v$ - коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния $L_1$, переключается подача сжатого воздуха в другую камеру, под действием которого происходит торможение ударника.

3. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины сверху вниз. Поршень перемещается сжатым воздухом, давление которого не меняется в процессе движения и равно $P_o$, а усилие сопротивления определяется по выражению $F_c=C_v \cdot V^2$, где $C_v$ – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния $L_1$, перекрывается выхлопное окно и оставшаяся часть воздуха в нижней части камеры начинает тормозить ударник. Усилие торможения может быть определено по выражению $F_т=C_т * X$, где $C_т$ —коэффициент пропорциональности, X —ход ударника после перекрытия отверстия.

4. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины.

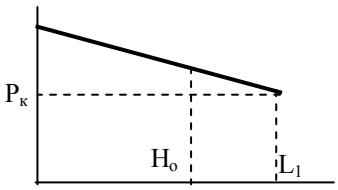
Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в нижнюю часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. Усилие сопротивления в процессе движения определяется по выражению $Fc=C_v \cdot V^2$, где $C_v$ – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника.
После прохождения расстояния $L_1$, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать), а после прохождения расстояния $L_2$, перекрывается выхлопное окно и в верхнюю часть цилиндра начинает поступать сжатый воздух под давлением Ро, под действием которого и происходит торможение ударника.

5. Определить оптимальное сечение каната при аварийном срыве с захватов бурового става. Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки заторможен. При движении бурового става усилие сопротивления $Fc=kV^2$, где v-скорость. Исходные данные: С – жесткость каната, $m_c$ – масса бурового става, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки, k - коэффициент для расчета усилия сопротивления

6. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины снизу вверх. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в верхнюю часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. Усилие сопротивления определяется по выражению Fc=Kv·V2, где Kv – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния L1, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать), а после прохождения расстояния L2, перекрывается выхлопное окно и в нижнюю часть цилиндра начинает поступать сжатый воздух под давлением Ро, под действием которого и происходит торможение ударника.

7. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение горизонтальной скважины. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в левую часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. После прохождения расстояния $L_1$, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать), после прохождения расстояния $L_2$, перекрывается выхлопное окно и в правую часть цилиндра начинает поступать сжатый воздух под давлением Ро, под действием которого и происходит торможение поршня. Усилие сопротивления определяется по выражению $F_c=K_v \cdot V^2$, где $K_v$ – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника.

8. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины. Ударник перемещается сжатым воздухом, давление которого равномерно меняется в процессе движения от $P_o$ до $P_к$ на расстоянии $L_1$. Усилие сопротивления, действующее на поршень определяется по выражению Fc=C ·V, где С —коэффициент пропорциональности, V —скорость перемещения ударника, м/с.




Определить время перемещения поршня на расстояние $H_o$.

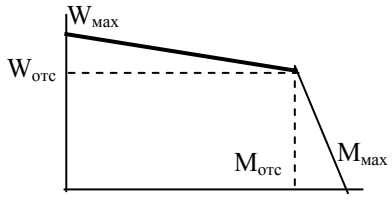
Исходные данные:
$P_o$, $P_к$- давление сжатого воздуха вначале движения, и на расстоянии $L_1$, Па; M — масса поршня, кг; D —диаметр поршня, м
C —коэффициент пропорциональности

9. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой M, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Сопротивление при падении снаряда определяется по выражению $Fc=Kv \cdot V^2$, где Kv —коэффициент пропорциональности, V —скорость перемещения, м/с.
При внедрении снаряда на него начинает действовать усилие сопротивления грунта, изменяющееся по закону $Fc = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $H_{вн}$ —глубина погружения в породу,

10. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой M, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Сопротивление при падении снаряда меняется по закону $Fc=aV^2$, где a - коэффициент пропорциональности, V —текущее значение скорости в процессе падения снаряда. При внедрении снаряда в породу, на него начинает действовать усилие сопротивления, изменяющееся по закону $Fc = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $H_{вн}$ —глубина погружения в породу, м.

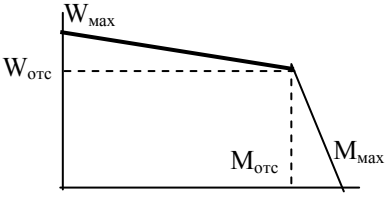
11. Определить оптимальное сечение каната при срыве с уступа ковша драглайна. Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки заторможен. Исходные данные: C – общая жесткость каната стрелы драглайна, $m_c$ – масса ковша, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки

12. Для проведения оптимизации по производительности определить время цикла лебедки при подъеме груза на высоту $H_o$
и опускании крюка на глубину $H_o$.




Исходные данные: M, $M_к$ —масса груза и крюка, кг;
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
U —передаточное число редуктора, $T_п$ – время погрузки, с.
$R_б$ —радиус барабана, м; $M_{мах}$ —максимальный момент на валу двигателя привода, Нм;
$M_{отс}$ —момент отсечки на валу двигателя привода, Нм;
$W_{мах}$ —максимальная скорость вала двигателя, рад/с; $W_{отс}$ –скорость “отсечки вала двигателя, рад/с;
При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент $M_{мах}$.

13. Для проведения оптимизации по производительности определить время опускания груза лебедкой на глубину Но.



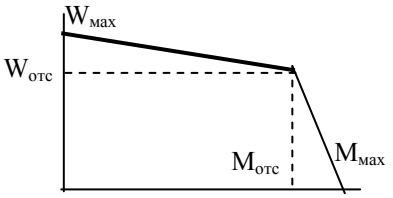

Исходные данные: M —масса груза, кг;
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
U —передаточное число редуктора,

$R_б$ —радиус барабана, м; $M_{мах}$ —максимальный момент на валу двигателя привода, Нм;
$M_{отс}$ —момент отсечки на валу двигателя привода, Нм;
$W_{мах}$ —максимальная скорость вала двигателя, рад/с;
$W_{отс}$ —скорость “отсечки вала двигателя, рад/с;

При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент $M_{мах}$ .

14. Определить время подъема груза лебедкой на высоту Но.

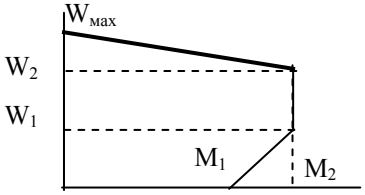
Исходные данные: М —масса груза, кг;
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
i —передаточное число редуктора, Rб —радиус барабана, м;
Ммах —максимальный момент на валу двигателя привода, Нм; Мотс —момент отсечки на валу двигателя привода, Нм;
Wмах —максимальная скорость вала двигателя, рад/с;
Wотс —скорость “отсечки” вала двигателя, рад/с;




При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент Ммах .

15. Определить время опускания груза лебедкой на глубину Lo.

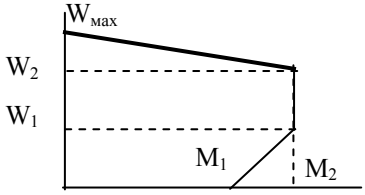
Исходные данные: М —масса груза, кг;
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм$^2$;
U —передаточное число редуктора, $R_б$ —радиус барабана, м;
$M_1$,$M_2$ —моменты на валу двигателя привода при скорости, Нм;
$W_1$, $W_2$ – скорости участков статической характеристики.




При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент $M_2$

16. Определить время подъема груза лебедкой на высоту $H_o$.

Исходные данные: М —масса груза, кг; q-масса 1 м. каната.
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
U —передаточное число редуктора, $R_б$ —радиус барабана, м;
$M_1$,$M_2$ —моменты на валу двигателя привода
$W_1$, $W_2$,- скорости участков статической характеристики рад/с;
Учесть уменьшение длины каната при подъеме.




При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент.

17. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара при холостом ходе ударника. Бурение горизонтальной скважины. Ударник перемещается сжатым воздухом, давление которого равномерно меняется по закону $P=P_o-к\cdot X$, где $P_o$ - давление в начале движения, к - коэффициент пропорциональности, X —перемещение поршня с начала движения. Усилие сопротивления определяется по выражению $Fc=9.81\cdot f\cdot M+a\cdot V$, где М - масса поршня, f - коэффициент трения, а – коэффициент пропорциональности, V –скорость перемещения поршня. После прохождения расстояния $L_1$, перекрывается выхлопное окно, в камеру подается сжатый воздух под давлением $P_o$, под действием этого давления и усилия сопротивления и происходит торможение.

18. Определить глубину внедрения коронки в породу при рабочем ходе поршня ударника при бурении вниз и время перемещения ударника при рабочем ходе. Поршень перемещается сжатым воздухом, давление которого постоянно и равно Ро. Усилие сопро-

тивления от сил трения определяется по выражению $Fc=Fco+a \cdot V$, где Fco – сопротивление, не зависящее от скорости, а - коэффициент пропорциональности, V -скорость перемещения поршня.

После перемещения на расстояние L1, происходит удар по коронке. За счет сопротивления породы происходит торможение поршня. Усилие сопротивления породы определяется по выражению $Fп=Cг \cdot X$, где Сг- коэффициент сопротивления грунта, X - глубина погружения коронки

19. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой ***m***, падает под собственным весом с высоты $\boldsymbol{H_o}$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Вначале буровой снаряд движется в воздухе (на расстоянии $L_1$), а затем в шламе (смесь воды и буровой мелочи). Сопротивление при падении в шламе определяется по выражению $F_c=K_v \cdot V^2$, где $\boldsymbol{K_v}$ —коэффициент пропорциональности, $\boldsymbol{V}$ — скорость, м/с. При внедрении снаряда на него начинает действовать усилие сопротивления грунта, изменяющееся по закону $F_c = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $\boldsymbol{H_{вн}}$ —глубина погружения в породу, м.

20. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой **m**, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Каната в начале движения не препятствует падению. Сопротивление при падении снаряда определяется по выражению $F_c=K_v \cdot V^2$, где $K_v$ —коэффициент пропорциональности, V —скорость, м/с. На расстоянии ΔL от забоя натягивается канат и дальнейшее внедрение происходит при сжатии пружин амортизатора, при этом усилие в канате определяется по формуле $F_c=C_к \cdot X$, где $C_к$- коэффициент, X – расстояние, проходимое буровым снарядом после натяжения каната. При внедрении снаряда на него начинает действовать усилие сопротивления грунта, изменяющееся по закону $F_c = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $H_{вн}$ —глубина погружения в породу, м.

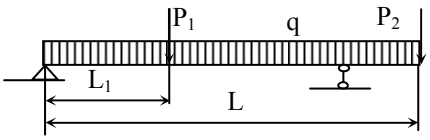
21. Определить оптимальное сечение каната по условию выбора по максимальному усилию. Максимальное усилие определить при аварийном срыве буровой колонны с захватов. Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки расторможен и может поворачиваться усилием в канате. При падении бурильной колонны на нее действует сопротивление $F_c=F_{co}+k_v V^2$. где $F_{co}$ – трение, не зависящее от скорости, $k_v$ – коэффициент пропорциональности, V –скорость перемещения колонны. Исходные данные: C –жесткость каната, $m_{бк}$ – масса бурильной колонны, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки.

22. Определить оптимальное сечение каната по условию выбора по максимальному усилию. Максимальное усилие определить при аварийном срыве шахтной клети с захватов. Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки расторможен и может поворачиваться усилием в канате. При падении клети срабатывают тормозные устройства, обеспечивающие усилие торможения $F_т=F_{co}+k_v V_2$. где $F_{co}$ – усилие от трения, не зависящее от скорости, $k_v$ – коэффициент пропорциональности, V –скорость перемещения клети.

Исходные данные: C –жесткость каната, $m_к$ – масса клети, $D_б$ – диаметр барабана ле-

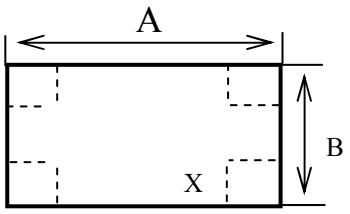
бедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки. \

23. Определить оптимальное положение правой опоры балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой ***q*** и сосредоточенными силами ***P1*** и ***P2***. Левая опора находится на конце балки.




24. Определить оптимальные размеры контейнера, изготовляемого из стального листа заданного размера A * B (с углов листа удаляются квадраты размером X, затем отгибаются боковые стороны контейнера и выполняются сварные швы).

Удаленные квадраты идут в отходы, стоимость сварного шва не учитывать.




## ЛИТЕРАТУРА

1. Шестаков В.С. Оптимизация технических объектов: учебное пособие; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016 – 238 с..

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ Д. Учаров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*по выполнению самостоятельной работы по дисциплине*

# Б1.О.27 ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Шестаков В. С., канд. техн. наук, профессор

| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
|---|---|
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....3

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....4

2. ОФОРМЛЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....4

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....4

ЛИТЕРАТУРА .....9

# ВВЕДЕНИЕ

При проектировании технических объектов решаются задачи поиска оптимальных решений. Выпускники университета должны уметь применять ЭВМ при провеженитти оптимизации.

**Цель самостоятельной работы: проверка** приобретенных студентами навыков оптимизации и поиска оптимальных значений параметров объектов и технологических процессов нефтегазовой отрасли.

Самостоятельная работа соответствуют следующим компетенциям Государственного стандарта:

***Общепрофессиональные:***

- владение достаточными для профессиональной деятельности навыками работы с персональным компьютером (ОПК-2);

***Профессиональные:***

*в проектно-конструкторской деятельности*:

- способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умение контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий (ПК-10);

***Профессиональные, устанавливаемые вузом:***

- способность осуществлять математическое моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования (СПК-2);
- умение проводить математическую обработку экспериментальных данных, умение применять теорию вероятностей и математическую статистику (СПК-3).

**Результат изучения дисциплины: «Оптимизация технических объектов»**

*Знать:*

- функциональные возможности компьютерных программ, используемых для профессиональной деятельности при оптимизации объектов;
- требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- методы математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- методы математической обработки экспериментальных данных, теорию вероятностей и математическую статистику для получения целевых функций;

*Уметь:*

- применять современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний при оптимизации объектов;
- реализовывать в проектах требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- применять методы математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- применять методы математической обработки экспериментальных данных, теории вероятности и математической статистики для получения уравнений регрессии для использования их в целевых функциях;

*Владеть:*

- навыками работы на персональном компьютере при оптимизации объектов;
- навыками реализации в проектах требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- навыками математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;

- приемами математической обработки экспериментальных данных, использования теории вероятности и математической статистики для получения уравнений регрессии для использования их в целевых функциях.

# 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

При выполнении самостоятельной работы необходимо изучить примеры, рассмотренные в лекциях, а также в пособии [1].

# 2. ОФОРМЛЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Отчет по самостоятельной работе должна включать следующие этапы:

1. Постановка задачи оптимизации.
2. Анализ задачи.
3. Выбор критерия оптимальности.
4. Выбор переменных проектирования и оптимизации.
5. Выбор ограничений.
6. Составление целевой функции.
7. Выбор метода оптимизации.
8. Составление алгоритма решения для ЭВМ.
9. Составление программы для ЭВМ и проведение оптимизации.

# 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Определить оптимальное сечение каната при аварийном срыве с захватов бурового става. Перед срывом имелась слабина каната $\Delta L$. Барабан лебедки заторможен. Исходные данные: C – жесткость каната, $m_c$ – масса бурового става, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки

2. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины снизу вверх. Ударник перемещается сжатым воздухом, давление которого не меняется в процессе движения и равно Ро, а усилие сопротивления определяется по выражению $Fc=K_v \cdot V^2$, где $K_v$ - коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния $L_1$, переключается подача сжатого воздуха в другую камеру, под действием которого происходит торможение ударника.

3. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины

сверху вниз. Поршень перемещается сжатым воздухом, давление которого не меняется в процессе движения и равно $P_o$, а усилие сопротивления определяется по выражению $F_c=C_v \cdot V^2$, где $C_v$ – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния $L_1$, перекрывается выхлопное окно и оставшаяся часть воздуха в нижней части камеры начинает тормозить ударник. Усилие торможения может быть определено по выражению $F_т=C_т * X$, где $C_т$ —коэффициент пропорциональности, X —ход ударника после перекрытия отверстия.

4. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в нижнюю часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. Усилие сопротивления в процессе движения определяется по выражению $Fc=C_v \cdot V^2$, где $C_v$ – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника.
   После прохождения расстояния $L_1$, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать), а после прохождения расстояния $L_2$, перекрывается выхлопное окно и в верхнюю часть цилиндра начинает поступать сжатый воздух под давлением Ро, под действием которого и происходит торможение ударника.

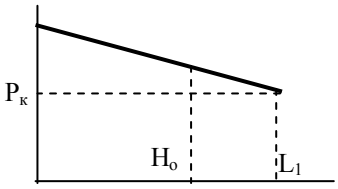
5. Определить оптимальное сечение каната при аварийном срыве с захватов бурового става. Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки заторможен. При движении бурового става усилие сопротивления $Fc=kV^2$, где v-скорость. Исходные данные: C – жесткость каната, $m_c$ – масса бурового става, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки, k - коэффициент для расчета усилия сопротивления

6. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины снизу вверх. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в верхнюю часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. Усилие сопротивления определяется по выражению $Fc=Kv \cdot V2$, где Kv – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния L1, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать), а после прохождения расстояния L2, перекрывается выхлопное окно и в нижнюю часть цилиндра начинает поступать сжатый воздух под давлением Ро, под действием которого и происходит торможение ударника.

7. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение горизонтальной скважины. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в левую часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. После прохождения расстояния $L_1$, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать), после прохождения расстояния $L_2$, перекрывается выхлопное окно и в правую часть цилиндра начинает поступать сжатый воздух под давлением Ро, под действием которого и происходит торможение поршня. Усилие сопротивления определяется по выражению $F_c=K_v \cdot V^2$, где $K_v$ – коэффициент, V-текущее значение

скорости ударника.

8. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара ударника по крышке при холостом ходе. Бурение вертикальной скважины. Ударник перемещается сжатым воздухом, давление которого равномерно меняется в процессе движения от $P_o$ до $P_к$ на расстоянии $L_1$. Усилие сопротивления, действующее на поршень определяется по выражению $Fc=C \cdot V$, где C —коэффициент пропорциональности, V —скорость перемещения ударника, м/с.




Определить время перемещения поршня на расстояние $H_o$.

Исходные данные:

$P_o$, $P_к$- давление сжатого воздуха вначале движения, и на расстоянии $L_1$, Па; M — масса поршня, кг; D —диаметр поршня, м

C —коэффициент пропорциональности

9. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой M, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Сопротивление при падении снаряда определяется по выражению $Fc=Kv \cdot V^2$, где Kv —коэффициент пропорциональности, V —скорость перемещения, м/с.

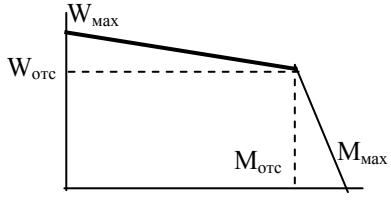
При внедрении снаряда на него начинает действовать усилие сопротивления грунта, изменяющееся по закону $Fc = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $H_{вн}$ —глубина погружения в породу,

10. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой M, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Сопротивление при падении снаряда меняется по закону $Fc=aV^2$, где a - коэффициент пропорциональности, V —текущее значение скорости в процессе падения снаряда. При внедрении снаряда в породу, на него начинает действовать усилие сопротивления, изменяющееся по закону $Fc = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $H_{вн}$ —глубина погружения в породу, м.

11. Определить оптимальное сечение каната при срыве с уступа ковша драглайна. Перед срывом имелась слабина каната $\Delta L$. Барабан лебедки заторможен. Исходные данные: C – общая жесткость каната стрелы драглайна, $m_c$ – масса ковша, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки

12. Для проведения оптимизации по производительности определить время цикла лебедки при подъеме груза на высоту $H_o$

и опускании крюка на глубину $H_o$.

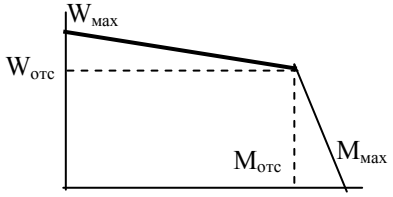



Исходные данные: M, $M_к$ —масса груза и крюка, кг;

$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
U —передаточное число редуктора, $T_п$ – время погрузки, с.
$R_б$ —радиус барабана, м; $M_{мах}$ —максимальный момент на валу двигателя привода, Нм; $M_{отс}$ —момент отсечки на валу двигателя привода, Нм;
$W_{мах}$ —максимальная скорость вала двигателя, рад/с; $W_{отс}$ –скорость “отсечки вала двигателя, рад/с;

При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент $M_{мах}$.

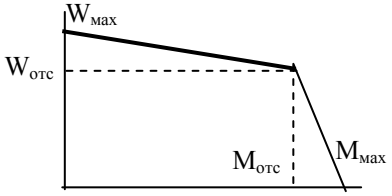
13. Для проведения оптимизации по производительности определить время опускания груза лебедкой на глубину Но.




Исходные данные: М —масса груза, кг;
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
U —передаточное число редуктора,
$R_б$ —радиус барабана, м; $M_{мах}$ —максимальный момент на валу двигателя привода, Нм;
$M_{отс}$ —момент отсечки на валу двигателя привода, Нм;
$W_{мах}$ —максимальная скорость вала двигателя, рад/с;
$W_{отс}$ —скорость “отсечки вала двигателя, рад/с;

При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент $M_{мах}$ .

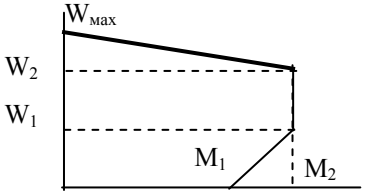
14. Определить время подъема груза лебедкой на высоту Но.




Исходные данные: М —масса груза, кг;
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
i —передаточное число редуктора, Rб —радиус барабана, м; Ммах —максимальный момент на валу двигателя привода, Нм; Мотс —момент отсечки на валу двигателя привода, Нм; Wмах —максимальная скорость вала двигателя, рад/с; Wотс —скорость “отсечки” вала двигателя, рад/с;

При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент Ммах .

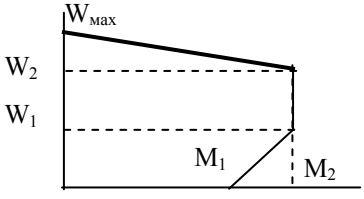
15. Определить время опускания груза лебедкой на глубину Lo.




Исходные данные: М —масса груза, кг;
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм$^2$;
U —передаточное число редуктора, $R_б$ —радиус барабана, м;
$M_1$,$M_2$ —моменты на валу двигателя привода при скорости, Нм;
$W_1$, $W_2$ – скорости участков статической характеристики.

При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент $M_2$

16. Определить время подъема груза лебедкой на высоту $H_o$.




Исходные данные: М —масса груза, кг; q-масса 1 м. каната.
$J_б$,$J_д$ —момент инерции барабана и двигателя,кгм^2;
U —передаточное число редуктора, $R_б$ —радиус барабана, м;
$M_1$,$M_2$ —моменты на валу двигателя привода
$W_1$, $W_2$,- скорости участков статической характеристики рад/с;
Учесть уменьшение длины каната при подъеме.

При торможении на барабан действует максимальный тормозной момент.

17. Определить оптимальный размер корпуса пневмоударника по условию исключения удара при холостом ходе ударника. Бурение горизонтальной скважины. Ударник перемещается сжатым воздухом, давление которого равномерно меняется по закону $P=P_o-к\cdot X$, где $P_o$ - давление в начале движения, к - коэффициент пропорциональности, X —перемещение поршня с начала движения. Усилие сопротивления определяется по выражению $Fc=9.81\cdot f\cdot M+a\cdot V$, где M - масса поршня, f - коэффициент трения,
a – коэффициент пропорциональности, V –скорость перемещения поршня. После прохождения расстояния $L_1$, перекрывается выхлопное окно, в камеру подается сжатый воздух под давлением $P_o$, под действием этого давления и усилия сопротивления и происходит торможение.

18. Определить глубину внедрения коронки в породу при рабочем ходе поршня ударника при бурении вниз и время перемещения ударника при рабочем ходе. Поршень перемещается сжатым воздухом, давление которого постоянно и равно Po. Усилие сопротивления от сил трения определяется по выражению $Fc=Fco+a\cdot V$, где Fco – сопротивление, не зависящее от скорости, a - коэффициент пропорциональности, V -скорость перемещения поршня.
После перемещения на расстояние L1, происходит удар по коронке. За счет сопротивления породы происходит торможение поршня. Усилие сопротивления породы определяется по выражению $Fп=Сг\cdot X$, где Сг- коэффициент сопротивления грунта, X - глубина погружения коронки

19. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой ***m***, падает под собственным весом с высоты $\boldsymbol{H_o}$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Вначале буровой снаряд движется в воздухе (на расстоянии $L_1$), а затем в шламе (смесь воды и буровой мелочи). Сопротивление при падении в шламе определяется по выражению $F_c=K_v\cdot V^2$, где $\boldsymbol{K_v}$ —коэффициент пропорциональности, $\boldsymbol{V}$ —скорость, м/с. При внедрении снаряда на него начинает действовать усилие сопротивления грунта, изменяющееся по закону $F_c = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $\boldsymbol{H_{вн}}$ —глубина погружения в породу, м.

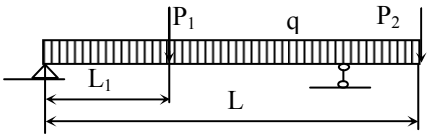
20. Определить глубину погружения бурового снаряда в породу, которая требуется для оптимизации по производительности бурового станка. Буровой снаряд, массой **m**, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Каната в начале движения не препятствует падению. Сопротивление при падении снаряда определяется по выражению $F_c=K_v\cdot V^2$, где $K_v$ —коэффициент пропорциональности, V —скорость, м/с. На расстоянии ΔL от забоя натягивается канат и дальнейшее внедрение происходит при сжатии пружин амортизатора, при этом усилие в канате определяется по формуле $F_c=C_к\cdot X$, где $C_к$- коэффициент, X – расстояние, проходимое буровым снарядом после натяжения каната. При внедрении снаряда на него начинает действовать усилие сопротивления грунта, изменяющееся по закону $F_c = C_г \cdot H_{вн}$, где $C_г$ —коэффициент пропорциональности, $H_{вн}$ —глубина погружения в породу, м.

21. Определить оптимальное сечение каната по условию выбора по максимальному усилию. Максимальное усилие определить при аварийном срыве буровой колонны с захватов. Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки расторможен и может поворачиваться усилием в канате. При падении бурильной колонны

на нее действует сопротивление $F_c=F_{co}+k_v V^2$. где $F_{co}$ – трение, не зависящее от скорости, $k_v$ – коэффициент пропорциональности, V –скорость перемещения колонны. Исходные данные: С –жесткость каната, $m_{бк}$ – масса бурильной колонны, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки.

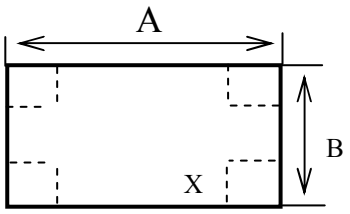
22. Определить оптимальное сечение каната по условию выбора по максимальному усилию. Максимальное усилие определить при аварийном срыве шахтной клети с захватов. Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки расторможен и может поворачиваться усилием в канате. При падении клети срабатывают тормозные устройства, обеспечивающие усилие торможения $F_т=F_{co}+k_v V_2$. где $F_{co}$ – усилие от трения, не зависящее от скорости, $k_v$ – коэффициент пропорциональности,
V –скорость перемещения клети.
Исходные данные: С –жесткость каната, $m_к$ – масса клети, $D_б$ – диаметр барабана лебедки, $J_б$ – момент инерции барабана лебедки, $J_д$ – момент инерции двигателя лебедки, U – передаточное отношение лебедки, $\eta_м$ – КПД лебедки. \

23. Определить оптимальное положение правой опоры балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой ***q*** и сосредоточенными силами ***$P_1$*** и ***$P_2$***. Левая опора находится на конце балки.




24. Определить оптимальные размеры контейнера, изготовляемого из стального листа заданного размера А * В (с углов листа удаляются квадраты размером Х, затем отгибаются боковые стороны контейнера и выполняются сварные швы).

Удаленные квадраты идут в отходы, стоимость сварного шва не учитывать.




## ЛИТЕРАТУРА

1. Шестаков В.С. Оптимизация технических объектов: учебное пособие; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016 – 238 с..

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А. Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к практическим занятиям по дисциплине*

# Б1.О.27 ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: очная, заочная

Год набора: **2022**

Автор: Шестаков В.С., канд. техн. наук, профессор

| | |
|---|---|
| Одобрены на заседании кафедры | Рассмотрены методической комиссией факультета |
| Горных машин и комплексов | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Лагунова Ю. А. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 02.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....3
2. Задания к практическим занятиям .....4
3. Порядок выполнения работы .....4
4. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ .....5
4.1. Практическое занятие № 1 .....5
Освоение набора кода программы и отладку .....5
4.2. Практическое занятие № 2. .....9
4.3. Практическое занятие № 3. .....15
*End Sub* .....1
Литература .....20

## ВВЕДЕНИЕ

**Трудоемкость дисциплины (модуля)**: 4 з.е. 144 часов, из которых при дневной форме обучения 32 часа отводится на практическое освоение.

**Цель практических занятий:** приобретение практических навыков применения компьютерных технологий для расчета параметров горных машин и оборудования и моделирования технологических процессов.

**Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:**

***Общепрофессиональные:***

- владение достаточными для профессиональной деятельности навыками работы с персональным компьютером (ОПК-2);

***Профессиональные:***

*в проектно-конструкторской деятельности*:

- способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умение контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий (ПК-10);

***Профессиональные, устанавливаемые вузом:***

- способность осуществлять математическое моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования (ПКД-2);
- умение проводить математическую обработку экспериментальных данных, умение применять теорию вероятностей и математическую статистику (ПКД-3).

**Результат изучения дисциплины: «Оптимизация технических объектов»**

*Знать:*

- функциональные возможности компьютерных программ, используемых для профессиональной деятельности при оптимизации объектов;
- требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- методы математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- методы математической обработки экспериментальных данных, теорию вероятностей и математическую статистику для получения целевых функций;

*Уметь:*

- применять современные образовательные и информационные технологии для приобретения новых знаний при оптимизации объектов;
- реализовывать в проектах требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- применять методы математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- применять методы математической обработки экспериментальных данных, теории вероятности и математической статистики для получения уравнений регрессии для использования их в целевых функциях;

*Владеть:*

- навыками работы на персональном компьютере при оптимизации объектов;
- навыками реализации в проектах требования к технологичности изделий и оптимальности процессов их изготовления;
- навыками математического моделирование технологических процессов и технологических машин и оборудования;
- приемами математической обработки экспериментальных данных, использования теории вероятности и математической статистики для получения уравнений регрессии для использования их в целевых функциях.

## 2. ЗАДАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Занятие 1-2. Изучение проведения расчетов на алгоритмическом языке Visual Basik на примерах простейших программ.

Занятие 3. Решение задачи «Определение продолжительности разгона поршня-ударника на расстоянии Lo и скорости в конце разгона

Занятие 4. Решение задачи «Определение продолжительности торможения поршня-ударника со скорости Vo

Занятие 5. Разработка имитационной модели рабочего процесса погружного пневмоударника.

Занятие 6-7. Разработка имитационной модели рабочего процесса подъема груза лебедкой на высоту Но .

Занятие 8. Разработка имитационной модели рабочего цикла лебедки при подъеме груза лебедкой на высоту Но и опускании порожнего крюка.

Занятие 9-10. Решение задачи определения максимального усилия в канате лебедки при выборе слабины.

Занятие 11. Решение задачи определения коэффициента загрузки привода лебедки за рабочий цикл.

Занятие 12. Составление программы для ЭВМ для метода одномерной оптимизации поиска оптимального значения аргумента для функции в виде квадратичного уравнения.

Занятие 13. Решение задачи определения оптимального положения опоры мачты бурового станки.

Занятие 14. Разработка программы для ЭВМ, включающей готовые модули, реализующих алгоритмы методов многомерной поисковой оптимизации, и поиска оптимальных значений аргументов функций.

Занятие 15-16. Решение задачи определения оптимального передаточного отношения лебедки

## 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Примеры выполнения заданий рассмотрены в [1, 2].

Задания выполняются в следующей последовательности:

Решение задач расчета длительности операций можно проводить в следующей последовательности:

1. формулировка задачи;
2. анализ задачи и составление расчетной схемы;
3. математическое описание в дифференциальной форме;
4. преобразование выражений в численную форму для решения на ЭВМ;
5. разработка вычислительного алгоритма;
6. разработка программы для ЭВМ;
7. набор программы на ЭВМ и ее отладка;
8. выполнение расчетов и анализ полученных результатов.

Содержание указанных этапов определяется конкретной задачей.

Отчетность по работе: пункты 1-5 оформляются в рукописном виде на бумаге, пункты 6-8 представляются при защите работы на компьютере.

# **4.** ПРИМЕРЫ **ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

## 4.1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

### ОСВОЕНИЕ НАБОРА КОДА ПРОГРАММЫ И ОТЛАДКУ

**Подготовка к занятию.**

1. Изучить лекцию 2.
2. Изучить пример 1. Расчет площади прямоугольника (приведен ниже)

**Вопросы для зачета по практической работе**

1. Порядок вычисления формул
2. Математические функции используемые в VBA
3. Из каких соображений определено количество подпрограмм в разработанной программе?
4. Поясните работу каждой программной единицы.
5. Как обеспечивается передача данных с листа ввода данных в программный модуль?
6. Как обеспечивается вывод результатов расчета на лист?
7. Пояснить назначение строк программы.
8. Как выполнить набор программы?
9. Как выполнить отладку программы?
10. Как организовать независимость расположения ячеек с исходными данными от кода программы?
11. Как расположить элементы управления на листе Excel

**Указания к выполнению**

Задание выполняется одно по примеру, вариант задания – порядковый номер студента в ведомости.

Цель: освоение приемов работы в среде Excel при решении инженерных задач с применением языка программирования Visual Basic

Порядок выполнения работы.

При первом наборе задачи в Microsof Excel проделать пункты настройки по приложению (приведено ниже)

1. Изучите выданную задачу.
2. Выполните математическое описание.
3. Разработайте алгоритм.
4. Разработайте программу для ЭВМ.
5. Выполните набор программы на ЭВМ и ее отладку.
6. Установите кнопку для запуска программы.
7. Выполните расчет.

**Задания к практическому занятию 1**

1. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета площади окружности. Расчет провести с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Для проведения расчета на листе расположить кнопку.
2. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета площади треугольника. Расчет провести с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Для проведения расчета на листе расположить кнопку.
3. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формулы $y=\frac{A+\sqrt[3]{B}}{C+D}$. Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.
4. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формулы $y=A*x^{2.5}$. Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использо-

ванием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

5. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формулы $y=\frac{A+B\times X}{C}$. Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z
6. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формулы $y=\frac{A+B\times X}{C+D}$. Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.
7. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формулы $y=\frac{A+B\times\sin X}{C+D}$. Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.
8. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=2^{-x}\sqrt{x+\sqrt[4]{|y|}},\ b=\sqrt[3]{e^{x-1/\sin z}},\ \text{при } x=3.981,\ y=-1{,}625,\ z=0.512$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

9. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=2^{\left(y^x\right)}+\left(3^x\right)^y,\ b=\frac{|x-y|\left(1+\frac{\sin^2 z}{x+y}\right)}{e^{|x-y|}+\frac{x}{2}},\ \text{при } x=3.251,\ y=0{,}325,\ z=0.466$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

10. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=\frac{\sqrt{|x-1|}-\sqrt[3]{|y|}}{1+\frac{x^2}{2}+\frac{y^2}{4}},\ b=x\left(\operatorname{arctg} z+e^{-(x+3)}\right),\ \text{при } x=-0.622,\ y=3{,}325,\ z=5{,}541$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

11. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=\sqrt[4]{y+\sqrt[3]{x}-1},\ b=|x-y|\left(\sin^2 z+\operatorname{tg} z\right),\ \text{при } x=17{,}421,\ y=10{,}365,\ z=0{,}828$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

12. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=\frac{y^{x+1}}{\sqrt[3]{|y-2|+3}}+\frac{x+y/2}{2|x+y|},\ b=(x+1)^{-1/\sin z},\ \text{при } x=1{,}625,\ y=-15{,}4,\ z=0{,}252$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

13. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=\frac{x^{y+1}+e^{y-1}}{1+x|y-\operatorname{tg} z|},\ b=1+|y-x|+\frac{|y-x|^2}{2}+\frac{|y-x|^3}{3},\ \text{при } x=0{,}244,\ y=0{,}869,\ z=-0{,}166$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z

14. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=\frac{2\cos(x-\pi/6)}{\frac{1}{2}+\sin^2 y},\ b=1+\frac{z^2}{3+z^2/5},\ \text{при } x=1.426,\ y=-1.220,\ z=3.5$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

15. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=\frac{\sqrt[3]{8+|x-y|^2+1}}{x^2+y^2+2},\ b=e^{|x-y|}\left(\operatorname{tg}^2 z+1\right)^x,\ \text{при } x=-4.500,\ y=0.750,\ z=0.845$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

16. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=|\cos x+\cos y|^{1+2\sin^2 y},\ b=1+z+\frac{z^2}{2}+\frac{z^3}{3}+\frac{z^4}{4},\ \text{при } x=0.400,\ y=-0.875,\ z=-0.475$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

17. На листе Excel сформировать таблицу для ввода исходных данных и вывода результата расчета формул

$$a=\ln\left(y^{-\sqrt{|x|}}\right)\left(x-\frac{y}{2}\right),\ b=\sin^2 \operatorname{arctg} z,\ \text{при } x=-15.246,\ y=4.642,\ z=20.001$$

Расчет провести средствами Excel и с помощью VBA с обязательным использованием подпрограмм и передачей данных через аргументы. Сравнить результаты. На лист Excel переписать условие задачи. Для проведения расчета на листе расположить кнопку. Установить защиту листа от изменения ячеек с обеспечением возможности изменения значений x,y,z.

## Пример задачи 1. Расчета площади прямоугольника

Последовательность действий будет следующей.

1. **На листе «Лист1»** располагаем вводные данные и готовим место для вывода результатов:

- увеличиваем ширину столбца А – навести курсор на линию между А и В, нажать левую кнопку мыши и потянуть;
- объединяем в первой строке ячейки А1 и В1 – выделить мышью эти ячейки и щелкнуть по кнопке

«Объединить и поместить в центре» на панели «Форматирование»;

– вводим обозначение параметров и размеры сторон в виде

| | A | B |
|---|---|---|
| 1 | Вычисление площади прямоугольника | |
| 2 | Ширина прямоугольника, м | 4 |
| 3 | Длина прямоугольника, м | 10 |
| 4 | Площадь, м$^2$ | |

2. **Вызываем на экран панель *Visual Basic*** (если она отсутствует):

– курсор мыши на любую из имеющихся панелей;

– щелчок правой кнопкой, щелчок по *Visual Basic* (на экран выведется панель рис. 1).

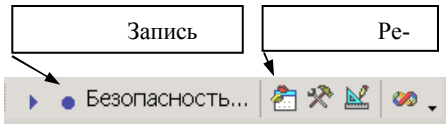



Рис. 1.

3. **Записываем заготовку для основной подпрограммы**:

– щелчок по кнопке «Запись макроса» на панели *Visual Basic*;

– вписываем название основной процедуры «Прямоугольник» в окно «Имя макроса», щелчок по «*ОК*» (рис. 2);

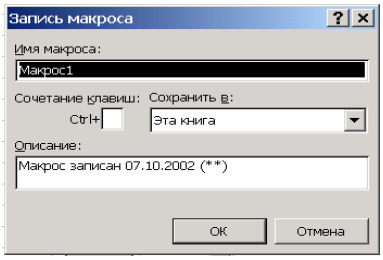
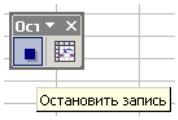



Рис. 2. Окно записи макроса




Р

– щелчок по кнопке «Остановить запись» на появившейся дополнительной панели (рис. 3) или на панели *Visual Basic*. (на ней кнопка «Запись» заменится кнопкой «Остановить запись»).

4. **Переходим в окно редактора *Visual Basic*:**

– щелчок по кнопке «Редактор» на панели *Visual Basic* –на экране должно появиться окно, показанное на рис. 4;

– если на экране отсутствует окно проекта, то его необходимо открыть *View→Project Explorer* (Вид→Окно проекта);

– щелчок по папке «Модули» (*Modules*);

– двойной щелчок по «Модуль1» (*Module*1).

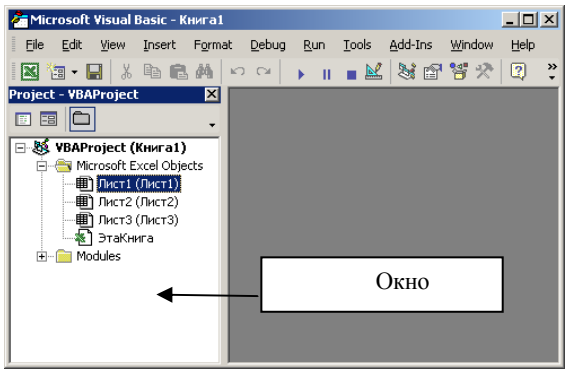



Рис. 4.

5. **Выполняем набор с клавиатуры кода программы** (в отдельные подпрограммы выделен ввод данных и расчет, процедура «Прямоугольник» использована как общая для вызова остальных процедур, передача данных выполнена через аргументы).

```
Option Explicit
Sub Прямоугольник()
   Dim A, B
    Call Ввод(A, B)
    Call Расчет(A, B)
End Sub
Sub Ввод (A, B)
  A = Worksheets("Лист1").Range("B2")
  B = Worksheets("Лист1").Range("B3")
End Sub
Sub Расчет(A, B)
  Dim S
  S = A * B
  Worksheets("Лист1").Range("B4") = S
End Sub
```

При наборе необходимо освоить копирование строк:

- текстовый курсор (вертикальная мигающая черточка) навести на начало копируемой строки клавишами с изображением стрелок или щелчком мыши;
- нажать Shift и не отпуская ее выделить нужный участок (если не всю строку то нажатиями на клавишу с стрелкой → на клавиатуре, если одну строку, то нажать клавишу End, если несколь-

ко строк, то клавишей со стрелкой ↓) – выделенный участок выделится темным цветом;

- отпустить Shift;
- нажать Cntr и не отпуская клавишу Insert;
- навести текстовый курсор на место, куда должна быть скопирован фрагмент;
- нажать Shift и не отпуская клавишу Insert.

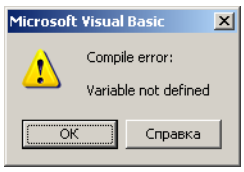



Рис. 5

**6. Выполняем отладку программы:**

– компиляция - *Debug→Compile VBAProject* (Отладка→Компиляция*)* – при обнаружении ошибок появится соответствующее сообщение,
  - при обнаружении не определенной переменной появится сообщение (рис.5), неизвестная переменная выделится синим цветом;
  - при отсутствии вызываемой процедуры сообщение по рис. 6;

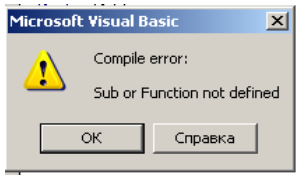



Рис. 6

– пошаговое выполнение – наводим курсор на основную программу (на строку *Sub Прямоугольник*), нажатиями кнопки *F*8 на клавиатуре прогоняем желтую полосу по всем строкам программы. После завершения отладки на листе *Excel* в ячейке "B4" должно появиться значение 40. При проверке процедуры «*Ввод*» после прохождения строки B=.., но еще до выхода из этой процедуры, т.е. полоса на *End Sub*, проверяем получаемые с листа *Excel* значения (наводим и задерживаем курсор на «A» - должно появиться желтое поле со значением A). При проверке процедуры «Расчет» аналогично проверяем, передаются ли значения переменных между подпрограммами.

**7. Устанавливаем кнопку управления для запуска программы:**

– переходим из редактора на лист *Excel* (можно щелкнуть по значку *Microsoft Excel* строки задач *Windows*);
– вызываем на экран панель «Формы» (курсор на любую панель инструментов, щелчок правой кнопки мыши, щелчок левой кнопкой по строке «Формы»);
– щелчок по изображению кнопки на панели «Формы»;
– щелчок по свободному месту листа;
– в окне «Назначить макрос объекту» щелчок по наименованию «Прямоугольник»;
– щелчок по кнопке «ОК»;
– щелчок по полю внутри кнопки, удаляем «Кнопка1» и набираем слово «Расчет»;
– щелчок по листу *Excel* вне кнопки – должны исчезнуть маркеры вокруг кнопки.

**8. Проверяем работу программы:**

– наводим курсор на ячейку «B2» и с клавиатуры вводим 6, нажимаем “*Enter*”;
– щелчок по установленной кнопке «Расчет» - в ячейке «B4» должно появиться 60.

**9. Сохраняем программу – обязательно выбрать тип «С поддержкой макросов»**

## 4.2. ПРАКТИЧЕСКОЕ **занятие № 2.**

## ОСВОЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ

**Подготовка к занятию.**

3. Изучить лекцию 2.
4. Изучить пример 2. Программа расчета синусоиды (приведен ниже)

**Вопросы для зачета по практической работе**

12. Порядок составления алгоритма
13. Приведите операторы для организации циклов
14. Приведите операторы ветвления
15. Из каких соображений определено количество подпрограмм в разработанной программе?
16. Поясните работу каждой программной единицы.
17. Как обеспечивается передача данных с листа ввода данных в программный модуль?

18. Как обеспечивается вывод результатов расчета на лист в табличной форме?
19. Пояснить назначение строк программы.
20. Как выполнить набор программы?
21. Как выполнить отладку программы?
22. Как организовать независимость расположения ячеек с исходными данными от кода программы?
23. Как расположить элементы управления на листе Excel

**Указания к выполнению**

Задание выполняется одно по примеру, вариант задания – порядковый номер студента в ведомости.

Цель: освоение приемов работы в среде Excel при решении инженерных задач с применением языка программирования Visual Basic

Порядок выполнения работы.

8. Изучите выданную задачу.
9. Выполните математическое описание.
10. Разработайте алгоритм.
11. Разработайте программу для ЭВМ.
12. Выполните набор программы на ЭВМ и ее отладку.
13. Установите кнопку для запуска программы.
14. Выполните расчет.

Задания к практическому занятию 2

**Задание 2.1**

Функция задается выражениями

$У=A+B\cdot x$, при $x<X_1$

$У=C+D\cdot x^2$, при $X_1<=x<X_2$

$У=E+F/x$, при $X_2<=x$

Составить алгоритм и программу для расчета функции, вывода на лист Excel таблицы результатов при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз, а также минимального и максимального значений функции и соответствующих значений аргументов. Мастером диаграмм построить график зависимости У=f(x)

**Задание 2.2**

Функция задается выражениями

$У=A+B\sin(x)$, при $x<X_1$

$У=C+D\cos(x)$, при $X_1<=x<X_2$

$У=E+F\cdot x$, при $X_2<=x$

Составить алгоритм и программу для расчета функции, вывода на лист Excel таблицы результатов при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз, а также минимального и максимального значений функции и соответствующих значений аргументов. Мастером диаграмм построить график зависимости У=f(x)

**Задание 2.3**

Функция задается выражениями

$У=A+B\cdot x-C\cdot X^3-D\cdot\cos(x)$

Составить алгоритм и программу для расчета функции, вывода на лист Excel таблицы результатов при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз, найти корень уравнения. Мастером диаграмм построить график зависимости У=f(x)

**Задание 2.4**

Функция задается выражениями

$У=A+B\cdot x-C\cdot x^2-D\cdot\sin(x)$

Составить алгоритм и программу для расчета функции, заполнения таблицы результатов при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз, поиска корня уравнения. Мастером диаграмм построить график зависимости У=f(x)

**Задание 2.5**

Функция задается выражениями

$У=A+B/x$, при $x<X_1$

$У=C+D\cdot x^2$, при $X_1<=x<X_2$

$У=E+F\cdot x$, при $X_2<=x$

Составить алгоритм и программу для расчета функции, заполнения таблицы при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз, поиска корня уравнения. Мастером диаграмм построить график зависимости У=f(x)

**Задание 2.6**

Функция задается выражениями

$У=A+B/x$, при $x<X_1$

$У=C+D\cdot x^2$, при $X_1<=x<X_2$

$У=E+F\cdot x$, при $X_2<=x$

Составить алгоритм и программу. Рассчитать значение функции при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ с шагом $\Delta x$. Вывести на лист Excel в таблицу результатов каждого 10 рассчитанного значения функции и соответствующего значения аргумента. Мастером диаграмм построить график зависимости У=f(x)

**Задание 2.7**

Функция задается выражениями

$У=A+B/x$, при $x<X_1$

$У=C+D\cdot x^2$, при $X_1<=x<X_2$

$У=E+F\cdot x$, при $X_2<=x$

Составить алгоритм и программу. Рассчитать значение функции при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ с шагом $\Delta x$ . Вывести на лист Excel в таблицу результатов по 10 строк рассчитанных значения функции и соответствующих значений аргументов (количество вычислений на каждом участке должно быть во много раз больше 10). Мастером диаграмм построить график зависимости У=f(x)

**Задание 2.8**

Функция задается выражениями

$У=A+B\cdot x$, при $x<X_1$

$У=C+D\cdot x^2$, при $X_1<=x<X_2$

$У=E+F/x$, при $X_2<=x$

Составить алгоритм и программу для расчета функции и построения графика отрезками из программы при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз

**Задание 2.9**

Функция задается выражениями

$У=A+B\ \sin(x)$, при $X<X_1$

$У=C+D\ \cos(x)$, при $X_1<=x<X_2$

$У=E+F\cdot x$, при $X_2<=x$

Составить алгоритм и программу для расчета функции и построения графика отрезками из программы при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз

**Задание 2.10**

Функция задается выражениями

$У=A+B\cdot x-C\cdot x^3-D\cdot\cos(x)$

Составить алгоритм и программу для расчета функции, построения графика отрезками из программы при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз, для графика вывести сетку и проградуировать ее.

.

**Задание 2.11**

Функция задается выражениями

$У=A+B\cdot x-C\cdot x^2-D\cdot\sin(x)$

Составить алгоритм и программу для расчета функции, построения графика отрезками из программы при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{мах}$ N раз, поиска корня уравнения

**Задание 2.12**

Функция задается выражениями

У=A+B/x, при X<X1

У=C+D·$x^2$, при $X_1$<=x<$X_2$

У=E+F·x, при $X_2$<=x

Составить алгоритм и программу для расчета функции, построения графика отрезками из программы при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{max}$ N раз, поиска корня уравнения.

.

**Задание 2.13**

Функция задается выражениями

У=Acos(x), при x<$X_1$

У=Csin(x), при $X_2$<=x

Составить алгоритм и программу для расчета функции, построения графика отрезками из программы при изменении аргумента от $X_{мин}$ до $X_{max}$ N раз

## ПРИМЕР 2. ПРОГРАММА ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ С ВЫВОДОМ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассмотрим также очень простую программу вычисления данных для построения синусоиды. При использовании *Excel* график может быть построен мастером диаграмм, но при этом потребуется таблица данных в виде двух столбцов – аргумента *x* и функции *y=sin*(*x*).

**Анализ задачи.** Для проведения вычислений на листе Excel должны располагаться исходные данные и на этот же лист в виде таблицы должны быть выведены результаты. При вычислении таблицы необходимо организовать изменение аргумента (угла) *N* раз от минимального значения $x_{min}$ до максимального значения $x_{max}$ и для каждого значения аргумента вычислить *y=sin*(*x*). В алгоритмических языках повторяющиеся вычисления принято заключать в цикл. При этом не требуется N раз набирать формулы, кроме того, при использовании циклов программа приобретает универсальность. Какое значение N введет пользователь, столько раз и повторится цикл.

**Форма ввода-вывода.**

Чистый лист Excel переименовываем: курсор мыши на ярлычок листа, щелчок правой кнопкой, переименовать, набрать с клавиатуры Синусоида.

По подобию примера оформляем лист и вводим исходные данные.

**Разработка алгоритма расчета.** Эта задача сложнее рассмотренной первой простейшей задачи, но и она опытным программистом может быть решена без предварительного составления алгоритма. Целью учебных занятий является обучение программированию и составлению алгоритмов, так как для решения более сложных задач обязательно потребуется умение составлять алгоритмы. Рассмотрим два варианта создания алгоритма: словесно-пошаговую (текстовую) и блок-схему.

1 вариант.

Ввести: N – количество вычислений, $x_{min}$ $x_{max}$ минимальное и максимальное значение аргумента, ввод в градусах.

Вычислить шаг изменения переменной: $dx=( x_{max} - x_{min})/N$

Организовать повторение выполнения строк вычислений функции и вывода результатов при изменении аргумента от минимального до максимального с шагом *dx* N раз. После каждого вычисления выводить в таблицу значения *x* и *y*.

2 вариант.

В этой задаче можно выделить подпрограммы ввода, расчета и вывода. Кроме того, для вызова этих подпрограмм должна быть еще одна подпрограмма. Таким образом, программа будет состоять их четырех подпрограмм. Передача данные между подпрограммами будет выполнена через аргументы.

Алгоритм будем составлять только для подпрограммы расчета, так подпрограммы ввода и вывода очень просты и не требуют составления алгоритма. На рисунке представлено два варианта алгоритма. На рис. 1, а цикл организован при изменении параметра цикла *i* N раз, но при такой организации цикла потребуется в подпрограмме использовать две дополнительных строки $x=x_{min}$ и $x = x + dx$. В варианте по рис. 1, б задание начального значения и изменения аргумента выполняется в операторе цикла, поэтому дополнительных строк не нужно. При вычислении синуса в скобках выполнено деление на 57.3 чтобы перевести градусы в радианы (функции sin, cos и др. на ал-

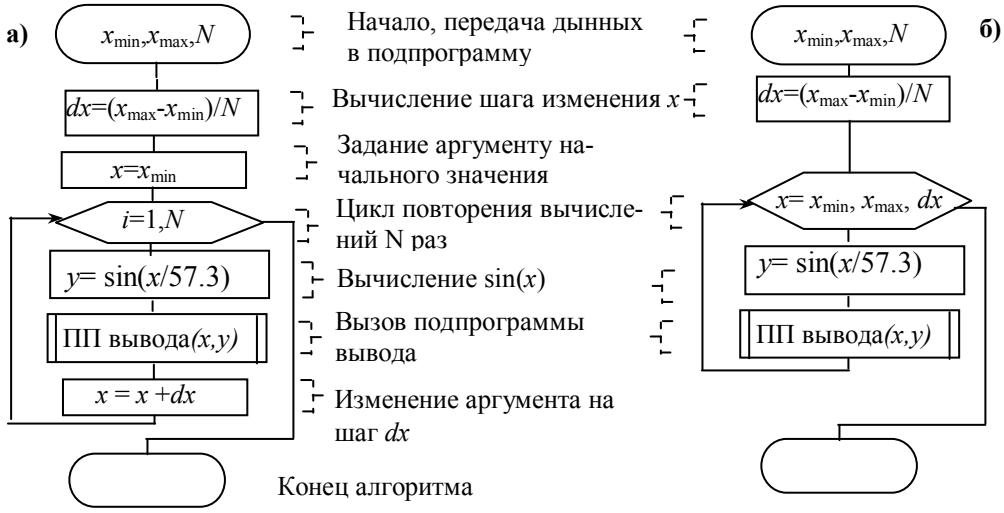



Рис. 1. Алгоритмы расчета с вычислением аргумента: а - отдельными операторами, б –

горитмических языках берутся от аргумента в радианах).

**Разработка программы.** Подпрограмму ввода оформляем аналогично предыдущему примеру. Подпрограмма расчета оформляется по составленному алгоритму по рис. 1, б.

.

Таблица 1. Соответствие блоков алгоритма строкам подпрограммы расчета

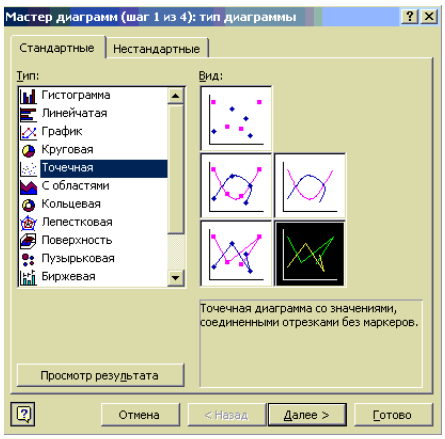
| Блок алгоритма | Строки программы |
|---|---|
| $x_{min}, x_{max}, N$ | Sub Расчет(Xmin, Xmax, N). |
| $dx=(x_{max}-x_{min})/N$ | dx = (Xmax - Xmin) / N. |
| $x= x_{min}, x_{max}, dx$ | For x = Xmin To Xmax Step dx<br>Next x |
| $y= \sin(x/57.3)$ | y = Sin(x / 57.3) |
| ПП вывода(x,y) | Call Вывод(x, y, i) |
| | End Sub |

Таблица 2. Назначение дополнительных строк и переменных подпрограммы расчета

| | |
|---|---|
| i | Переменная для указания текущей строки таблицы при выводе данных |
| Dim dx, x, y, i | Описание переменных, тех, которые не передаются через аргументы заголовка подпрограммы |
| i=8 | Указание номера первой строки листа Excel, в которую будут выводиться результаты расчета. На листе примера первые 7 строк занято под исходные данные и заголовок, пустая для вывода 8 стр. |

Подпрограмм вывода. Для вывода в таблицу должен быть использован адрес с использованием указания ячейки с помощью Cells. В скобках указывается на первом месте номер строки, а на втором номер столбца числом, а не именем столбца, т.е. вместо А используется цифра 1, вместо В – цифра 2 и т.д. Чтобы обеспечить заполнение таблицы результатов необходимо обеспечить изменение номера строки листа Excel для вывода очередной строки данных результатов. Поэтому для номера строки в адресе Cells должна быть использована вычисляемая переменная. Изменение строки на единицу выполняется строчкой i=i+1. В подпрограмме расчета использованы для хранения результатов переменные, а не массивы, поэтому вывод результатов должен быть осуществлен в процессе выполнения цикла расчета. Исходя из этого, строка вызова подпрограммы вывода включена в цикл после расчета функции. Задание начальной строки вывода i=8 выполнено в подпрограмме расчета до цикла, внутрь цикла или в подпрограмму вывода эту строку вводить

нельзя, так как после перевода строки оператором i=i+1 строкой i=8 , при расположение ее в цикле или в подпрограмме вывода будет происходить возврат вывода снова в 8-ю строку.




Программа расчета данных для построения синусоиды:

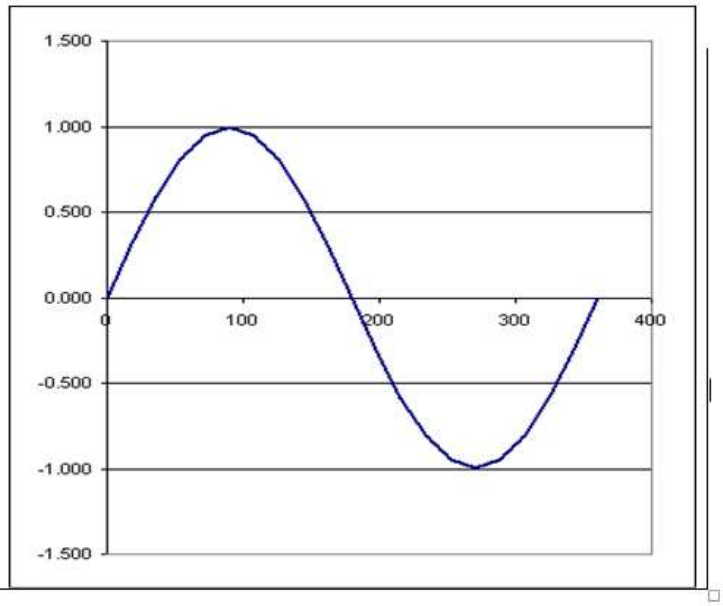
```
Option Explicit
Sub Синусоида()
  Dim Xmin, Xmax, N
  Call Ввод(Xmin, Xmax, N)
  Call Расчет(Xmin, Xmax, N)
End Sub

Sub Ввод(Xmin, Xmax, N)
  Xmin = Worksheets("Синусоида").Range("G3")
  Xmax = Worksheets("Синусоида").Range("G4")
  N = Worksheets("Синусоида").Range("G5")
End Sub

Sub Расчет(Xmin, Xmax, N)
Dim dx, x, y, i
i = 8                          'Первая строка таблицы данных
dx = (Xmax - Xmin) / N         'Шаг изменения аргумента
For x = Xmin To Xmax Step dx   'Начало цикла
  y = Sin(x / 57.3)            'Вычисление функции
```

**Вид листа Excel для ввода исходных данных и вывода результатов**

| | A | B | C | D | E | F | G | H | J |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | **Построение графика y=sin(x)** | | | | Расчет | |
| 2 | | | | Исходные данные | | | | | |
| 3 | Начальное значение угла, град | | | | | | 0 | | |
| 4 | Конечное значение угла, град | | | | | | 360 | | |
| 5 | Количество вычислений | | | | | | 20 | | |
| 6 | | | | Результаты расчета | | | | | |
| 7 | x, град | y=sin(x) | | | | | | | |
| 8 | 0 | 0.000 | | | | | | | |
| 9 | 18 | 0.309 | | | | | | | |
| 10 | 36 | 0.588 | | | | | | | |
| 11 | 54 | 0.809 | | | | | | | |
| 12 | 72 | 0.951 | | | | | | | |
| 13 | 90 | 1.000 | | | | | | | |
| 14 | 108 | 0.951 | | | | | | | |
| 15 | 126 | 0.809 | | | | | | | |
| 16 | 144 | 0.588 | | | | | | | |
| 17 | 162 | 0.309 | | | | | | | |
| 18 | 180 | 0.000 | | | | | | | |
| 19 | 198 | -0.309 | | | | | | | |
| 20 | 216 | -0.588 | | | | | | | |
| 21 | 234 | -0.809 | | | | | | | |
| 22 | 252 | -0.951 | | | | | | | |
| 23 | 270 | -1.000 | | | | | | | |
| 24 | 288 | -0.951 | | | | | | | |
| 25 | 306 | -0.809 | | | | | | | |
| 26 | 324 | -0.588 | | | | | | | |
| 27 | 342 | -0.309 | | | | | | | |
| 28 | 360 | 0.000 | | | | | | | |




ему при-

зыведена

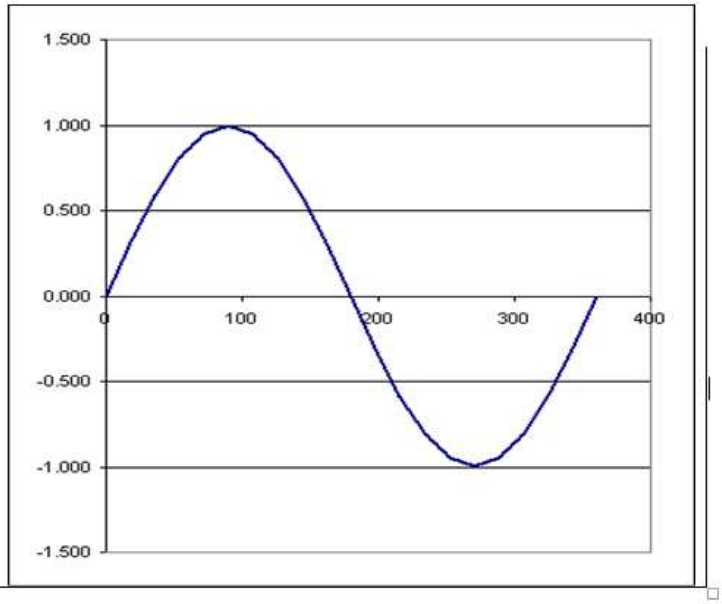
графика,
выдели-

ных для
перемес-

ками без

**Вид листа Excel для ввода исходных данных и вывода результатов**

| | A | B | C | D | E | F | G | H | J |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Построение графика y=sin(x)** | | | | | | Расчет | | |
| 2 | Исходные данные | | | | | | | | |
| 3 | Начальное значение угла, град | | | | | | 0 | | |
| 4 | Конечное значение угла, град | | | | | | 360 | | |
| 5 | Количество вычислений | | | | | | 20 | | |
| 6 | Результаты расчета | | | | | | | | |
| 7 | x, град | y=sin(x) | | | | | | | |
| 8 | 0 | 0.000 | | | | | | | |
| 9 | 18 | 0.309 | | | | | | | |
| 10 | 36 | 0.588 | | | | | | | |
| 11 | 54 | 0.809 | | | | | | | |
| 12 | 72 | 0.951 | | | | | | | |
| 13 | 90 | 1.000 | | | | | | | |
| 14 | 108 | 0.951 | | | | | | | |
| 15 | 126 | 0.809 | | | | | | | |
| 16 | 144 | 0.588 | | | | | | | |
| 17 | 162 | 0.309 | | | | | | | |
| 18 | 180 | 0.000 | | | | | | | |
| 19 | 198 | -0.309 | | | | | | | |
| 20 | 216 | -0.588 | | | | | | | |
| 21 | 234 | -0.809 | | | | | | | |
| 22 | 252 | -0.951 | | | | | | | |
| 23 | 270 | -1.000 | | | | | | | |
| 24 | 288 | -0.951 | | | | | | | |
| 25 | 306 | -0.809 | | | | | | | |
| 26 | 324 | -0.588 | | | | | | | |
| 27 | 342 | -0.309 | | | | | | | |
| 28 | 360 | 0.000 | | | | | | | |




4.3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ РАСЧЕТА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА**

Задания

3.1. Определить скорость в начале внедрения бурового снаряда в породу . Буровой снаряд, массой ***m***, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Сопротивление при падении снаряда определяется по выражению $F_c=K_v \cdot V^2$, где $K_v$ — коэффициент пропорциональности, V —скорость перемещения, м/с

3.2. Определить скорость в начале внедрения бурового снаряда в породу . Буровой снаряд, массой ***m***, падает под собственным весом с высоты $H_o$ и в конце хода наносит удар по забою скважины. Сопротивление при падении снаряда до глубины $H_1$ определяется по выражению $F_c=K_v \cdot V^2$, где $K_v$ —коэффициент пропорциональности, V —скорость перемещения, м/с, а ниже глубины $H_1$ добавляется усилие сопротивления шлама (взвесь буровой мелочи в воде) по выражению $F_{сш}=к_1+к_2 \cdot x$, где $x$ – расстояние от поверхности шлама, $к_1$,$к_2$ – известные коэффициенты

3.3. Определить скорость ударника при движении его в нижнее положение на расстояние L2 и время перемещения. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в верхнюю часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. Усилие сопротивления определяется по выражению $Fc=Kv \cdot V^2$, где Kv – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния L1, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать)

3.4. Определить скорость ударника при движении его в верхнее положение на расстояние L2 и время перемещения. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в верхнюю часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно Ро. Усилие сопротивления определяется по выражению $Fc=Kv \cdot V^2$, где Kv – коэффициент, V-текущее значение скорости ударника. После прохождения расстояния L1, цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать)

3.5. Определить скорость и время перемещения ударника при горизонтальном движении на расстоянии $L_2$. Ударник перемещается сжатым воздухом, подаваемым в левую часть цилиндра. Давление воздуха не меняется в процессе движения и равно $P_o$. После прохождения расстояния $L_1$,

цилиндр отключается от магистрали (сжатый воздух перестает действовать).

3.6. Определить скорость при аварийном срыве с захватов бурового става в конце выбора слабины . Перед срывом имелась слабина каната ΔL. Барабан лебедки расторможен. При падении на буровой став действует усилие сопротивления, изменяющегося по выражении. $F_c=k_1+k_2v^2$ ($k_1$,$k_2$ – известные коэффициенты, v – текущее значение скорости).

Указания к выполнению

Задание выполняется одно по примеру, вариант задания – порядковый номер студента в ведомости.

Цель работы: освоение приемов работы в среде Excel при решении инженерных задач с применением языка программирования Visual Basic

Порядок выполнения работы.

15. Изучите формулировку выданной для выполнения задачи.
16. Выполните анализ задачи и составьте расчетную схему.
17. Выполните математическое описание в дифференциальной форме.
18. Выполните преобразование выражений в численную форму для решения на ЭВМ.
19. Разработайте вычислительный алгоритм.
20. Разработайте программу для ЭВМ.
21. Выполните набор программы на ЭВМ и ее отладку.
22. Выполните расчет и анализ полученных результатов.

**Пример выполнения занятия**

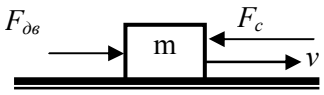



Рис. 1. Расчетная схема

Формулировка задачи. Определить время перемещения на расстояние $\mathbf{L_o}$ поршня-ударника массой **m** под действием постоянного движущего усилия $\mathbf{F_{дв}}$ и усилия сопротивления $\mathbf{F_c}$. Ударник перемещается горизонтально.

Анализ задачи. В процессе решения задачи необходимо определять:

- текущее значение пути перемещения, чтобы его использовать в алгоритме для сравнения с заданным расстоянием;
- текущее значение скорости, для использования при расчете пути перемещения;
- время перемещения.

Расчетная схема механической системы показана на рис. 1. Практически все механизмы горных машин имеют одну степень свободы – обеспечивают или вращение рабочего органа вокруг его оси, или перемещение рабочего органа вдоль определенной линии. Поэтому для расчета текущего значения скорости перемещения может быть использовано соответствующее уравнение движения.

Математическое описание.

Для механизмов поступательного движения с неизменной массой уравнение движения $\mathbf{F_{дв} - F_c = m \cdot dv/dt,}$ ( 1)

где $F_{дв}$, $F_c$ –движущее усилие и усилие сопротивления, действующие на ударник, m – масса, $dv/dt$ – ускорение движения, $v$- скорость.

Движущее усилие определится по давлению сжатого воздуха и площади $\boldsymbol{F_{дв}=P \cdot S}$

Из выражения (1) может быть определена скорость. Для расчета пути перемещения $\boldsymbol{X}$ можно применить выражение, реализующее определение скорости (скорость - это первая производная пути по времени) $\boldsymbol{v = dX/dt.}$ (2)

Преобразование в численную форму.

Выражения (1)-(2) не могут быть использованы в программе непосредственно в дифференциальном виде. Они должны быть переведены в численную форму. Для преобразования применяют численные методы, наиболее простым из которых является метод Эйлера.

Суть метода Эйлера заключается в замене: $\boldsymbol{dv/dt \rightarrow (v_{i+1} - v_i)/\Delta t;}$ $\boldsymbol{dx/dt \rightarrow (x_{i+1} - x_i)/\Delta t,}$

где $\boldsymbol{v_{i+1}, v_i}$ – последующее и предыдущее значение скорости, определенные через шаг интегрирования $\boldsymbol{\Delta t}$;

$\boldsymbol{x_{i+1}, x_i}$ – последующее и предыдущее значение пути перемещения ударника, определенные через шаг интегрирования $\boldsymbol{\Delta t}$.

При такой замене выражение (1) примет вид: $\mathbf{F_{дв} - F_c = m \cdot (v_{i+1} - v_i)/\Delta t.}$

В этом выражении неизвестными являются $\boldsymbol{v_{i+1}}$ , $\boldsymbol{v_i}$. Для решения подобных выражений необходимо применять начальные условия. В начале движения скорость равна нулю $\boldsymbol{v_i=0}$ , и в выражении остается только одна неизвестная. Таким образом, последующее значение скорости можно вычислить через предыдущее $\boldsymbol{v_{i+1} = v_i + (F_{дв} – F_c) \cdot \Delta t / m;}$ ( 1')

Для расчета перемещения, после соответствующей подстановки, получим $\boldsymbol{x_{i+1} = x_i + v_{i+1} \cdot \Delta t.}$ ( 2')

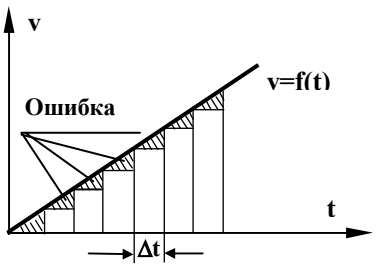


Рис. 2. Иллюстрация метода Эйлера

Время перемещения определяется суммированием $\Delta t$ до тех пор, пока условие выполняется $T_{i+1} = T_i + \Delta t$. (3)

При решении на ЭВМ индексы в выражениях можно опустить и при этом не произойдет искажения смысла – определение последующего значения переменной по предыдущему значению. Графически метод Эйлера хорошо иллюстрируется на примере определения пути перемещения через график скорости (рис. 2). Из курса физики и теоретической механики известно, что путь это интеграл от скорости, а при графическом представлении – это площадь под линией интегрируемой функции. По выражению (2') выполняется суммирование прямоугольников, а заштрихованные треугольники показывают ошибку использования метода Эйлера для интегрирования. Рис. 2 показывает, что ошибка зависит от шага интегрирования Δt, при уменьшении шага ошибка уменьшается. Для повышения точности расчетов желательно уменьшить шаг интегрирования, но при этом одновременно увеличится число вычислений, а значит и время вычислений, поэтому необходимо использовать «разумную точность». Зададим шаг 0.1 с, выполним расчет времени цикла, затем шаг уменьшим в 10 раз, повторно выполним расчет времени и сравним с предыдущим расчетом. Если относительная разница между ними будет существенной (больше одного процента), то шаг уменьшим еще, а если нет, то оставим последнее значение шага.

После исключения индексов выражения примут вид:

$$v = v + (F_{дв} - F_c) \cdot \Delta t / m; \quad (1'')$$

$$x = x + v \cdot \Delta t; \quad (2'')$$

$$T = T + \Delta t. \quad (3'')$$

Разработка вычислительного алгоритма.

Из рис. 2 следует, что определить путь перемещения при известном графике скорости за одно вычисление невозможно, потребуется обязательно выполнить вычисления ***v, x, T*** несколько раз. Для реализации повторяющихся вычислений в программе применим цикл. Блок-схема такого алгоритма быть изображена на рис. 3.

Алгоритм составлен в следующей последовательности.

1). В качестве условия выхода из цикла принимаем $X<L_o$ и заносим его в элемент сравнения ***4*** в нижней части листа, на котором изображается алгоритм.

2). Введенное неравенство анализируем. Переменные, входящие в правые части вычисляемого выражения или в обе части логического должны быть обязательно определены. $L_o$ является заданным значением расстояния, следовательно, эту переменную указываем в блоке ввода данных ***1***

3). Выше блока сравнения ***4,*** для определения переменной ***X,*** присутствующей в логическом выражении, в алгоритм вводится выражение для вычисления пути $x = x + v \cdot \Delta t$. В правой части этого выражения должны быть определены переменные ***x, v, Δt.*** Шаг интегрирования $\Delta t$ вводится в блоке ввода данных ***1***. Для определения ***x*** используем начальное состояние ударника – в начале движения путь равен нулю, поэтому выражение $x = 0$ вводим в блок начальных условий ***2.***

4). Выше выражения расчета пути вводится выражение для расчета скорости ***v,*** необходимой для вычисления ***x,*** $v = v + (F_{дв} - F_c) \cdot \Delta t / m$.

Для определения переменных правой части этого выражения добавляем в блок ввода данных ***1:*** $F_{дв}$, $F_c$, ***m,*** и $v = 0$ - в блок начальных условий ***2*** .

5). При формальном подходе для расчета параметра больше не требуется ни одного выражения и можно завершать цикл расчетов. Выражение для расчета времени $T = T + \Delta t$ потребуется, когда будет решаться вопрос вывода результатов расчетов – значения Т. Его можно ввести как выше выражения расчета скорости, так и ниже выражения расчета пути, но это выражение должно обязательно попасть в цикл. После ввода выражения для расчета времени в блок начальных значений добавляют условие $T=0$.

Разработка программы на ЭВМ.

На примере этой задачи освоим приемы программирования:

1. Реализацию составленного алгоритма программным кодом
2. Вывод данных в таблицу для последующего построения графика
3. Управление количеством выводимых в таблицу данных

При составлении сложного программного обеспечения применяют подход поэтапного составления программы и ее отладки. В данной задаче можно вначале решить задачу без вывода промежуточных данных (реализация составленного алгоритма), затем обеспечить вывод в таблицу всех данных, а затем освоить вывод с управлением количества выводимых строк.

Первый вариант программы – решение задачи без вывода промежуточных данных

На листе Excel формируем форму ввода-вывода. Для данной задачи она может иметь вид

| | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Расчет времени перемещения элемента на заданное расстояние** | | | | | |
| 2 | Исходные данные | | | | | |
| 3 | 1. Расстояние перемещения, м | | | | | 1 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 2. Масса поршня, кг | | | | | 20 |
| 5 | 3. Движущее усилие, Н | | | | | 100 |
| 6 | 4. Усилие сопротивления, Н | | | | | 10 |
| 7 | 5. Шаг интегрирования | | | | | 0.001 |
| 8 | Результаты расчеты | | | | | |
| 9 | 1. Время перемещения, с | | | | | |
| 10 | 2. Скорость в конце хода, м/с | | | | | |
| 11 | Время,с | Скорость, м/с | Путь,м | | | |
| 12 | | | | | | |

Программа составляется по разработанному алгоритму. Для упрощения отладки программу разбивают на отдельные подпрограммы по условию: каждая функция выполняется отдельной подпрограммой. В этой задаче можно выделить подпрограммы ввода и расчета. Наименования переменных желательно применять такие же, что и используются в математической модели. Для пояснений в программу введены комментарии. Передача данных между подпрограммами здесь выполнена через аргументы.

В нижней части алгоритма, представленного на рис. 3 выполняется проверка ***x<Lo.*** Если это условие выполняется, то должен быть выполнен возврат к расчету скорости ***v.*** В программе для осуществления возврата после какого-либо сравнения из нижней части алгоритма к верхней применим оператор цикла.

Первый вариант программы без вывода промежуточных данных представлен на рис. 4. После отладки и выполнения программы получим «Время перемещения =0,667», «Скорость в конце хода =3.0015».

Второй вариант программы - вывод промежуточных данных (дополним процедуру Расчет)

Вывод данных в таблицу выполняется с использованием указателя ячейки .Cells(номер строки, номер столбца). В этой задаче вывод времени осуществляется в столбец 1 (столбец А), скорости во 2, а пути в 3-й. Строки должны меняться, вначале вывод в 12, затем в 13 и т.д. Для указания строки введем переменную i (допишем ее в строке Dim V, X, T, i). Перед циклом присвоим ей начальное значение i = 12. Внутри цикла вставим строки для вывода. Чтобы график начинался с нулевой точки строки вывода вставим выше строк расчета. После вывода строк изменим строку i = i + 1, чтобы следующий вывод был на другую строку. Вид процедуры показан на рис. 5 . Изменим исходные данные «Шаг интегрирования=0.1» и выполним расчет. В результате будет получено 7 строк в таблице. Изменим «Шаг интегрирования=0.01» и снова выполним расчет. В результате будет получено 66 строк в таблице. Таким образом, при решении задачи с малым шагом будут выводиться таблицы с большим количеством строк.

Построим график средствами Excel. Выделим три столбика с данными, щелкнем по кнопке «Мастер диаграмм», выберем «Точечная» и вид с соединением точек, щелкнем по «Готово».

Снова увеличим шаг до 0,1 и проведем перерасчет. В таблице останется 66 строк с данными, а график будет неверным. Это объясняется тем, что в таблице остались данные от предыдущего расчета. При выводе в таблицы вначале необходимо таблицу подготовить – очистить ячейки от предыдущих значений. Для этого можно составить макрос и вызвать его в программе:

- выполнить щелчок по кнопке «Запись макроса» на панели инструментов *Visual Basic*;
- ввести наименование макроса, например «Очистка»;
- курсор мыши навести на ячейку «А12» и при нажатой левой кнопке выделить диапазон до ячейки «С100»;
- нажать клавишу «*Delete*»;
- выполнить щелчок мышью по ячейке «А12»;
- выполнить щелчок по кнопке «Остановить запись макроса»;
- перейти в программу и в основной процедуре ввести строку Call Очистка.

Третий вариант программы - вывод промежуточных данных через заданное число строк

Освоим вывод, например каждого 10-го вычисления. Идея, которая должна быть реализована: вывести результаты, затем выполнить расчет 9 раз без вывода результатов, и снова повторить эти этапы. Следовательно, вывод должен быть управляемым. Для управления используется оператор проверки If и он должен быть расположен перед выводом. Если мы рассматривает вывод каждого 10-го значения, то в условие организуем проверку достижения этого значения. Теперь решаем вопрос, а что сравнивать с этим числом. Анализ процедуры по рис. 5 покажет, что без дополнительной переменной не обойтись. Введем новую переменную j. Тогда строка проверки примет вид If j >= 10 Then. End If вставим после всех строк управления выводом. Решим вопрос по ее изменению. Чтобы вывести строку при нулевых значениях T,V,X первым значением j должно быть число не меньшее 10, поэтому до цикла введем строку j=10. Если при таких изменениях запустить программу, то увидим, что ничего не изменилось, вывод будет всех строк. Это происходит потому, что j все время остается равным 10. Для того, чтобы прекратить вывод следующих за первой строк обнулим после вывода j=0. Но если после этого запустить программу, то в результате буде получена всего одна строка таблицы. Значит, после обнуления необходимо включить оператор определения количества вычислений, чтобы после 9 вывести строку j=j+1. На рис. 6 показана процедура этого варианта с процедурой «Очистка»

Четвертый вариант программы - вывод заданного числа промежуточных данных (любое количество расчетных данных должно выводиться в заданную заранее таблицу). Примем, что результаты должны поместиться в 20 строк. Чтобы правильно научиться составлять программы проще всего применять численные значения. Определим, через сколько вычислений надо выводить результаты, если количество вычислений 2000, а надо получить 20 строк. Очевидно через 100. Если вычислений 400, то выводить нужно через 20. Эти рассуждения позволяют сделать вывод, что вместо числа 10 (в процедуре на рис. 6) необходимо ввести вычисляемую переменную, например, dN и вычислять ее как dN=N/20 (N – число вычислений). Значит, до вывода необходимо знать количество вычислений, а оно до тех пор, пока не просчитаем неизвестно. Как решить эту проблему? Ответ будет такой: вначале выполняем расчет без вывода промежуточных данных, определяем число вычислений, а затем после определения dN повторяем расчет с выводом данных. Эта идея реализуется организацией цикла выполнения расчетов два раза. Пример программы на рис. 7. В примере на рис. 7 строки, которые обеспечивают вывод данных в таблицу вынесены в отдельную процедуру. Это сделано для того, чтобы операторы вывода не затрудняли восприятие процедуры расчета. Для случая, когда нужно выводить не 20, а иное число строк, заменяется число в операторе dN=N/20

| | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Расчет времени перемещения элемента на заданное расстояние** | | | | | |
| 2 | Исходные данные | | | | | |
| 3 | 1. Расстояние перемещения, м | | | | | 1 |
| 4 | 2. Масса поршня, | | | | | 20 |
| 5 | 3. Движущее усилие, Н | | | | | 100 |
| 6 | 4. Усилие сопротивления, Н | | | | | 10 |
| 7 | 5. Шаг интегрирования | | | | | 0.001 |
| 8 | Результаты расчеты | | | | | |
| 9 | 1. Время перемещения, с | | | | | 0.667 |
| 10 | 2. Скорость в конце хода, м/с | | | | | 3.0015 |
| 11 | Время,с | Скорость, м/с | Путь,м | | | |
| 12 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 13 | 0.034 | 0.15 | 0.003 | | | |
| 14 | 0.068 | 0.31 | 0.011 | | | |
| 15 | 0.102 | 0.46 | 0.024 | | | |
| 16 | 0.136 | 0.61 | 0.042 | | | |
| 17 | 0.170 | 0.76 | 0.065 | | | |
| 18 | 0.204 | 0.92 | 0.094 | | | |
| 19 | 0.238 | 1.07 | 0.128 | | | |
| 20 | 0.272 | 1.22 | 0.167 | | | |
| 21 | 0.306 | 1.38 | 0.211 | | | |
| 22 | 0.340 | 1.53 | 0.261 | | | |
| 23 | 0.374 | 1.68 | 0.316 | | | |
| 24 | 0.408 | 1.84 | 0.375 | | | |
| 25 | 0.442 | 1.99 | 0.441 | | | |
| 26 | 0.476 | 2.14 | 0.511 | | | |
| 27 | 0.510 | 2.29 | 0.586 | | | |
| 28 | 0.544 | 2.45 | 0.667 | | | |
| 29 | 0.578 | 2.60 | 0.753 | | | |
| 30 | 0.612 | 2.75 | 0.844 | | | |
| 31 | 0.646 | 2.91 | 0.940 | | | |

Расчет

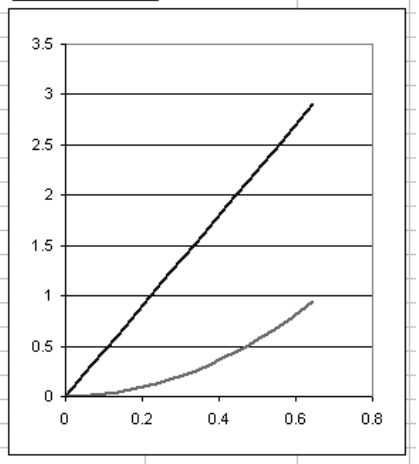



Рис. 8. Вид листа Excel

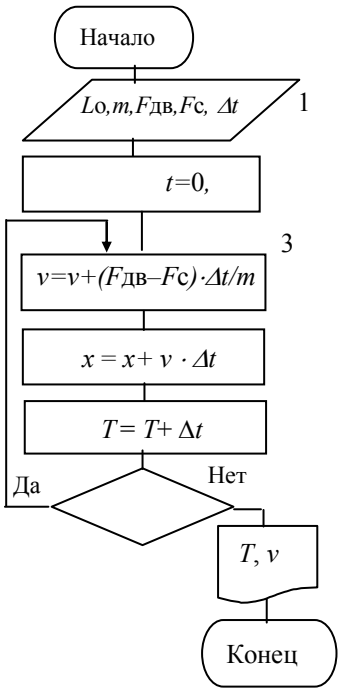



Рис. 3. Блок-схема алгоритма расчета времени перемещения

```
Option Explicit
Sub Разгон_до_макс_скорости()
   Dim Fdv, Fc, m, Lo, dT, I
   Call Ввод (Lo,m,Fdv,Fc,dt)
  Call Расчет(Lo,M,Fdv,Fc,dt)
End Sub
Sub Ввод(Lo,m,Fdv,Fc,dt)
  Lo=Worksheets("Лаб1").Range("F3")
  m =Worksheets("Лаб1").Range("F4")
  Fdv = Worksheets("Лаб1").Range("F5")
   Fc=Worksheets("Лаб1").Range("F6")
   dT = Worksheets("Лаб1").Range("F7")
End Sub
.Sub Расчет(Lo,M,Fdv,Fc,dt)
Dim V,  X, T
T = 0 :  V = 0  :  X = 0
 While   x < Lo
      V = V + (Fdv - Fc) * dT / M
      X = X + V * dT
       T = T + dT
 Wend
 Worksheets("Лаб1").Range("F9") = T
 Worksheets("Лаб1").Range("F10") = V
End Sub
```

Рис. 4. Вариант без вывода данных в табл.

```
Sub Расчет (Lo, M, Fdv, Fc, dt)
Dim V, X, T, i
T = 0:   V = 0:    X = 0
i = 12
 While X < Lo
   Worksheets("Лаб1").Cells(i, 1) = T
   Worksheets("Лаб1").Cells(i, 2) = V
   Worksheets("Лаб1").Cells(i, 3) = X
   i = i + 1
   V = V + (Fdv - Fc) * dt / M
   X = X + V * dt
   T = T + dt
 Wend
 Worksheets("Лаб1").Range("f9") = T
 Worksheets("Лаб1").Range("f10") = V
End Sub
```

Рис. 5. Вариант с выводом всех данных в таблицу

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.С.Шестаков. Оптимизация технических объектов. Учебное пособие. Изд. УГУ, Екатеринбург, 2016, 238 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-методическому комплексу _____ Упоров

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению самостоятельной работы по дисциплине

# Б1.О.28 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: ***очная, заочная***

Год набора: ***2022***

Автор: Трапезников В. Т., старший преподаватель

| Одобрено на заседании кафедры | Рассмотрено методической комиссией факультета |
|---|---|
| Электрификации горных предприятий | Горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ *(подпись)* | Председатель _____ *(подпись)* |
| Карякин А.Л. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 28.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# КОМПЛЕКТ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

**Темы № 1, 3, 6, 7, 8**

## Основные понятия

**1. Электропривод состоит из таких основных частей, как…**

а. силовая часть и система управление
б. механическая и динамическая
в. система регулирования
г. система устойчивости

**2. Многодвигательный электропривод - это…**

а. электропривод, который состоит из нескольких одиночных электроприводов, каждый из которых предназначен для приведения в действие отдельных элементов производственного агрегата
б. электропривод, который с помощью одного электродвигателя приводит в движение отдельную машину
в. трансмиссионный электропривод
г. электропривод, который служат для регулирования скорости

**3. Экономичность регулируемого привода характеризуется…**

а. затратами на его сооружения и эксплуатацию
б. затратами на его транспортировку
в. затратами на дополнительные приборы
г. не имеет никакие затраты

**4. Плавность регулирования характеризуется…**

а. числом устойчивых скоростей
б. числом устойчивых моментов
в. числом устойчивых сил
г. устойчивостью по всем характеристикам

**5. Диапазон регулирования зависит от…**

а. от нагрузки
б. от внешних сил
в. от внутренних сил
г. от скорости момента

## Регулирование координат электропривода

**1. Механическая характеристика производственного механизма связывает…**

а. ускорение и момент сопротивления
б. угловую скорость и момент сопротивления
в. механическую и электрическую мощность
г. ускорение и угловую скорость

**2. Подъёмные механизмы имеют механическую характеристику…**

а. не зависящую от скорости

б. линейно – возрастающую
в. нелинейно – возрастающую
г. нелинейно – падающую

**3. Вентиляторы и насосы имеют механическую характеристику…**
а. не зависящую от скорости
б. линейно – возрастающую
в. нелинейно – возрастающую
г. нелинейно – падающую

**4. Металлообрабатывающие станки имеют характеристику…**
а. не зависящую от скорости
б. линейно – возрастающую
в. нелинейно – возрастающую
г. нелинейно – падающую

## Электроприводы с синхронными двигателями

**1. Для асинхронного двигателя не приемлем следующий вид электрического торможения…**
а. сверхсинхронное
б. динамическое
в. переменное
г. торможение противовключением

**2. Режим сверхсинхронного торможения у асинхронных двигателей возникает…**
а. при скорости ниже синхронной
б. при номинальной скорости
в. при нулевой скорости
г. при скорости выше синхронной

**3. Режим сверхсинхронного торможения ещё называют…**
а. рекуперативным
б. повышенным
в. скоростным
г. обратным

**4. В режиме сверхсинхронного торможения ЭДС двигателя…**
а. меньше напряжения сети
б. больше напряжения сети
в. равно напряжению сети
г. равно 0

## Взаимосвязанный электропривод

**1. В критерии регулирования скорости в электроприводах не входит…**
а. диапазон
б. плавность
в. стабильность

г. резкость

**2. Диапазон регулирования скорости в электроприводах определяется отношением максимальной скорости вращения двигателя…**
а. к минимальной
б. к средней
в. к номинальной
г. к текущей

**3. Плавность регулирования скорости в электроприводах характеризуется…**
а. отношение максимальной скорости к минимальной
б. количеством ступеней скорости внутри диапазона регулирования
в. стабильностью работы системы при изменении нагрузки
г. диапазоном регулирования напряжения сети

**4. Коэффициент плавности регулирования скорости в электроприводах определяется как…**
а. разница между синхронной скоростью двигателя и скоростью ротора
б. отношение момента нагрузки к моменту двигателя
в. отношение двух соседних значений скоростей
г. разница между двумя соседними скоростями

## Энергетика электропривода

**1. Наибольшая допустимая температура нагрева двигателя ограничивается…**
а. температурой плавления обмоток
б. термической стойкостью его изоляции
в. механической стойкостью подшипников
г. уставкой тепловой отсечки теплового реле

**2. Нагрев двигателя обусловлен рядом факторов, в которые не входит…**
а. потери энергии в обмотках статора и ротора
б. потери на гистерезис и вихревые токи
в. потери электроэнергии в проводах питающей линии
г. трение в подшипниках

**3. Повышение температуры электродвигателя продолжается до тех пор, пока…**
а. электродвигатель включен в сеть электропитания
б. электродвигатель не достигнет скорости холостого хода
в. количество теплоты, отдаваемое поверхностью электродвигателя, не станет равным количеству теплоты, выделяемому электродвигателем
г. механическая мощность электродвигателя не станет равной электрической мощности, потребляемой из сети

**4. Предельно допустимое превышение температура обмотки двигателя над температурой окружающей среды определяется разностью между предельно допустимой температурой изоляции двигателя и стандартной температурой окружающей среды, которая равна…**
а. 20 $^{o}$C
б. 24 $^{o}$C

в. 30 °С
г. 40 °С

# ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Что такое механическая характеристика электропривода?
2. Написать выражение для электромагнитного момента двигателя постоянного тока?
3. Дать определение двигательного и тормозного режимов работы электродвигателя?
4. Чему равен момент да валу двигателя при работе в двигательном и тормозном режимах работы?
5. Дать определение естественной и искусственной механической характеристик электродвигателя?
6. Что такое жесткость механической характеристики? Классификация механических характеристик электрических двигателей по жесткости.
7. Назвать разновидности электропривода по этапам его развития.
8. Что такое совместная механическая характеристика электродвигателя и производственного механизма?
9. Дать определение статической устойчивости привода. Критерий статической устойчивости.
10. В чем принципиальное отличие активного момента статического сопротивления от реактивного. Привести примеры из практики.
11. Написать уравнение механической характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
12. Определить сопротивление якоря двигателя параллельного возбуждения по паспортным данным.
13. Что такое номинальное сопротивление двигателя постоянного тока?
14. Объяснить способ получения генераторного торможения для двигателя параллельного возбуждения.
15. Дать определение режима противовключения и перечислить способы его получения.
16. Достоинства и недостатки торможений противовключением.
17. Определить коэффициент жесткости механической характеристики двигателя параллельного возбуждения.
18. Перечислить параметры, влияющие на график механической характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
19. Показать на графике механической характеристики, что произойдет при уменьшении потока возбуждения двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
20. Как влияет введение дополнительного сопротивления на скорость вращения в генераторном режиме работы с отдачей энергии в сеть при постоянном моменте статического сопротивления?
21. Написать уравнение механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при динамическом торможении.
22. Показать на графике переход их двигательного режима в режим динамического торможения.
23. Построить механическую характеристику двигателя постоянного тока независимого возбуждения с номинальным сопротивлением цепи якоря.

24. Изложить методику графического способа определения сопротивлений пускового реостата.

25. Начертить Г-образную схему замещения трехфазного асинхронного двигателя.

26. Написать выражения для критического скольжения и критического момента асинхронного двигателя.

27. Определить по паспортным данным номинальное сопротивление ротора.

28. Перечислить способы пуска асинхронного двигателя.

29. Изложить методику построения естественной характеристики асинхронного двигателя по паспортным данным.

30. От чего зависит критическое скольжение асинхронного двигателя?

31. Перечислить тормозные режимы асинхронного двигателя.

32. Почему в режиме идеального холостого хода асинхронного двигателя ток статора не равен нулю?

33. С какой целью в цепь ротора асинхронного двигателя включают активное сопротивление?

34. Перечислить преимущества и недостатки трехфазного асинхронного двигателя перед двигателем постоянного тока.

35. На сколько изменится критический момент асинхронного двигателя при снижении напряжения сети на 10 %?

36. Перечислит способы регулирования скорости асинхронного двигателя.

37. Достоинства и недостатки системы генератор-двигатель.

38. Перечислить способы регулирования скорости по системе генератор-двигатель.

39. Написать уравнение механической характеристики двигателя в системе генератор-двигатель.

40. Почему жесткость механической характеристики двигателя в системе генератор-двигатель меньше жесткости механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения, питаемого от сети.

41. Начертить семейство механических характеристик системы генератор-двигатель для двух зон регулирования скорости.

42. Что называется характеристикой холостого хода генератора?

43. Определить номинальный коэффициент полезного действия системы генератор-двигатель.

44. Перечислить достоинства синхронного двигателя.

45. Начертить механическую характеристику синхронного двигателя.

46. Что такое угловая характеристика синхронного двигателя?

47. Написать зависимость перегрузочной способности синхронного двигателя от угла между напряжением и ЭДС отмотки статора.

48. Начертить пусковую характеристику синхронного двигателя.

49. Перечислить способы пуска синхронного двигателя.

50. Какие тормозные режимы применяются для остановки синхронного двигателя?

# ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

## дисциплина **ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

## I. Основы электропривода

**1. Электропривод состоит из таких основных частей, как…**
а. силовая часть и система управление
б. механическая и динамическая
в. система регулирования
г. система устойчивости

**2. Многодвигательный электропривод - это…**
а. электропривод, который состоит из нескольких одиночных электроприводов, каждый из которых предназначен для приведения в действие отдельных элементов производственного агрегата
б. электропривод, который с помощью одного электродвигателя приводит в движение отдельную машину
в. трансмиссионный электропривод
г. электропривод, который служат для регулирования скорости

**3. Динамическое торможение ещё называется…**
а. реостатное
а. торможение, связанное со скоростью
а. торможение, связанное с пусковым моментом
а. кинематическое торможение

**4. Экономичность регулируемого привода характеризуется…**
а. затратами на его сооружения и эксплуатацию
б. затратами на его транспортировку
в. затратами на дополнительные приборы
г. не имеет никакие затраты

**5. Плавность регулирования характеризуется…**
а. числом устойчивых скоростей
б. числом устойчивых моментов
в. числом устойчивых сил
г. устойчивостью по всем характеристикам

**6. Диапазон регулирования зависит от…**
а. от нагрузки
б. от внешних сил
в. от внутренних сил
г. от скорости момента

**7. Количество тепла обозначается…**
а. Q
б. P
в. A

г. I

**8. Активные моменты могут быть как движущими и …**
а. тормозными
б. вращающими
в. ускорительными
г. не подвижными

**9. Реактивные моменты всегда направлены…**
а. против движение
б. перпендикулярно
в. не имеют направления
г. могут иметь любое направление

**10. Электродвигатель предназначен для…**
а. преобразования механической энергии в электрическую
б. изменения параметров электрической энергии
в. преобразования электрической энергии в механическую
г. повышения коэффициента мощности линий электропередачи

**11. В электроприводах используют двигатели…**
а. только постоянного тока
б. только переменного тока
в. постоянного и переменного тока
г. внутреннего сгорания

**12. Преобразователь в электроприводе предназначен для…**
а. преобразования электрической энергии в механическую
б. преобразования параметров электрической энергии (тока, напряжения, частоты)
в. преобразования механической энергии в механическую
г. преобразования механической энергии в электрическую

**13. В качестве преобразователя в электроприводах используют…**
а. автотрансформаторы
б. частотные преобразователи
в. тиристорные преобразователи напряжения
г. все выше перечисленные ответы

**14. Управляющему устройству электропривода не свойственна следующая функция…**
а. включение и выключение электропривода

а. реверсирование электропривода
а. регулирование скорости электропривода
*а. передача механической энергии рабочей машине

**15. Передаточное устройство предназначено для…**
а. передачи механической энергии от электродвигательного устройства к исполнительным органам рабочей машины
б. передачи сигналов обратной связи
в. передачи электрической энергии к электродвигателю
г. передачи электрической энергии к управляющему устройству

## II. Механические характеристики производственных механизмов и электродвигателей

**1. Механическая характеристика производственного механизма связывает…**
а. ускорение и момент сопротивления
б. угловую скорость и момент сопротивления
в. механическую и электрическую мощность
г. ускорение и угловую скорость

**2. Подъёмные механизмы имеют механическую характеристику…**
а. не зависящую от скорости
б. линейно – возрастающую
в. нелинейно – возрастающую
г. нелинейно – падающую

**3. Вентиляторы и насосы имеют механическую характеристику…**
а. не зависящую от скорости
б. линейно – возрастающую
в. нелинейно – возрастающую
г. нелинейно – падающую

**4. Металлообрабатывающие станки имеют характеристику…**
а. не зависящую от скорости
б. линейно – возрастающую
в. нелинейно – возрастающую
г. нелинейно – падающую

**5. Для выбора рационального электропривода необходимо знать…**
а. механическую характеристику рабочей машины
б. механическую характеристику электродвигателя

в. механическую характеристику рабочей машины и электродвигателя
г. нагрузочную характеристику рабочей машины

**6. Механической характеристикой электродвигателя называется зависимость между…**
а. вращающим моментом электродвигателя и его угловой скоростью
б. моментом сопротивления и угловой скоростью
в. механической и электрической мощностью
г. вращающим моментом электродвигателя и моментом сопротивления

**7. У всех электродвигателей скорость является…**
а. возрастающей функцией момента двигателя
б. убывающей функцией момента двигателя
в. независящей от момента двигателя
г. нет правильного ответа

**8. Величина определяемая, как отношение разности моментов, развиваемых электродвигателем, к соответствующей разности угловых скоростей называется…**
а. твёрдость механической характеристики
б. прочность механической характеристики
в. мягкость механической характеристики
г. жёсткость механической характеристики

**9. Механическая характеристика, при которой скорость с изменением момента остается неизменной** ($\beta=\infty$) **называется…**
а. абсолютно жёсткая
б. жесткая
в. мягкая
г. абсолютно мягкая

**10. Механическая характеристика с коэффициентом жесткости $\beta = 40$ - называется…**
а. абсолютно жёсткая
б. жесткая
в. мягкая
г. абсолютно мягкая

**11. Механическая характеристика с коэффициентом жесткости $\beta \leq 10$ называется…**
а. абсолютно жёсткая
б. жесткая
в. мягкая
г. абсолютно мягкая

**12. Синхронные электродвигатели обладают…**
а. абсолютно жёсткой механической характеристикой
б. жесткой механической характеристикой
в. мягкой механической характеристикой
г. абсолютно мягкой механической характеристикой

**13. Асинхронные двигатели в рабочей части механической характеристики обладают…**
а. абсолютно жёсткой механической характеристикой
б. жесткой механической характеристикой
в. мягкой механической характеристикой
г. абсолютно мягкой механической характеристикой

**14. Согласно уравнению движения электропривода вращающий момент электродвигателя уравновешивается…**
а. динамическим моментом
б. моментом сопротивления и моментом сил трения
в. моментом сопротивления и динамическим моментом
г. моментом сопротивления

**15. Момент, развиваемый электродвигателем, принимается положительным, если он направлен…**
а. в сторону движения электропривода
б. в сторону, обратную движению электропривода
в. по оси вращения ротора электродвигателя
г. по касательной к окружности, описываемой ротором электродвигателя

**16. Если момент электродвигателя больше момента сопротивления рабочей машины, то имеет место…**
а. замедление электропривода
б. ускорение электропривода
в. работа в установившемся режиме
г. реверсирование электропривода

## III. Характеристики и режимы работы двигателей постоянного тока

**1. При установившимся режиме работы двигателя постоянного тока приложенное напряжение U уравновешивается…**
а. падением напряжения в якорной цепи и ЭДС, наведённым в обмотке возбуждения
б. только падением напряжения в якорной цепи
в. ЭДС, наведенной в якоре в процессе его вращения

г. падением напряжения в якорной цепи и ЭДС, наведенной в якоре в процессе его вращения

**2. Электромеханической характеристикой электродвигателя постоянного тока называется…**
а. зависимость тока статора от скорости двигателя
б. зависимость тока якоря от скорости двигателя
в. зависимость тока статора от тока ротора
г. зависимость скорости двигателя от момента вращения

**3. Характеристики электродвигателя, полученные при номинальных параметрах электродвигателя и отсутствии в его цепях добавочных сопротивлений, называются…**
а. искусственными
б. естественными
в. физическими
г. параметрическими

**4. Искусственные механические характеристики двигателя постоянного тока можно получить за счет изменения…**
а. только напряжения питающей сети U и магнитного потока возбуждения Ф
б. только напряжения питающей сети U и включения добавочного сопротивления R в цепь якоря двигателя
в. только магнитного потока возбуждения Ф и путем включения добавочного сопротивления R в цепь якоря двигателя
г. напряжения питающей сети U, магнитного потока возбуждения Ф и путем включения добавочного сопротивления R в цепь якоря двигателя

**5. Скорость идеального холостого хода двигателя постоянного тока не зависит от…**
а. напряжения питающей сети
б. магнитного потока возбуждения
в. сопротивления якорной цепи
г. конструктивных параметров двигателя

**6. При введении добавочного сопротивления в цепь якоря электродвигателя постоянного тока…**
а. изменяется скорость идеального холостого хода
б. изменяется жёсткость механической характеристики
в. изменяется скорость идеального холостого хода и жёсткость механической характеристики
г. ничего не происходит

**7. При изменении напряжения питающей сети двигателя постоянного тока…**

а. изменяется скорость идеального холостого хода
б. изменяется жёсткость механической характеристики
в. изменяется скорость идеального холостого хода и жёсткость механической характеристики
г. ничего не происходит

**8. При изменении магнитного потока возбуждения двигателя постоянного тока…**

а. изменяется скорость идеального холостого хода
б. изменяется жёсткость механической характеристики
в. изменяется скорость идеального холостого хода и жёсткость механической характеристики
г. ничего не происходит

**9. Режим электродвигателя, при котором создаваемый им момент противодействует движению рабочей машины называется…**

а. тормозным
б. противодействующим
в. обратным
г. холостым ходом

**10. Режим торможения не свойственный двигателю постоянного тока называется…**

а. рекуперативное торможение
б. динамическое торможение
в. торможение противовключением
г. сверхсинхронное торможение

**11. Режим торможения возникающий во всех случаях, когда скорость вращения двигателя постоянного тока оказывается выше скорости идеального холостого хода называется…**

а. рекуперативным
б. динамическим
в. торможением противовключением
г. сверхсинхронным торможением

**12. Режим торможения получаемый при отключении якоря двигателя от сети и включении его на резистор называется…**

а. рекуперативным
б. динамическим
в. торможением противовключением
г. сверхсинхронным торможением

**13. Режим торможения, при котором обмотки двигателя включены для одного направления вращения, а якорь двигателя под воздействием внешнего момента или сил инерции вращается в противоположную сторону, называется**

а. рекуперативным
б. динамическим
в. торможением противовключением
г. сверхсинхронным торможением

## IV. Характеристики и режимы работы асинхронных электродвигателей

**1. Основными электродвигателями, которые наиболее широко используются как в промышленности, так и в агропромышленном производстве являются…**

а. синхронные двигатели
б. двигатели постоянного тока независимого возбуждения
в. асинхронные двигатели
г. двигатели постоянного тока последовательного возбуждения

**2. Критическим моментом асинхронного двигателя называется момент…**

а. пусковой
б. максимальный
в. минимальный
г. номинальный

**3. Скольжение асинхронного двигателя - это…**

а. амплитуда колебания электродвигателя при неполной затяжке лап статора
б. мера того, насколько ротор опережает в своем вращении магнитное поле статора
в. контактное сопротивление, образующееся при скольжении щёток по контактным кольцам
г. мера того, насколько ротор отстает в своем вращении от вращения магнитного поля статора

**4. Угловая скорость вращения магнитного поля статора обозначается…**

а. $\omega_0$
б. $\omega$
в. $\varphi$
г. S

**5. Скорость вращения магнитного поля статора зависит…**

а. от напряжения и числа пар полюсов
б. от частоты тока питающей сети и числа пар полюсов двигателя
в. только от числа пар полюсов двигателя
г. только от частоты тока питающей сети

**6. Искусственные механические характеристики асинхронных двигателей не получают с помощью…**
а. изменения напряжения питающей сети
б. изменения частоты тока питающей сети
в. изменения момента сопротивления
г. введения добавочных сопротивлений

**7. момент, развиваемый двигателем, изменяется…**
а. пропорционально частоте
б. обратно пропорционально силе тока
в. пропорционально скорости двигателя
г. пропорционально квадрату напряжения

**8. Изменение напряжения сети влияет на…**
а. момент двигателя и не влияет на его критическое скольжение
б. критическое скольжение и не влияет на момент двигателя
в. момент двигателя и на его критическое скольжение
г. не влияет не на момент двигателя не на его критическое скольжение

**9. Добавочные сопротивления вводят в цепь статора…**
а. только для уменьшения пусковых значений тока
б. для уменьшения пусковых значений тока и момента
в. только для уменьшения пусковых момента
г. только для увеличения пускового момента

**10. При введении добавочного сопротивления в цепь статора асинхронного двигателя не изменяется…**
а. момент пусковой
б. момент критический
в. синхронная скорость
г. критическая скорость

**11. Включение добавочного сопротивления в цепь ротора асинхронного двигателя…**
а. возможно для двигателя с короткозамкнутым ротором
б. возможно для двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором
в. невозможно
г. возможно для двигателя с фазным ротором

**12. При включении добавочного сопротивления в цепь ротора асинхронного двигателя остаётся неизменным…**
а. критический момент
б. пусковой момент
в. критическое скольжение
г. номинальный момент

**13. Механическая характеристика асинхронного двигателя строится по…**
а. трём точкам
б. пяти точкам
в. шести точкам
г. двум точкам

## V. Тормозные режимы асинхронного двигателя

**1. Для асинхронного двигателя не приемлем следующий вид электрического торможения…**
а. сверхсинхронное
б. динамическое
в. переменное
г. торможение противовключением

**2. Режим сверхсинхронного торможения у асинхронных двигателей возникает…**
а. при скорости ниже синхронной
б. при номинальной скорости
в. при нулевой скорости
г. при скорости выше синхронной

**3. Режим сверхсинхронного торможения ещё называют…**
а. рекуперативным
б. повышенным
в. скоростным
г. обратным

**4. В режиме сверхсинхронного торможения ЭДС двигателя…**
а. меньше напряжения сети
б. больше напряжения сети
в. равно напряжению сети
г. равно 0

**5. Для перевода асинхронного двигателя в режим противовключения необходимо изменить порядок подключения фаз обмоток статора путем переключения…**
а. только фазы А и фазы В между собой
б. только фазы В и фазы С между собой
в. двух любых фаз между собой
г. всех трёх фаз между собой

**6. В режиме противовключения асинхронного двигателя вращающееся магнитное поле…**
а. останавливается
б. продолжает вращаться в том же направлении
в. переходит в пульсирующий режим
г. меняет направление вращения

**7. Если в режиме торможения противовключением асинхронный двигатель в момент остановки не отключить от сети, то произойдёт…**
а. разгон двигателя в противоположном направлении
б. перегрев обмоток двигателя
в. межвитковое короткое замыкание
г. переход в неполнофазный режим

**8. Динамическое торможение асинхронного двигателя осуществляется…**
а. сменой двух любых фаз на клеммах статора
б. включением обмотки статора на сеть постоянного тока
в. повышением момента нагрузки
г. сменой полюсов на обмотке ротора

**9. При динамическом торможении асинхронного двигателя с фазным ротором обмотка ротора…**
а. замыкается накоротко
б. подключается к трёхфазной сети
в. замыкается на внешнее сопротивление
г. подключается к сети постоянного тока

## VI. Регулирование скорости в электроприводах

**1. В критерии регулирования скорости в электроприводах не входит…**
а. диапазон
б. плавность
в. стабильность
г. резкость

**2. Диапазон регулирования скорости в электроприводах определяется отношением максимальной скорости вращения двигателя…**
а. к минимальной
б. к средней
в. к номинальной
г. к текущей

**3. Плавность регулирования скорости в электроприводах характеризуется…**
а. отношение максимальной скорости к минимальной
б. количеством ступеней скорости внутри диапазона регулирования
в. стабильностью работы системы при изменении нагрузки
г. диапазоном регулирования напряжения сети

**4. Коэффициент плавности регулирования скорости в электроприводах определяется как…**
а. разница между синхронной скоростью двигателя и скоростью ротора
б. отношение момента нагрузки к моменту двигателя
в. отношение двух соседних значений скоростей
г. разница между двумя соседними скоростями

**5. Плавность регулирования скорости в электроприводах растёт если…**
а. коэффициент плавности стремится к бесконечности
б. коэффициент плавности стремится к нулю
в. коэффициент плавности стремится к значению синхронной скорости
г. коэффициент плавности стремится к единице

**6. Стабильность работы на заданной скорости в электроприводах зависит от…**
а. жёсткости механической характеристики
б. плавности регулирования скорости
в. диапазона регулирования скорости
г. пускового момента двигателя

**7. Стабильность работы на заданной скорости в электроприводах характеризуется…**
а. изменением скорости при заданном отклонении момента двигателя
б. изменением скорости при заданном отклонении момента нагрузки
в. изменением момента нагрузки при заданном отклонении скорости
г. изменением момента двигателя при заданном отклонении скорости

**8. Виды направления регулирования скорости в электроприводах не включают в себя…**
а. двухзонное

б. однозонное вниз
в. трехзонное
г. однозонное вверх

**9. Допустимая нагрузка электропривода зависит от…**
а. частоты тока питающей сети
б. напряжения питания
в. диапазона регулирования скорости
г. нагрева электродвигателя

**10. Способ, не относящийся к способам регулирования скорости двигателей постоянного тока, называется…**
а. изменение частоты тока питающей сети
б. введение добавочного сопротивления в цепь якоря
в. изменение магнитного потока двигателя
г. изменение подводимого к якорю двигателя напряжения

**11. Регулирование скорости двигателя постоянного тока введением добавочного сопротивления в цепь якоря приводит к…**
а. увеличению жёсткости механической характеристики
б. снижению жёсткости механической характеристики
в. сохранению жёсткости на постоянном уровне
г. повышению стабильности работы двигателя

**12. Снижение жёсткости механической характеристики двигателя постоянного тока приводит к…**
а. повышению стабильности работы двигателя
б. сохранению стабильности работы двигателя на постоянном уровне
в. снижению стабильности работы двигателя
г. неконтролируемому колебанию стабильности работы двигателя

**13. Работа двигателя постоянного тока с добавочным сопротивлением в цепи якоря является не экономичным в связи с…**
а. большими эксплуатационными затратами на обслуживание добавочных сопротивлений
б. необходимостью в высоко квалифицированном обслуживающем персонале
в. высокой стоимостью добавочных сопротивлений
г. значительными потерями энергии на дополнительное сопротивление

**14. Ток возбуждения двигателя постоянного тока регулируется…**
а. с помощью реостатов или регуляторов напряжения
б. с помощью частотных преобразователей
в. с помощью батарей конденсаторов
г. с помощью дросселей

**15. Ослабление магнитного потока обмотки возбуждения двигателя постоянного тока приводит к…**
а. уменьшение скорости двигателя
б. увеличение скорости двигателя
в. стабилизации скорости на одном уровне
г. экстренному торможению двигателя

**16. В систему «генератор - двигатель», позволяющую регулировать скорость двигателя постоянного тока изменением подводимого к якорю напряжения, не входит…**
а. асинхронный двигатель
б. двигатель постоянного тока
в. асинхронных генератор
г. генератор постоянного тока

**17. К способам регулирования скорости асинхронного двигателя не относится…**
а. изменение напряжения
б. смена числа пар полюсов
в. реостатное регулирование
г. смена полярности на обмотке якоря

**18. Регулирование скорости введением активного сопротивления в цепь ротора асинхронного двигателя…**
а. возможно только для асинхронного двигателя с фазным ротором
б. возможно для всех асинхронных двигателей
в. возможно только для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором
г. невозможно

**19. Синхронная скорость асинхронного двигателя с двумя парами полюсов равна…**
а. 3000
б. 1500
в. 1000
г. 750

**20. При увеличении числа полюсов асинхронного двигателя в 2 раза его синхронная скорость…**
а. уменьшается в 2 раза
б. не меняется
в. увеличивается в 2 раза
г. увеличивается в 4 раза

**21. При частотном способе регулирования скорости асинхронного двигателя вместе с ростом частоты необходимо…**
а. повышать сопротивление обмотки статора
б. снижать нагрузку
в. снижать напряжение
г. повышать напряжение

**22. При регулировании скорости асинхронного двигателя за счет изменения напряжения питающей сети момент двигателя изменяется…**
а. пропорционально квадрату напряжения
б. пропорционально напряжению
в. обратно пропорционально квадрату напряжения
г. обратно пропорционально напряжению

## VII. Нагрев и охлаждение электродвигателей

**1. Наибольшая допустимая температура нагрева двигателя ограничивается…**
а. температурой плавления обмоток
б. термической стойкостью его изоляции
в. механической стойкостью подшипников
г. уставкой тепловой отсечки теплового реле

**2. Нагрев двигателя обусловлен рядом факторов, в которые не входит…**
а. потери энергии в обмотках статора и ротора
б. потери на гистерезис и вихревые токи
в. потери электроэнергии в проводах питающей линии
г. трение в подшипниках

**3. Повышение температуры электродвигателя продолжается до тех пор, пока…**
а. электродвигатель включен в сеть электропитания
б. электродвигатель не достигнет скорости холостого хода
в. количество теплоты, отдаваемое поверхностью электродвигателя, не станет равным количеству теплоты, выделяемому электродвигателем
г. механическая мощность электродвигателя не станет равной электрической мощности, потребляемой из сети

**4. Предельно допустимое превышение температура обмотки двигателя над температурой окружающей среды определяется разностью между предельно допустимой температурой изоляции двигателя и стандартной температурой окружающей среды, которая равна…**
а. 20 $^{o}$C

б. 24 °С
в. 30 °С
г. 40 °С

**5. Согласно ГОСТ 183-66 изоляционные материалы, применяемые в электрических машинах и аппаратах, делятся по нагревостойкости на…**
а. классы
б. группы
в. виды
г. категории

**6. Электродвигатели сельскохозяйственного назначения изготовляются с изоляцией по нагревостойкости класса…**
а. А
б. F
в. В
г. С

**7. Предельно допустимая температура нагрева обмоток электродвигателя класса F, как наиболее примирительного в сельском хозяйстве равна…**
а. 120 °С
б. 130 °С
в. 155 °С
г. 180 °С

**8. На практике нагрев электродвигателя считается законченным, когда температура достигает…**
а. 0,85…0,87 установившегося значения температуры
б. 0,87…0,92 установившегося значения температуры
в. 0,92…0,95 установившегося значения температуры
г. 0,95…0,98 установившегося значения температуры

**9. Нагрузочная диаграмма электропривода представляет собой зависимость нагрузки электропривода от…**
а. времени
б. скорости
в. момента двигателя
г. напряжения

**10. ГОСТом предусматривается количество номинальных режимов работы электрических приводов равное…**
а. 3
б. 8

в. 4
г. 6

**11. Режимы работы электроприводов обозначаются буквой…**
а. D
б. G
в. S
г. W

**12. Одним из основных номинальных режимов работы электропривода не являются…**
а. продолжительный
б. кратковременный
в. повторно-кратковременный
г. повторно-кратковременный с пусками

**13. Температуру электродвигателя считают установившейся, если в течение часа работы двигателя она увеличивается не более чем на…**
а. 1 $^{o}$C
б. 10 $^{o}$C
в. 5 $^{o}$C
г. 20 $^{o}$C

**14. Установившееся значение температуры электродвигателя наступает через промежуток времени равный…**
а. $T_H$
б. $4T_H$
в. $2T_H$
г. $10T_H$

**15. Режим работы электродвигателя при неизменной нагрузке, продолжающийся столько времени, что превышение температуры всех частей двигателя достигает установившихся значений называется…**
а. кратковременный
б. повторно-кратковременный
в. продолжительный
г. повторно-кратковременный с пусками

**16. Продолжительный режим работы электропривода не свойственен…**
а. насосам
б. вентиляторам
в. зерноочистительным машинам
г. подъёмно-транспортным механизмам

**17. Режим работы электродвигателя, при котором рабочие периоды с неизменной номинальной нагрузкой чередуются с периодами отключения машины; при этом периоды нагрузки (рабочие периоды) недлительны и превышение температуры не достигает установившегося значения, а периоды паузы позволяют двигателю охладиться до температуры окружающей среды называется…**

а. кратковременный
б. повторно-кратковременный
в. продолжительный
г. повторно-кратковременный с пусками

**18. Промышленность выпускает электродвигатели со стандартной продолжительностью рабочего периода…**

а. 20, 40, 70 и 100 мин
б. 10, 30, 60 и 90 мин
в. 5, 15, 25 и 50 мин
г. 1, 3, 5 и 9 мин

**19. Режим работы электродвигателя, при котором периоды неизменной номинальной нагрузки (рабочие периоды) чередуются с периодами отключения машины (паузами), причем как рабочие периоды, так и паузы не настолько длительны, чтобы превышение температуры могло достигнуть установившихся значений как при нагреве, так и при охлаждении называется…**

а. продолжительный
б. кратковременный
в. повторно-кратковременный
г. повторно-кратковременный с пусками

**20. ГОСТом установлено, что для повторно-кратковременного режима работы электродвигателя продолжительность цикла не превышает…**

а. 5 мин
б. 15 мин
в. 20 мин
г. 10 мин

**21. Для повторно-кратковременного режима работы электродвигателя относительная продолжительность включения ПВ составляет…**

а. 15, 25, 40 и 60%
б. 10, 20, 50 и 90%
в. 1, 2, 5 и 9%
г. 25, 50, 75 и 100%

**22. Если при работе двигателя момент и мощность рабочей машины не изменяются, то двигатель выбирают с номинальной мощностью, равной мощности нагрузки рабочей машины, делённой на…**
а. КПД электродвигателя
б. КПД передачи
в. КПД источника электрической энергии
г. коэффициент активной мощности

**23. Мощность электродвигателя выбираемого для электропривода насоса не зависит от…**
а. производительности насоса
б. напора насоса
в. КПД электродвигателя
г. плотности перекачиваемой жидкости

**24. При переменной продолжительной нагрузке нагрузка на валу электродвигателя может периодически меняться, при этом периодически меняются…**
а. частота тока питающей сети
б. амплитуда напряжения питающей сети
в. коэффициент активной мощности электродвигателя
г. потери мощности в электродвигателе

**25. Для проверки выбранного электродвигателя по нагреву на практике используют методы эквивалентных величин, в которые не входит…**
а. метод эквивалентного напряжения
б. метод эквивалентного тока
в. метод эквивалентного момента
г. метод эквивалентной мощности

**26. При проверке электродвигателя по нагреву с помощью метода эквивалентного тока необходимо что бы номинальный ток предварительно выбранного по каталогу электродвигателя был по отношению к эквивалентному току…**
а. больше не менее чем в 2 раза
б. больше или равен
в. меньше или равен
г. меньше

**27. При проверке электродвигателя по нагреву с помощью метода эквивалентного момента необходимо что бы номинальный момент предварительно выбранного по каталогу электродвигателя был по отношению к эквивалентному моменту…**
а. больше не менее чем в 2 раза

б. меньше или равен
в. больше или равен
г. меньше

**28. При проверке электродвигателя по нагреву с помощью метода эквивалентной мощности необходимо что бы номинальная мощность предварительно выбранного по каталогу электродвигателя был по отношению к эквивалентной мощности…**
а. больше не менее чем в 2 раза
б. меньше или равна
в. меньше
г. больше или равна

**29. Если для кратковременного режима выбрать электродвигатель, предназначенный для работы в продолжительном режиме, но с мощностью кратковременного режима работы, то…**
а. электродвигатель недоиспользуется по тепловому режиму
б. электродвигатель быстро перегреется
в. электродвигатель не сможет преодолеть момент сопротивления при пуске
г. электродвигатель будет работать в режиме холостого хода

**30. При расчётах электропривода принимают, что минимальный пусковой момент двигателя, с учетом возможного снижения напряжения, больше статического момента рабочей машины при пуске в…**
а. 1,5 раза
б. 1,25 раза
в. в 1,1 раза
г. в 2 раза

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

*по дисциплине*

# Б1.О.ДВ.01.01 ДУХОВНО-НРАВСТВЕННАЯ КУЛЬТУРА И ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Форма обучения: очная, заочная

Год набора: **2022**

Авторы: Авторы: Бачинин И.В. к.п.н, Погорелов С.Т., к.п.н. Старостин А.Н., к. ист. н., Суслонов П.Е., к. филос. н., доцент

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| теологии | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Бачинин И.В. | Осипов П. А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 09.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

# Оглавление

Методические указания по освоению дисциплины....3
Освоение лекционного курса ....3
Самостоятельное изучение тем курса ....3
Подготовка к тестированию ....6
Подготовка к групповой дискуссии ....8
Методические указания по подготовке к промежуточной аттестации....11

# Методические указания по освоению дисциплины

## Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине дают основной теоретический материал, являющийся базой для восприятия практического материала. После прослушивания лекции необходимо обратиться к рекомендуемой литературе, прочитать соответствующие темы, уяснить основные термины, проблемные вопросы и подходы к их решению, а также рассмотреть дополнительный материал по теме.

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Одним из важных элементов освоения лекционного курса является самостоятельная работа на лекции. Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

## Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных

преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Основные приемы 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, а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных 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 научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – 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 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. 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. 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.

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 15 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 тестированию

Тестирование - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тестовая система предусматривает вопросы / задания, на которые слушатель должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность. Прежде всего, следует иметь в виду, что в предлагаемом задании всегда будет один правильный и один

неправильный ответ. Это оговаривается перед каждым тестовым вопросом. Всех правильных или всех неправильных ответов (если это специально не оговорено в формулировке вопроса) быть не может. Нередко в вопросе уже содержится смысловая подсказка, что правильным является только один ответ, поэтому при его нахождении продолжать дальнейшие поиски уже не требуется.

На отдельные тестовые задания не существует однозначных ответов, поскольку хорошее знание и понимание содержащегося в них материала позволяет найти такие ответы самостоятельно. Именно на это слушателям и следует ориентироваться, поскольку полностью запомнить всю получаемую информацию и в точности ее воспроизвести при ответе невозможно. Кроме того, вопросы в тестах могут быть обобщенными, не затрагивать каких-то деталей.

Тестовые задания сгруппированы по темам учебной дисциплины. Количество тестовых вопросов/заданий по каждой теме дисциплины определено так, чтобы быть достаточным для оценки знаний обучающегося по всему пройденному материалу.

При подготовке к тестированию студенту следует внимательно перечитать конспект лекций, основную и дополнительную литературу по той теме (разделу), по которому предстоит писать тест.

Для текущей аттестации по дисциплине «Духовно-нравственная культура и патриотическое воспитание» применяются тесты, которые выполняются по разделам № 1-4.

Предлагаются задания по изученным темам в виде открытых и закрытых вопросов (35 вопросов в каждом варианте).

## *Образец тестового задания*

1. Древнейший человек на Земле появился около 3 млн. лет назад. Когда появились первые люди на Урале?
а) 1млн. лет назад,
б) 300 тыс. лет назад,
в) около. 150 тыс. лет назад.

2.В каком регионе Урала находится укрепленное поселение бронзового века “Аркаим”:
а) в Курганской
б) в Челябинской,
в) в Свердловской.

3.Уральский город, где расположена известная наклонная башня Демидовых:
а) Кунгур
б) Невьянск
в) Екатеринбург
г) Соликамск

4. В каком году была основана Екатеринбургская горнозаводская школа?
а) 1723
б) 1783
в) 1847

5. Почему на гербе Уральского государственного горного университета изображена императорская корона?
а) потому что он был основан императором Николаем II
б) по личной просьбе представительницы царского дома Романовых О.Н. Куликовской-Романовой, посетившей Горный университет
в) для красоты

6. Из приведенных волевых качеств определите те, которые необходимы для выполнения патриотического долга.
а) Решительность, выдержка, настойчивость в преодолении препятствий и трудностей.
б) Агрессивность, настороженность, терпимость к себе и сослуживцам.
в) Терпимость по отношению к старшим, лояльность по отношению к окружающим

7. Печорин в произведении М.Ю. Лермонтова "Герой нашего времени" был ветераном этой войны:
а) Русско – турецкой
б) Кавказской
в) Крымской
г) Германской

Ключи:
1. б
2. б
3. б
4. а
5. а
6. а
7. б

Тест выполняется на отдельном листе с напечатанными тестовыми заданиями, выдаваемом преподавателем, на котором нужно обвести правильный вариант ответа. Тест подписывается сверху следующим образом: фамилия, инициалы, № группы, дата.

Оценка за тестирование определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

18-35 баллов (50-100%) – оценка «зачтено»

0-17 баллов (0-49%) - оценка «не зачтено»

## Подготовка к групповой дискуссии

Групповая дискуссия — это одна из организационных форм познавательной деятельности обучающихся, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Тематика обсуждения выдается на первых занятиях. Подготовка осуществляется во внеаудиторное время. Регламент – 3-5 мин. на выступление. В оценивании результатов наравне с преподавателем принимают участие студенты группы.

Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и др.) происходит коллективно, допускается корректная критика высказываний (мнений) своих сокурсников с обязательным приведением аргументов критики.

Участие каждого обучающегося в диалоге, обсуждении должно быть неформальным, но предметным.

Темы для групповых дискуссий по разделам

*Тема для групповой дискуссии по разделу 1. История инженерного дела в России. Создание и развитие Уральского государственного горного университета.*

Студентам заранее дается перечень великих уральцев XVIII – начала XX вв. (Демидовы, И.С. Мясников и Твердышевы, Г.В. де Генин, В.А. Глинка, М.Е. Грум-Гржимайло и др.), внесших существенный вклад в развитие металлургической и горной промышленности. Студенты разбиваются на несколько групп, каждой из которых дается один исторический персонаж. Задача студентов по литературным и интернет-источникам подробно познакомиться с биографией и трудами своего героя. В назначенный для дискуссии день они должны не только рассказать о нем и его трудах, но и, главным образом, указать на то, каким образом их жизнь и деятельность повлияла на культуру и жизненный уклад их современников, простых уральцев.

*Тема для групповой дискуссии по разделу 2. «Основы российского патриотического самосознания»*

Студенты должны заранее освежить в памяти произведения школьной программы: К.М. Симонова «Жди меня», М.Ю. Лермонтова «Бородино», Л.Н. Толстого «Война и мир», А.А. Фадеева «Молодая гвардия».

Вопросы, выносимые на обсуждение:

Какие специфические грани образа патриота представлены в произведениях К.М. Симонова «Жди меня», М.Ю. Лермонтова «Бородино», Л.Н. Толстого «Война и мир», А.А. Фадеева «Молодая гвардия», выделите общее и особенное.

Какие еще произведения, в которых главные герои проявляют патриотические качества, вы можете назвать. Соотнесите их с героями вышеупомянутых писателей.

*Тема для групповой дискуссии по разделу 3. Религиозная культура в жизни человека и общества.*

Описание изначальной установки:

Группа делится на 2 части: «верующие» и «светские». Каждая группа должна высказать аргументированные суждения по следующей теме:

*«Может ли верующий человек прожить без храма/мечети/синагоги и другие культовые сооружения?»*

Вопросы для обсуждения:

1. Зачем человеку нужен храм/мечеть/синагога и др. культовые сооружения?
2. Почему совесть называют голосом Божиим в человеке?
3. Что означает выражение «вечные ценности»?
4. Что мешает человеку прийти в храм/мечеть/синагогу и др. культовое сооружение?

Каждый из групп должна представить развернутые ответы на поставленные вопросы со ссылкой на религиоведческие источники и нормативно-правовые акты, аргументированно изложить свою позицию.

*Тема для групповой дискуссии по разделу 4. «Основы духовной и социально-психологической безопасности»*

***Тема дискуссии:* «Воспитание трезвенных убеждений»**

Основой дискуссии как метода активного обучения и контроля полученных знаний является равноценное владение материалом дискуссии всеми студентами. Для этого при предварительной подготовке рекомендуется наиболее тщательно повторить темы раздела, касающиеся формирования системы ценностей, манипуляций сознанием, мпомобов ведения консциентальной войны, методике утверждения трезвости как базовой национальной ценности.
В начале дискуссии демонстрируется фильм Н. Михалкова «Окна Овертона» из серии Бесогон ТВ: https://www.youtube.com/watch?time_continue=8&v=BlIiy4QfQIk

Затем перед студентами ставится проблемная задача: сформулировать ответ на вопрос «Возможно ли применение данной технологии формирования мировоззрения в благих целях — для воспитания трезвенных убеждений?»

***Возможные варианты точек зрения:***

1. Это манипулятивная технология, применение ее для воспитания трезвенных убеждений неэтично.

2. Это универсальная социально-педагогическая технология, применение ее во зло или во благо зависит от намерений автора. Испоьзование ее в целях формирования трезвенных убеждений обосновано и может реализоваться в практической деятельности тех, кто овладел курсом «Основы утверждения трезвости»

Результатом дискуссии не могут быть однозначные выводы и формулировки. Действие ее всегда пролонгировано, что дает студентам возможность для дальнейшего обдумывания рассмотренных проблемных ситуаций, для поиска дополнительной информации по воспитанию трезвенных убеждений.

Незадолго до проведения групповой дискуссии преподаватель разделяет группу на несколько подгрупп, которая, согласно сценарию, будет представлять определенную точку зрения, информацию. При подготовке к групповой дискуссии студенту необходимо собрать материал по теме с помощью анализа научной литературы и источников.

Используя знание исторического, теологического и правового материала, исходя из изложенных изначальных концепций, каждая группа должна изложить свою точку зрения на обсуждаемый вопрос, подкрепив ее соответствующими аргументами.

Каждый из групп по очереди приводит аргументы в защиту своей позиции. Соответственно другая группа должна пытаться привести контраргументы, свидетельствующие о нецелесообразности, пагубности позиции предыдущей группы и стремится доказать, аргументированно изложить свою позицию.

*Критерии оценивания:* качество высказанных суждений, умение отстаивать свое мнение, культура речи, логичность.

*Критерии оценки одной дискуссии:*

Суждения зрелые, обоснованные, высказаны с использованием профессиональной терминологии, логично – 8-10 баллов.

Суждения не совсем зрелые или необоснованные, при ответе использована профессиональная терминология, суждение логично – 4 – 7 баллов.

Суждения незрелые, необоснованные, бытовая речь, нелогичный ответ – 2– 3 балла:

Суждения нет, бытовая речь, нелогичный ответ – 2– 3 балла.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 8-10 баллов

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 4-7 баллов

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 2-3 балла

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-1 балл.

Максимальное количество баллов, которые можно набрать, работая на дискуссии – 40 баллов.

# Методические указания по подготовке к промежуточной аттестации

Каждый учебный семестр заканчивается промежуточной аттестацией в виде зачетно-экзаменационной сессии. Подготовка к зачетно-экзаменационной сессии, сдача зачетов и экзаменов является также самостоятельной работой студента. Основное в подготовке к сессии – повторение всего учебного материала дисциплины, по которому необходимо сдавать зачет или экзамен. Только тот студент успевает, кто хорошо усвоил учебный материал. Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь учебный материал. Все это зачастую невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к зачету или экзамену будет трудным, а иногда и непосильным делом, а конечный результат – возможное отчисление из учебного заведения.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Зачет - форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «зачтено», «не зачтено».

Зачет проводится по расписанию.

Цель зачета – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.

Зачет подводит итог знаний, умений и навыков обучающихся по дисциплине, всей учебной работы по данному предмету.

К зачету по дисциплине «Духовно-нравственная культура и патриотическое воспитание» необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

Зачет по дисциплине «Духовно-нравственная культура и патриотическое воспитание» проводится в письменной форме путем выполнения зачетного тестового задания.

При опоздании к началу зачета обучающийся на зачет не допускается. Использование средств связи, «шпаргалок», подсказок зачете является основанием для удаления обучающегося с зачета, а в зачетной ведомости проставляется оценка «не зачтено».

Для подготовки зачету (составления конспекта ответа) обучающийся должен иметь лист (несколько листов) формата А-4.

Лист (листы) формата А-4, на котором будет выполняться подготовка к ответу зачетного задания, должен быть подписан обучающимся в начале работы в правом верхнем углу. Здесь следует указать:

- Ф. И. О. обучающегося;
- группу, курс
- дату выполнения работы
- название дисциплины «Духовно-нравственная культура и патриотическое воспитание».

Страницы листов с ответами должны быть пронумерованы.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Духовно-нравственная культура и патриотическое воспитание» проводится в форме теста. Выполнение теста предполагает выбор правильного варианта ответа на вопрос из числа предложенных.

На зачете преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов теста и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках теста и направлены на уточнение мысли студента.

*Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля*

| Форма и описание контрольного мероприятия | Балловая стоимость контрольного мероприятия | Критерии начисления баллов |
|---|---|---|
| Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося | 0-35 баллов (35 заданий) | Правильность ответов |
| Итого | 35 баллов | |

Оценка за тестирование определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

55 - 110 балла (50-100%) - оценка «зачтено»

0 - 54 балла (0-49%) - оценка «не зачтено».

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# КОММУНИКАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ЛИЧНОСТИ

Направление

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Профиль

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
| Философии и культурологии | Факультета горно-механического |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав. кафедрой | Председатель |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Беляев В.П. | Осипов П.А. |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол №1 от 01.09.2021 | Протокол № 2 от 07.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по работе с текстом лекций | 5 |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к опросу | 8 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации) | 9 |
| 4 | Методические рекомендации по написанию эссе | 11 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям | 14 |
| 6 | Методические рекомендации по подготовке к дискуссии | 15 |
| 7 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 17 |
| | Заключение | 20 |
| | Список использованных источников | 21 |


Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

## 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, учебно-исследовательская, 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, учебно-исследовательская, 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 Интернет-ресурсов. 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].

---

[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

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.

## 2. Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

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 научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

*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).

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.

## 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:

- информированность 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, логико-графическими 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: систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков; добросовестное выполнение заданий; выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

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 РОССИЙ

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

# ФТД.В.01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Автор: Полянок О.В., к.пс.н., доцент

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Управления персоналом | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А. | Осипов П.А |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…….……..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……..12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...……...….13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...…..28

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям 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 «*Технологии интеллектуального труда*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к 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 «*Технологии интеллектуального труда*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.**

Информационные технологии
Универсальный дизайн
Адаптивные технологии

**Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)**

Брайлевский дисплей
Брайлевский принтер
Телевизионное увеличивающее устройство
Читающая машина
Экранные лупы
Синтезаторы речи
Ассистивные тифлотехнические средства
Ассистивные сурдотехнические средства
Адаптированная компьютерная техника
Ассистивные технические средства

**Тема 3. Дистанционные образовательные технологии**

Дистанционные образовательные технологии
Иинформационные объекты

**Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества**

Система образования
Образовательная среда вуза
Интеллектуальный труд
Интеллектуальный ресурс
Интеллектуальный продукт

**Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности**

Личностный компонент
Мотивационно-потребностный компонент
Интеллектуальный компонент
Организационно-деятельностный компонент
Гигиенический компонент
Эстетический компонент
Общеучебные умения
Саморегуляция

**Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.**

Самообразование
Самостоятельная работа студентов
Технологии интеллектуальной работы
Технологии групповых обсуждений

**Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов**

Традиционные источники информации
Технологии работы с текстами
Технологии поиска, фиксирования, переработки информации
Справочно-поисковый аппарат книги
Техника быстрого чтения
Реферирование
Редактирование
Технология конспектирования
Методы и приемы скоростного конспектирования

**Тема 8. Организация научно-исследовательской работы**

Доклад
Реферат
Курсовая работа
Выпускная квалификационная работа
Техника подготовки работы
Методика работы над содержанием Презентация

**Тема 9. Тайм-менеджмент**

Время
Планирования времени
Приемы оптимизации распределения времени

## 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;

• 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, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении

конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

# ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

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 заданиями 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.

## ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

**1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности** в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.

37. Обдумывает свои дела и поступки.
38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда сделает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.

81. Повторяет одни и те же ошибки.
82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.

125. Неудачи быстро сбивают с толку.
126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках -36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл -37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

## Бланк для ответов

ФИ_____
Пол_____ Возраст (дата рождения)_____ Гр._____ Дата_____ № ___

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

| № | | | S | | № | | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | | | 23 | 67 | | |
| | 2 | | | | 68 | | |
| | 3 | | | | 69 | | |
| 2 | 4 | | | 24 | 70 | | |
| | 5 | | | | 71 | | |
| | 6 | | | | 72 | | |
| 3 | 7 | | | 25 | 73 | | |
| | 8 | | | | 74 | | |
| | 9 | | | | 75 | | |
| 4 | 10 | | | 26 | 76 | | |
| | 11 | | | | 77 | | |
| | 12 | | | | 78 | | |
| 5 | 13 | | | 27 | 79 | | |
| | 14 | | | | 80 | | |
| | 15 | | | | 81 | | |
| 6 | 16 | | | 28 | 82 | | |
| | 17 | | | | 83 | | |
| | 18 | | | | 84 | | |
| 7 | 19 | | | 29 | 85 | | |
| | 20 | | | | 86 | | |
| | 21 | | | | 87 | | |
| 8 | 22 | | | 30 | 88 | | |
| | 23 | | | | 89 | | |
| | 24 | | | | 90 | | |
| 9 | 25 | | | 31 | 91 | | |
| | 26 | | | | 92 | | |
| | 27 | | | | 93 | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 28 | | | 32 | 94 | |
| | 29 | | | | 95 | |
| | 30 | | | | 96 | |
| 11 | 31 | | | 33 | 97 | |
| | 32 | | | | 98 | |
| | 33 | | | | 99 | |
| 12 | 34 | | | 34 | 100 | |
| | 35 | | | | 101 | |
| | 36 | | | | 102 | |
| 13 | 37 | | | 35 | 103 | |
| | 38 | | | | 104 | |
| | 39 | | | | 105 | |
| 14 | 40 | | | 36 | 106 | |
| | 41 | | | | 107 | |
| | 42 | | | | 108 | |
| 15 | 43 | | | 37 | 109 | |
| | 44 | | | | ПО | |
| | 45 | | | | 111 | |
| 16 | 46 | | | 38 | 112 | |
| | 47 | | | | 113 | |
| | 48 | | | | 114 | |
| 17 | 49 | | | 39 | 115 | |
| | 50 | | | | 116 | |
| | 51 | | | | 117 | |
| 18 | 52 | | | 40 | 118 | |
| | 53 | | | | 119 | |
| | 54 | | | | 120 | |
| 19 | 55 | | | 41 | 121 | |
| | 56 | | | | 122 | |
| | 57 | | | | 123 | |
| 20 | 58 | | | 42 | 124 | |
| | 59 | | | | 125 | |
| | 60 | | | | 126 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 61 | | | 43 | 127 | |
| | 62 | | | | 128 | |
| | 63 | | | | 129 | |
| 22 | 64 | | | 44 | 130 | |
| | 65 | | | | 131 | |
| | 66 | | | | 132 | |

Качественные характеристики саморегуляции

| № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции | № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Целеполагание | За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет. | 23 | Неустойчивость целей | Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается. |
| 2 | Моделирование условий | Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное. | 24 | Отсутствие анализа условий | Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности. |
| 3 | Программирование действий | Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи. | 25 | Спонтанность действий | Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач. |
| 4 | Оценивание результатов | Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает свои ошибки. | 26 | Ошибки в работе | Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей работе. |
| 5 | Коррекция результатов и способов действий | Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки. | 27 | Повторные ошибки | С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки. |
| 6 | Обеспеченность регуляции в целом | Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помо- | 28 | Импульсивность | Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо. |

| № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции | № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции |
|---|---|---|---|---|---|
| | | щи. | | | |
| 7 | Упорядоченность деятельности | Любит порядок. Аккуратен и последователен. | 29 | Непоследовательность | Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен. |
| 8 | Детализация регуляции действий | Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы. | 30 | Поверхностность | Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали. |
| 9 | Осторожность в действиях | Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска. | 31 | Необдуманность, рискованность | Приступает к делу без подготовки. Сначала сделает, лотом подумает. |
| 10 | Уверенность в действиях | Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив. | 32 | Неуверенность в своих силах | Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен. |
| 11 | Инициативен в действиях. | Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий. | 33 | Нерешительность | Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый. |
| 12 | Практическая реализуемость намерений | Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца. | 34 | Незавершенность дел | Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать. |
| 13 | Осознанность действий | Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи. | 35 | Действия наобум | Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил. |
| 14 | Критичность в делах и поступках | Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям. | 36 | Равнодушие к недостаткам | Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки. |

| № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции | | № | Качества саморегуляции | Содержательные характеристики саморегуляции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Ориентированность на оценочный балл | Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка. | | 37 | Попустительство | Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки. |
| 16 | Ответственность в делах и поступках | Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы. | | 38 | Безответственность в делах | Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца. |
| 17 | Автономность | Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями. | | 39 | Зависимость в действиях | Всегда надеется на друзей, на их помощь. |
| 18 | Гибкость, пластичность в действиях | Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях. | | 40 | Инертность в работе | Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую. |
| 19 | Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий | Аккуратен. Внимателен. Усидчив. | | 41 | «Плохиш» | Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив. |
| 20 | Практичность, устойчивость в регуляции действий | Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах. | | 42 | Равнодушие к ошибкам, неудачам | Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам. |
| 21 | Оптимальность (адекватность) регуляции усилий | Взвешивает все «за» и «против». Умеет мобилизовать усилия. | | 43 | Отсутствие последовательности | Поступает необдуманно. С трудом мобилизуется на выполнение задания. |
| 22 | Податливость воспитательным воздействиям | Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям. | | 44 | Самодостаточность | Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям. |

*Задание:* На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

**2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.**

*Методические указания*

АННОТАЦИЯ (от лат. annotatio - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается…; Статья посвящена…; В статье даются…; Автор останавливается на следующих вопросах…; Автор затрагивает проблемы…; Цель автора – объяснить (раскрыть)…; Автор ставит своей целью проанализировать…;

2. Композиция работы:

Книга состоит из … глав (частей)…; Статья делится на … части; В книге выделяются … главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)…; Сборник рассчитан…; Предназначается широкому кругу читателей…; Для студентов, аспирантов…; Книга заинтересует…

РЕФЕРАТ (от лат.referre- докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетичесокое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползанье» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает…* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате - раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения**:**

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов…; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу…);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что…; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес…; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей…; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)…; Затем автор останавливается на таких проблемах, как…; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)…; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты…; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)…; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения…; В статье дается обобщение…, приводятся хорошо аргументированные доказательства…;

В заключение автор говорит о том, что…; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что…; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие…; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для…, но и для…

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии ОТЗЫВ дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве илина соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора…; В рецензируемой работе…; В предмете ана*лиза…

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме…; Актуальность темы обусловлена…; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)…

3. Формулировака основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является…; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о…

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом…; Таким образом, рассматриваемая работа…; Автор проявил умение разбираться в…; систематизировал материал и обобщил его…; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты…

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том…; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)…; Работа построена нерационально, следовало бы сократить…; Существенным недостатком работы является…; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы…; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора…; Упомянутые недостатки связаны не столько с…, сколько с…

7. Выводы: Представляется, что в целом работа… имеет важное значение…; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает…; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки…; Работа удовлетворяет всем требованиям…, а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право…

*Задание*

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

**3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:**

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежки (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

# ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» 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 «*Технологии интеллектуального труда*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

# ФТД.В.02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Направление подготовки

***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)

***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

Автор: Полянок О.В., к.пс.н.

| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
|---|---|
| Управления персоналом | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А. | Осипов П.А |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И.О.)* |
| Протокол № 1 от 16.10.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ…….……..…3

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ……..…..….6

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ…….…..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ……12

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ……...…….…14

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА……...….36

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..…..45

# ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям 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 «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к 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 «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий, подготовка реферата);

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

## ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1. Сущность коммуникации в разных социальных сферах. Основные функции и виды коммуникации**

Коммуникации
Межличностное общение
Речевые способности
Профессиональное общение

**Тема 2. Специфика вербальной и невербальной коммуникации**

Вербальная коммуникация
Невербальная коммуникация

**Тема 3. Эффективное общение**

Эффективное общение
Обратная связь
Стиль слушания

**Тема 4. Основные коммуникативные барьеры и пути их преодоления в межличностном общении. Стили поведения в конфликтной ситуации**

Конфликт
Барьер речи

**Тема 5. Виды и формы взаимодействия студентов в условиях образовательной организации**

Группа
Коллектив
Групповое давление
Феномен группомыслия
Феномен подчинения авторитету
Обособление
Диктат
Подчинение
Вызов
Выгода
Соперничество
Сотрудничество
Взаимодействие
Взаимопонимание

**Тема 6. Формы, методы, технологии самопрезентации**

Самопрезенгация
Публичное выступление

## 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;

• 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, 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 –наиболеесложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

# ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

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 заданиями 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.

# ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

## 1. Организуйте коллективную сетевую деятельность.

*Методические указания:*

Под организацией **коллективной сетевой деятельности** понимают совместные действия нескольких пользователей в сети электронных коммуникаций, направленные на получение информации. Участники совместной сетевой деятельности могут быть объединены общими целями, интересами, что позволяет им обмениваться мнениями, суждениями, а также совершать действия с различными объектами, такими как фотографии, программы, записи, статьи, представленными в цифровом виде.

Подобное взаимодействие может заключаться в различных его видах, таких как:

- - общение;
- - обмен данными;
- - организация трудовой деятельности;
- - совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями.

Рассмотрим каждый из них. Одним из примеров организации **общения** в сети

Интернет могут служить популярные на сегодняшний день сообщества **Livejournal** (www.livejoumal.ru), **Facebook** (www.facebook.com), **Twitter** (http://t witter.com) и др.

По своей сути это социальные сети, которые работают в режиме реального времени, позволяя участникам взаимодействовать друг с другом. Так, социальная сеть Livejournal (Живой журнал) предоставляет возможность публиковать свои и комментировать чужие записи, вести коллективные блоги («сообщества»), получать оперативную информацию, хранить фотографии и видеоролики, добавлять в друзья других пользователей и следить за их записями в «ленте друзей» и др.

Facebook позволяет создать профиль с фотографией и информацией о себе, приглашать друзей, обмениваться с ними сообщениями, изменять свой статус, оставлять сообщения на своей и чужой «стенах», загружать фотографии и видеозаписи, создавать группы (сообщества по интересам).

Система Twitter позволяет пользователям отправлять короткие текстовые заметки, используя web-интерфейс, sms-сообщения, средства мгновенного обмена сообщениями (например, Windows Live Messenger), сторонние программы-клиенты. Отличительной особенностью Твиттера является публичная доступность размещенных сообщений, что роднит его с **блогами** (онлайн-дневник, содержимое которого, представляет собой регулярно обновляемые записи — **посты).**

Другим способом общения, безусловно, является **электронная почта.** Принципы создания ящика электронной почты подробно рассматривались в практикуме параграфа 2.12. При всех своих плюсах электронная почта не позволяет организовать двусторонний оперативный диалог, максимально приближенный к обычному разговору. Отправив письмо, человек уверен, что оно оперативно будет доставлено в ящик адресата, но будет ли получен быстрый ответ? Кроме того, переписка может растянуться, что сводит к минимуму решение возможных актуальных проблем человека в настоящий момент времени.

Именно поэтому возникла необходимость в самостоятельном классе программ, которые выполняли бы две основные задачи:

- 1. Показать, находится ли собеседник в данный момент в сети Интернет, готов ли он общаться.
- 2. Отправить собеседнику короткое сообщение и тут же получить от него ответ.

Такие программы получили название IMS (англ. Instant Messengers Service —

служба мгновенных сообщений). Часто такие программы называют **интернет-пейджерами.** В качестве примера подобных программ можно привести Windows Live Messenger, Yahoo!Messenger, ICQ.

Так, программа Windows Live Messenger является одним из компонентов Windows Live — набора сетевых служб от компании Microsoft. Ранее мы познакомились с такими его модулями, как Семейная безопасность и Киностудия. Доступ к Messenger можно получить по адресу http://download.ru.msn.com/ wl/messenger, либо через кнопку **Пуск** на своем персональном компьютере (предварительно установив основные компоненты службы Windows Live).

В настоящее время произошла интеграция Messenger и программы Skype, функции которой будут рассмотрены позже.

Чтобы начать «разговор», достаточно выполнить двойной щелчок мыши на имени собеседника и ввести сообщение в соответствующее окно. Если друга нет на месте, можно оставить ему сообщение, и он увидит его, когда снова войдет в программу.

Коммуникацию в реальном масштабе времени возможно осуществить с помощью **чатов** (англ. Chatter — болтать). Если ваш компьютер оснащен видеокамерой, вы сможете начать видеочат. Одной из наиболее интересных особенностей видео- чата в Messenger является то, что он позволяет делать через Интернет все, что ранее можно было делать только при личном общении. Например, можно легко обмениваться фотографиями и видеть, как собеседник реагирует на них.

Теперь рассмотрим, каким образом можно организовать коллективную сетевую деятельность, связанную с **обменом данными.** Сразу отметим, что для передачи или открытия доступа к файлам в локальной сети используются стандартные возможности операционной системы компьютера. Для этого достаточно в настройках определенной директории открыть общий доступ на чтение или запись другими пользователями сети.

В настоящее время популярнейшим способом обмена данными является размещение файлов на различных видеохостингах и в социальных сетях. **Хостинг** — это услуга по предоставлению вычислительных мощностей для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети Интернет. Для размещения видеофайлов, как правило, используются такие крупные видеохос- тинги, как YouTube (www.youtube.com), Rutube (http://mtube.ru). Социальные сети, например Одноклассники (www.odnoklassniki.rn), ВКонтакте (http://vk.com) и др., также можно использовать для размещения видеофотоматериалов.

Хранение, обмен файлов возможно организовать и с помощью облачных сервисов, таких как Яндекс.Диск, SkyDrive, iCloud и т.д. Перечислим ряд достоинств подобного способа организации работы:

- не требуется денежных вложений - сервисы бесплатны;
- возможность резервного хранения данных;
- доступность информации из любой точки мира с разных устройств, подключенных к Интернету;
- пользователь самостоятельно определяет доступность к файлам другим людям;
- большой размер облачного хранилища (7-10 Гб);
- информация не привязана к одному компьютеру;
- доступ к файлам, хранящимся на устройствах с разными аппаратными платформами (Windows, Android, iOS).

В качестве примера рассмотрим работу с программой Яндекс.Диск, которую предварительно следует установить на свой компьютер с адреса http://disk. yandex.ru/download. После инсталляции программы на вашем устройстве создается папка Яндекс.Диск, в которой будет находиться ряд папок, таких как Документы, Музыка, Корзина. Теперь, после того как мы добавим, изменим или удалим файл в папке Яндекс.Диск на своем компьютере, то же самое автоматически произойдет на серверах Яндекс, т. е. происходит процесс синхронизации.

Поделиться файлом с друзьями через web-интерфейс можно, выполнив следующие действия:

1. Зайти в свой почтовый ящик на сервисе Яндекс.

2. Выполнив команду **Файлы/Документы,** выделить нужный файл из списка.

3. Установить переключатель на панели предпросмотра в положение **Публичный** и нажать на одну из кнопок, расположенных ниже, что гарантирует публикацию ссылки на файл в одной из социальных сетей (ВКонтакте, Facebook и т.д.) либо отправку по электронной почте (рис. 1).




Рис. 1. Ссылка на файл

Другой возможностью публикации ссылки на файл - получение ее через ОС Windows. В этом случае порядок действий следующий:

- 1. Открыть папку Яндекс.Диск.
- 2. Выполнить щелчок правой кнопкой мыши на нужном файле.
- 3. В контекстном меню выбрать пункт **Яндекс.Диск: Скопировать публичную ссылку.**

Теперь в буфере обмена находится ссылка на файл, например, http://yadi.Sk/d/91nV8FjiOYnX, с которой вы можете поделиться со своими друзьями.

Перейдем к описанию организации **трудовой деятельности** как способа совместного сетевого взаимодействия. Она может выглядеть самой разной, от простого общения в видеоконференциях, заканчивая использованием серьезных корпоративных решений для управления рабочим процессом в компании. Примерами таких решений являются:

1. 1С-Битрикс: Корпоративный Портал (http://www.lc-bitrix.ru/products/

intranet/) — система управления внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами.

2. Мегаплан (www.megaplan.ru) — онлайн-сервис для управления бизнесом.

3. TeamLab (www.teamlab.com/ru) — многофункциональный онлайн-сервис для совместной работы, управления документами и проектами.

4. BaseCamp (http://basecamp.com) — онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам.

Рассмотрим эти решения на примере облачного сервиса **Мегаплан,** который относится к **модели SaaS** (англ. Software as a service — программное обеспечение как услуга). В рамках модели SaaS заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду (т. е. за его использование через web-интерфейс). Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования программного обеспечения заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты (от 150 до 400 руб./мес.), и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность.

Используя на предприятии Мегаплан, можно получить множество современных эффективных средств управления персоналом компании, в частности:

- выстроить иерархическую структуру предприятия, прояснить уровни подчинения, сделать связи сотрудников внутри предприятия логичными и понятными каждому;

- система управления персоналом на предприятии позволит каждому руководителю контролировать деятельность своих подчиненных в режиме реального времени. Кроме того,

можно получать актуальную информацию, даже не находясь в офисе — для этого достаточно иметь доступ в Интернет;

- получить возможность обмениваться документами, выкладывать в общий доступ бизнес-планы, презентации, проекты и распоряжения, ускоряя обмен информацией внутри предприятия;

- системы обмена сообщениями и корпоративный форум делают общение, как деловое, так и личное, более живым и эффективным. Кроме того, выоказывания по ходу исполнения задачи, зафиксированные в Мегаплане, позволяют анализировать ход работы над проектом.

Зарегистрировавшись на вышеуказанном сайте, вы получите бесплатный доступ для знакомства с сервисом Мегаплан. Из трех решений предлагаемых компанией, а именно Совместная работа, Учет клиентов и Бизнес-менеджер, выберите первое — **Совместная работа.** Такой выбор дает возможность эффективно управлять проектами, задачами и людьми. Выбрав модуль **Сотрудники,** добавьте несколько сотрудников, заполнив их личные карточки. Много информации в карточки заносить необязательно, их всегда можно отредактировать, при этом не забывая нажимать на кнопку **Сохранить.** Заполненный модуль **Сотрудники** представлен на рис. 2.




Рис. 2. Модуль Сотрудники

Заполнив базу сотрудников, отметив все необходимые сведения в картотеке, вы получаете автоматизированную систему управления персоналом компании, которая более оперативно, чем любой менеджер по кадрам, будет оповещать вас обо всех изменениях, напоминать о днях рождения, давать доступ к картотеке и персональным сообщениям.

Теперь создайте отделы своей виртуальной организации. Для этого, находясь в модуле **Сотрудники,** выберите блок **Структура,** а в нем ссылку **Добавить отдел.** Чтобы добавить сотрудника в отдел, его надо перетащить мышью из списка **Нераспределенные.** После этого следует установить связь «Начальник-Подчиненный», используя ссылки **Начальники, Подчиненные.** Подобная ситуация представлена на рис. 3.

Красные стрелки на схеме обозначают вашу подчиненность, а зеленые — сотрудники подчиняются вам.

Для того чтобы организовать взаимодействие в команде, выберите модуль **Задачи** и поставьте перед каждым сотрудником задачу, указав сроки ее выполнения. Сотрудник может принять или отклонить задачу, делегировать ее своему подчиненному, комментировать задачу, оперировать списком своих задач (распечатывать, сортировать по признакам). Он может даже провалить задачу — и это немедленно станет известно всем, кто с ней связан.

Используя модуль **Документы,** попробуйте создать несколько текстовых документов (их объем не может превышать 300 Мб). Также имеется возможность импортировать имеющиеся документы, которые Мегаплан будет сортировать по типам: текстовые

документы, презентации, PDF-файлы, таблицы, изображения и др. Таким образом, можно хранить общие для всей компании договоры, банки, анкеты и другие важные файлы.

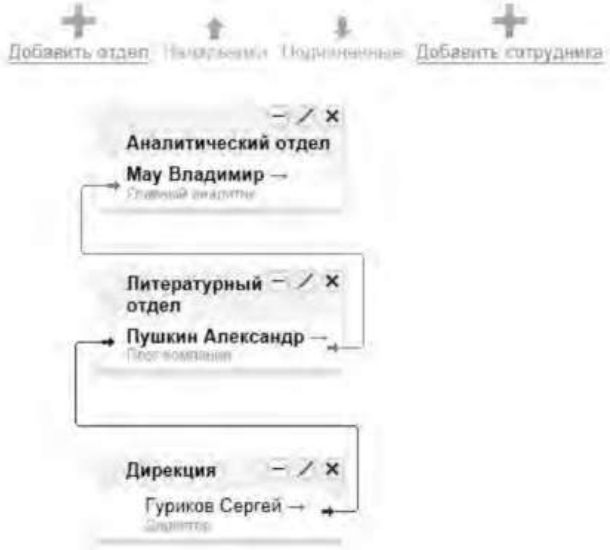



Рис. 3 Организационная структура предприятия

Модуль **Обсуждение** представляет собой корпоративный форум, в рамках которого можно рассматривать любые вопросы. Обсуждение тем может происходить в нескольких уже созданных разделах, а именно Новости, Отдых, Работа. Подобная ситуация представлена на рис. 4.

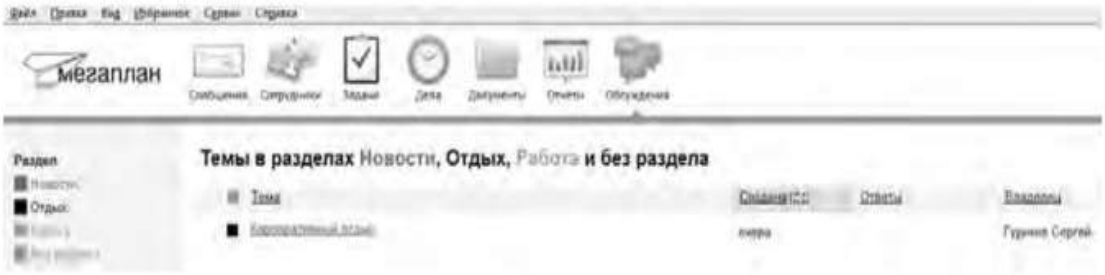



Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

Создайте несколько тем, воспользовавшись кнопкой **Добавить.** Обратите внимание на то, что вы можете ограничить просмотр обсуждаемых тем отдельным сотрудникам и группам. Корпоративный форум делает общение внутри компании более открытым. Возможность общения онлайн между сотрудниками, встреча которых могла бы и не произойти в реальной жизни, развивает неформальные отношения, вследствие которых совместная работа над проектами становится более комфортной. Работа над проектом, созданным в виртуальной среде, существенно упрощается за счет системы обмена сообщениями (модуль **Сообщения),** совместной работы, обработки файлов, находящихся в общем доступе.

Итак, освоение базовых функциональных операций в процессе работы с Мегапланом происходит очень быстро. С учетом того, что бесплатная версия продукта позволяет зарегистрировать трех пользователей, можно организовать сетевое взаимодействие, создав учебное предприятие и тем самым, усовершенствовать навыки взаимодействия исполнителей и руководителей в рабочем процессе.

**Совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями** — последний вид сетевого взаимодействия, рассматриваемого нами. Сетевыми развлечениями в основном являются компьютерные игры. Вид взаимодействия в играх может быть различным: игроки могут соперничать друг с другом, могут быть в команде, а в некоторых играх возможны оба

вида взаимодействия. Соперничество может выражаться как напрямую, например игра в шахматы, так и в таблице рейтингов в какой-нибудь браузерной игре.

Существует особый жанр игр MMORPG (англ. Massive Multiplayer Online Role-playing Game, массовая многопользовательская онлайновая ролевая игра) — разновидность онлайновых ролевых игр, позволяющая тысячам людей одновременно играть в изменяющемся виртуальном мире через Интернет. Сообщество любителей игр в жанре MMORPG зарегистрировано в сети Интернет по адресу www.mmorpg.su.

Подобные игры, как правило, построены на технологии «клиент-сервер», но есть разновидности, где в качестве клиента выступает обычный браузер. Игрок в такой игре представляется своим **аватаром** — виртуальным представлением его игрового персонажа. Создатели игры поддерживают существование игрового мира, в котором происходит действие игры и который населен ее персонажами.

Когда геймеры попадают в игровой мир, они могут в нем выполнять различные действия вместе с другими игроками со всего мира. Разработчики MMORPG поддерживают и постоянно развивают свои миры, добавляя новые возможности и доступные действия для того, чтобы «гарантировать» интерес игроков. Яркими представителями подобного рода игр на сегодняшний день являются EverQuest, World of Warcraft, Anarchy Online, Asheron's Call, Everquest II, Guild Wars, Ragnarok Online, Silkroad Online, The Matrix Online, City of Heroes.

*Задания:*

а)Создайте свой аккаунт (если вы его не имеете) в одной из социальных сетей, например Livejournal или Facebook. Выполните скриншоты своего блога. Результат отправьте на электронную почту преподавателя.

б)Используя программу Windows Live Messenger, добавьте в друзья (по предварительной договоренности) своего преподавателя и свяжитесь с ним в режиме реального времени либо оставьте ему сообщение.

в)Установите на свой компьютер программу Яндекс.Диск. Предоставьте доступ к нескольким файлам своему преподавателю.

г)Создайте учебное предприятие, используя облачный сервис Мегаплан. Заполните информацией все имеющиеся в программе модули. Установите связи между отделами. Пригласите нескольких своих друзей в проект. Продемонстрируйте результат преподавателю, открыв ему доступ.

д)Напишите краткий отчет о результатах своей работы по созданию виртуального предприятия, указав в нем этапы его создания, результаты совместной сетевой деятельности.

е)Являетесь ли вы участником какой-либо игры в жанре MMORPG? Если да, расскажите об основных правилах той игры, в которой вы участвуете. Каким образом происходит ваше взаимодействие в ней с друзьями?

3. Организация форумов

*Методические указания*

В настоящее время перед каждым образовательным учреждением стоит задача формирования открытой информационной образовательной среды. Эффективным механизмом является использование коммуникационных возможностей сети Интернет. В частности, организация на сайтах или в информационных системах образовательных учреждений форумов (дискуссий).

**Форум** — это web-страница, созданная на основе клиент-серверной технологии для организации общения пользователей сети Интернет. Концепция форума основана на создании разделов, внутри которых происходит обсуждение различных тем в форме сообщений. От чата форум отличается тем, что общение может происходить не в реальном времени. Таким образом, человек имеет возможность подумать над своим ответом или над создаваемой темой.

По методу формирования набора тем форумы бывают:

- **тематические. В** рамках таких форумов пользователи обсуждают предварительно опубликованную статью, новость СМИ и т.д. Обсуждение происходит в одной или нескольких темах;

- **проблемные.** Для обсуждения предлагается ряд проблемных вопросов (тем). Обсуждение каждой проблемы происходит в своей ветке. Чаще всего в подобных типах форумов пользователь не имеет права создавать новую тему;

- **постоянно действующие форумы.** Форумы поддержки (помощи). По такому принципу строятся форумы технической поддержки, различные консультации и пр. Чаще всего это форумы с динамическим списком тем, где простые участники могут создавать новую тему в рамках тематики форума.

Форумы функционируют согласно определенным правилам, которые определяют администраторы и модераторы. **Администратор форума** следит за порядком во всех разделах, контролирует общение на ресурсе и соблюдение правил сайта. **Модератор форума** чаще всего следит за порядком в конкретном разделе, имеет более узкие права, чем администратор. Его основная задача — увеличивать популярность форума, количество участников и число интересных обсуждений. Дополнительные задачи:

- стимулировать появление новых интересных тем;
- стимулировать общение на форуме;
- не допускать конфликтных ситуаций на форуме, а в случае их возникновения — уметь найти выход из сложной ситуации;
- при появлении в темах **спама** (рассылка коммерческой и иной рекламы или иных видов сообщений (информации) лицам, не выражавшим желания их получать) немедленно сообщать об этом администратору сайта;
- следить за культурой сетевого общения.

Для каждого конкретного форума администратором могут быть созданы свои правила, но в целом их можно свести к следующим:

1. На форумах приветствуется поддержание дискуссии, обмен опытом, предоставление интересной информации, полезных ссылок.
2. Не нужно вести разговор на «вольные» темы и размещать бессодержательные (малосодержательные) или повторяющиеся сообщения. Под бессодержательными (малосодержательными) понимаются, в частности, сообщения, содержащие исключительно или преимущественно эмоции (одобрение, возмущение и т. д.).
3. Желательно проверять грамотность сообщений (например, редактором Microsoft Word) — ошибки затрудняют понимание вопроса или ответа и могут раздражать участников обсуждения.
4. Длинные сообщения желательно разбивать на абзацы пустыми строчками, чтобы их было удобно читать.
5. Запрещается размещать заведомо ложную информацию.
6. Не рекомендуется публиковать сообщения, не соответствующие обсуждаемой теме, в том числе личные разговоры в ветках форума.
7. Не следует писать сообщения сплошными заглавными буквами, так как это эквивалентно повышению тона, а также латинскими буквами. При этом сообщение считается нарушающим данное правило, если такого рода текстом набрано более трети всего сообщения.
8. Участники форума не должны нарушать общепринятые нормы и правила поведения. Исключено употребление грубых слов и ненормативной лексики, выражение расистских, непристойных, оскорбительных или угрожающих высказываний, нарушений законодательства в области авторского права или сохранности конфиденциальной информации.
9. Запрещено публично обсуждать нелегальное использование (в том числе взлом) программного обеспечения, систем безопасности, а также публикацию паролей, серийных номеров и адреса (ссылки), по которым можно найти что-либо из вышеназванного.

10. Не следует размещать в форумах, а также рассылать через личные сообщения коммерческую рекламу и спам.

Для создания форумов используется ряд программных решений, написанных на языке PHP (англ. Hypertext Preprocessor — предпроцессор гипертекста) и используемых для ведения своей базы данных сервер MySQL. К их числу относится **Invision Power Board** (www.invisionpower.com), **vBulletin** (www.vbulletin.com), **PHP Bulletin Board** (www.phpbb.com), **Simple Machines Forum** (www.simplemachines.org) и ряд других. Однако создать «движок форума» с помощью перечисленного программного обеспечения начинающему пользователю будет весьма непросто, поскольку и сами программы, и документация к ним написаны на английском языке.

Попробовать свои силы для создания тематического форума можно с использованием российских web-сервисов, предлагающих свои услуги в этом направлении. Остановим свой выбор на сервисе Forum2x2 (www.forum2x2.ru), который предлагает создание и хостинг форумов. Forum2x2 позволяет создать форум бесплатно, всего за несколько секунд и без всяких технических знаний, а после — мгновенно начать общение. Интерфейс форума является наглядным, простым в использовании и легко настраивается.

Определим следующую задачу — создать форум своего учебного заведения. Находясь на сайте сервиса Forum2x2, выберем кнопку **Создать бесплатный форум.** Пользователю будет предложено выбрать одну из четырех версий создания форумов: Phpbb3, Phpbb2, IPB и Punbb. Их краткая характеристика будет представлена в соответствующих вкладках. Воспользуемся самым простым из них - **Punbb,** который предоставляет только базовые опции web-форума, а следовательно, является оптимальным по скорости и простоте использования. Далее нам предстоит выполнить три простых шага:

- 1. Выбрать графический стиль форума.
- 2. Ввести название форума, его интернет-адрес, свой адрес электронной почты, пароль.
- 3. Прочитать информацию о недопустимом содержании создаваемого форума.

На этом создание форума можно считать завершенным. На рис. 5 представлен один из возможных примеров созданного форума.




Рис. 5 Внешний вид созданного форума

В своем электронном почтовом ящике вы обнаружите письмо от администрации сервиса Forum2x2, в котором будут даны несколько полезных советов для успешного начала работы форума, в частности:

- - поместить в форум несколько сообщений, чтобы задать тон обсуждения;
- - внести личный аспект в стиль оформления форума, подобрав цвета и шрифты;

- - сообщить по электронной почте друзьям о новом форуме и пригласить их поучаствовать в форуме;
- - поместить ссылки на форум на других сайтах, форумах и в поисковых системах.

Для администрирования вновь созданного форума необходимо ввести имя пользователя (Admin) и пароль, который вы выбрали при создании форума. После этого вы получаете доступ к ссылке **Панель администратора,** расположенной внизу страницы, которая имеет несколько вкладок (рис. 6).




Рис. 6. Вкладки Панели администратора

Вкладка **Главная** отображает информацию по статистике созданных сообщений, количестве пользователей и тем. Здесь же можно воспользоваться практическими советами по повышению посещаемости созданного форума. Попробуйте пригласить на созданный форум своих друзей, знакомых, с помощью ссылки **Адреса Email,** вводя в соответствующее поле их электронные адреса. Максимальное число приглашений, отправляемых за один раз, — десять.

Вкладка **Общие настройки** позволяет сконфигурировать форум в соответствии с личными целями администратора. В частности, можно изменить название сайта, его описание, определить конфигурацию защиты форума, определить E- mail администратора.

С помощью раздела **Категории и форумы** создайте свои форумы, определите порядок их вывода с помощью соответствующих кнопок **(Сдвинуть вверх, Сдвинуть вниз). Категория** представляет собой совокупность форумов, объединенных общей тематикой. Один из возможных примеров создания форумов приведен на рис. 7.

Сделанные изменения доступны для просмотра после нажатия на кнопку **Просмотр форума.** Находясь на вкладке **Общие настройки,** перейдите в раздел **Раскрутка форума** и выберите пункт **Поисковые системы.** Введите информацию для ваших мета-тегов, чтобы улучшить позицию вашего форума в поисковых системах. **Мета-теги** — это невидимые коды, используемые поисковиками для индексации и позиционирования вашего форума. Зарегистрируйте ваш форум в основных поисковых системах: Yandex, Google, Rambler.




Рис. 7. Структура форумов

Используя вкладку **Оформление,** поэкспериментируйте с различными стилями для того, чтобы повысить привлекательность форума. Здесь же можно поменять версию «движка» форума.

Будучи администратором вашего форума, вы являетесь его единственным полноправным хозяином и полностью контролируете его. С помощью вкладки **Пользователи & Группы** создайте группу модераторов, ответственных за соблюдение установленных вами правил (правил орфографии, правил поведения на форуме и т.д.).

Перейдите на вкладку **Модули.** Здесь вы можете добавить к вашему форуму такие модули, как портал, календарь, галерея, чат или листы персонажей. Выберите ссылку **Портал.** Появится информация о том, что портал не инсталлирован. Нажмите ссылку — инсталлировать. Внешний вид созданного портала представлен на рис. 8.




Рис. 8. Созданный портал

На вкладке **Модули** попробуйте поработать с виджетами (гаджетами) форума, из которых и состоит портал. **Виджет** — это элемент интерфейса, предназначенный для облегчения доступа к информации.

Добавьте/удалите стандартные виджеты форума (Поиск, Календарь, Новости, Последние темы, Самые активные пользователи и др.), отслеживая изменения нажатием кнопки **Просмотр портала.** Оставьте наиболее удачный, с вашей точки зрения, вариант.

Итак, мы приобрели первоначальные практические навыки создания собственного форума и выполнили действия, направленные на увеличение его посещаемости. Кроме того, необходимо создать ссылку на форум с главной страницы сайта учебного заведения. Следует отметить, что, для того чтобы созданный форум не оставался в статичном виде, необходима большая работа администратора, модераторов по его поддержанию.

Альтернативным способом организации форумов является их развертывание в информационной системе учебного заведения. На современном отечественном рынке автоматизированных информационных систем управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. Свой выбор остановим на ИС ModEUS (http://modeus.krf.ane.ru/index.php), которая разработана с учетом специфики российского образования и обеспечивает автоматизацию учебного процесса, в том числе и дистантного (учет учебного процесса, его планирование и публикация, подготовка отчетной документации).

После регистрации в системе ModEUS, нужно выбрать ссылку **Дискуссии.** Вы можете организовать дискуссию (форум) по любому из находящихся в системе курсов, щелкнув мышью по его названию.

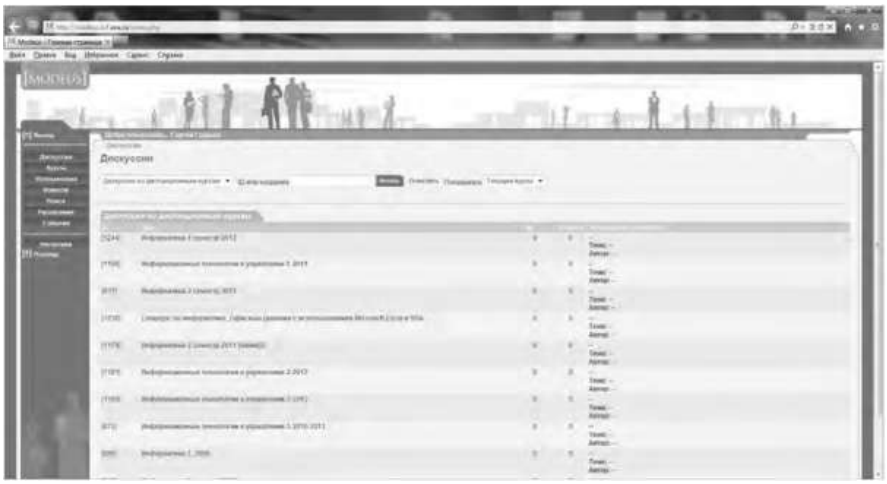



Рис. 9. Страница Дискуссии в ИС ModEUS

Создадим новую тему, нажав одноименную кнопку. Впишем в соответствующие поля название темы и вопрос, предлагаемый для обсуждения. Подобная ситуация представлена на рис. 437. Кроме того, мы имеем возможность прикрепить текстовый файл объемом не более 16 Мб, например список вопросов к экзамену.

После нажатия на кнопку **Создать** тема дискуссии отображается в системе (рис. 10), и любой из студентов может принять участие в ее обсуждении.

Таким образом, можно определить преимущества создания форума в информационной системе учебного заведения:

- - отсутствует необходимость иметь практические навыки работы по созданию web-страниц;
- - нет необходимости заботиться о раскрутке форума - студенты и преподаватели постоянно работают в системе.

В то же время есть и ряд недостатков, в частности:

- - форум доступен исключительно для студентов и преподавателей учебного заведения, в котором функционирует информационная система;
- - стандартизированный типовой интерфейс для всех выполняемых функций;
- - нет возможности организовать дискуссию на вольную тему.



Рис. 10 Создание новой темы




**Рис. 11. Создана тема для дискуссии**

**Использование тестирующих систем в локальной сети образовательного учреждения**

Теперь познакомимся с возможностями ИС ModEUS для **организации тестирования студентов в локальной сети образовательного учреждения.** Использование тестирования как наиболее объективного метода оценки качества образования широко используется в учебных заведениях России. Полнота охвата проверкой требований к уровню подготовки студентов предполагает методику конструирования тестовых заданий закрытого и открытого типа. К тестовым заданиям **закрытого типа** относятся задания, предполагающие выбор верного ответа из предложенных вопросов. Тестовые задания **открытого типа** требуют конструирования ответов с кратким и развернутым ответом. И тот, и другой тип заданий успешно реализуются в ИС ModEUS.

Прежде чем создать тестовое задание, необходимо зайти в один из учебных курсов, находящихся в репозитарии (хранилище данных), нажав кнопку **Курсы** в главном меню. Под «курсом» в ПС ModEUS понимается дисциплина, находящаяся в учебном плане.

Найдем в списке **Занятия курса** требуемое занятие и нажмем ссылку **Список заданий,** находящуюся справа от поля **Тип.** Для того чтобы добавить задание в занятие, нажмем кнопку **Добавить.** Подобная ситуация представлена на рис. 11.

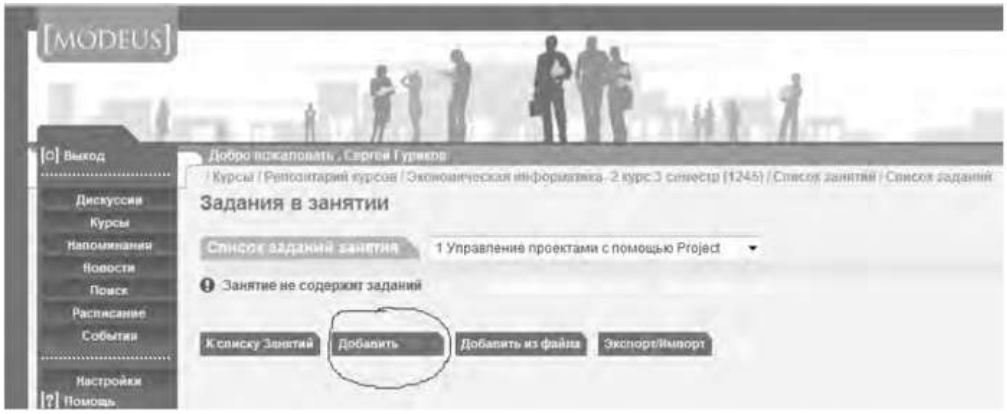



Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.

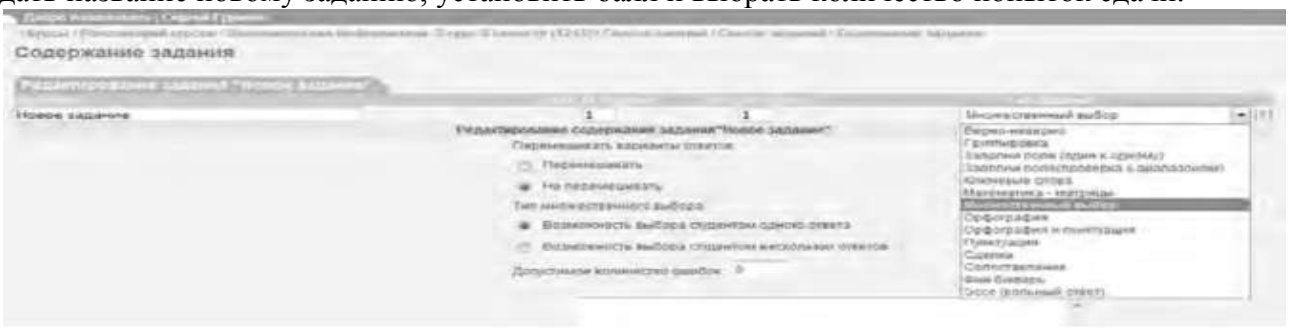


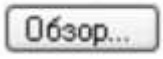

Рис.13. Выбор типа задания

Рассмотрим несколько примеров формирования вопросов закрытого и открытого типа в ИС ModEUS.

**Тестовое задание со множественным выбором верных ответов (закрытый тип).** Данный тип задания дает вам возможность задать вопрос и варианты ответов на него, из которых обучающийся должен выбрать верный (рис. 14). Правильным может быть один или несколько вариантов. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - в опции **Перемешивать варианты ответов** поставьте метку в поле **Перемешивать,** если вы хотите, чтобы указанные вами варианты ответов выводились на экран в различном порядке, поставьте метку в поле **Не перемешивать,** если варианты ответов должны выводиться всегда в одинаковом порядке;
- - в опции **Тип множественного выбора** поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом одного ответа,** если обучающийся из предложенных вариантов ответов может выбрать только один верный, поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом нескольких ответов,** если обучающийся может выбрать несколько верных ответов;
- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - в случае если в задании присутствует приложение, укажите путь к этому приложению, нажав на кнопку I обзор... I и указав путь к файлу на жестком или сетевом диске. Приложением может быть документ любого формата, например изображение;
- - введите тексты вариантов ответов в соответствующие поля;
- - для добавления нового поля под вариант ответа нажмите на кнопку




- каждый вариант ответа может быть дополнен приложением. Для добавления к варианту ответа приложенияукажите путь к нему в поле **Добавить приложение,** нажав на кнопку 

и указав путь к файлу на жестком

или сетевом диске;

- установите флажки напротив одного или нескольких правильных вариантов ответа;

- нажмите на кнопку 

для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку 

, чтобы сохранить задание и сразу

перейти к составлению нового задания.

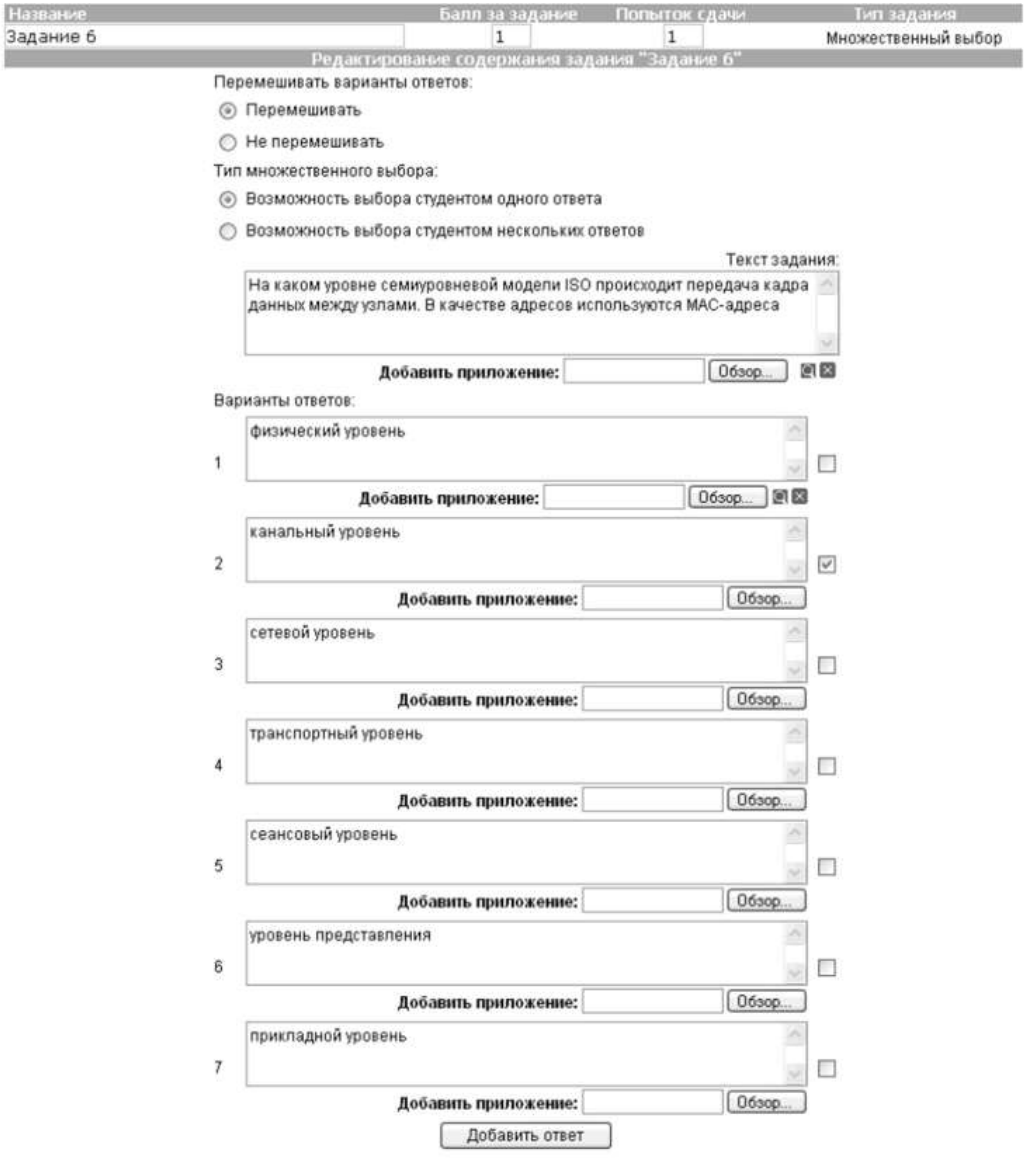



Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

**Тестовое задание с добавлением слова (открытый тип).** Данный тип задания (рис. 15) дает вам возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя ответ с клавиатуры в виде текста, цифры, слова, математической формулы и т.д. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - введите текст задания в поле **Текст задания;**
- - текст задания может представлять собой текст или текст в сочетании с

приложением. Чтобы добавить приложение (изображение или документ), нажмите на кнопку Обзор..., находящуюся под полем **Текст задания,** и
укажите путь к файлу на жестком или сетевом диске;

- - в поле **Вопрос** введите вопрос, на который должен ответить обучающийся;
- - в поле **Ответ** укажите правильный ответ;

- в пределах одного задания вы можете задать обучающемуся несколько вопросов. Для добавления вопроса нажмите на кнопку Добавить вопрос;

- нажмите на кнопку Зафиксировать для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку Сохранить и добавить новое, чтобы сохранить задание и сразу перейти к составлению нового задания.

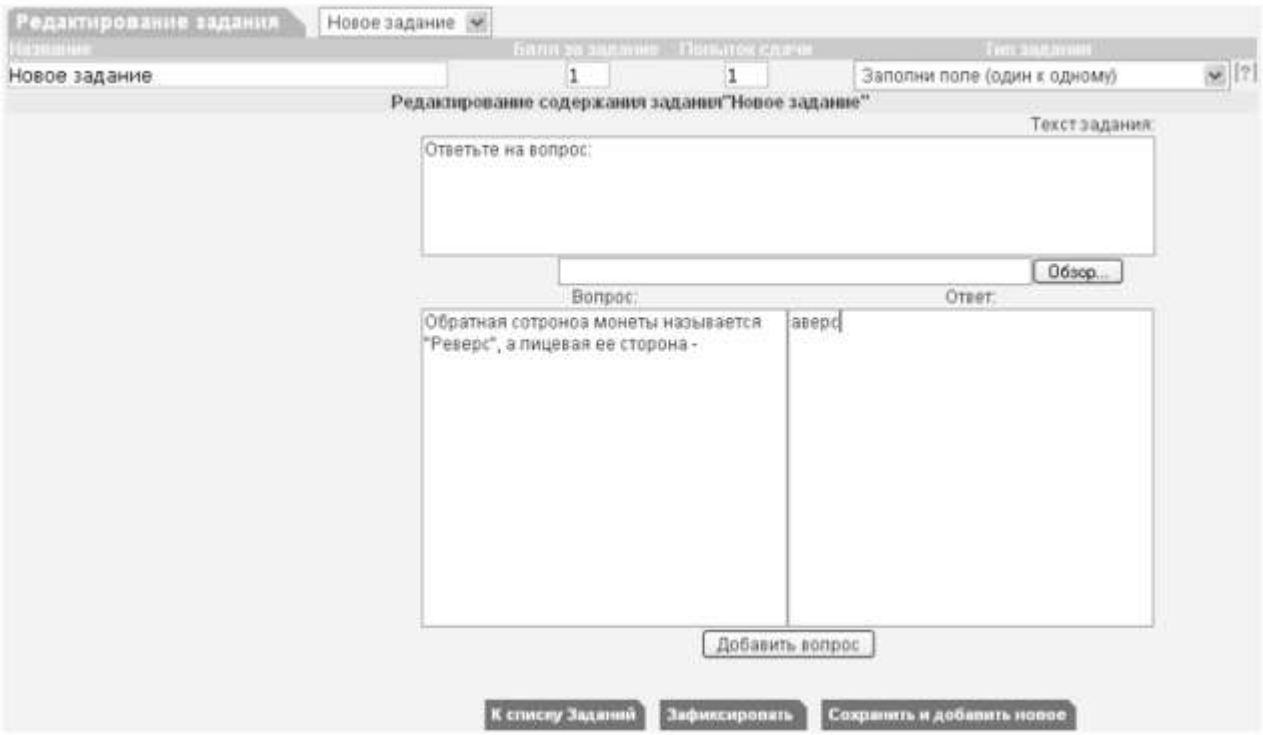



Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

Кроме рассмотренных типов заданий, в ИС ModEUS существует и ряд других, в частности:

**Верно - неверно.** Данный тип задания предоставляет возможность обучающемуся выбрать один из вариантов ответа («верно» или «неверно») на поставленный вопрос.

**Группировка.** В данном типе задания обучающемуся необходимо распределить заданный список понятий по группам.

**Заполни поле (проверка с диапазоном).** Данный тип задания дает возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя с клавиатуры числовой ответ.

**Сопоставление.** Проверяется способность обучающихся сопоставить понятия по указанному принципу.

**Эссе.** Обучающийся отвечает в свободной форме на поставленный преподавателем вопрос. Вопрос может быть представлен в виде текста или любого другого документа.

Следует отметить, что в ИС ModEUS можно задать количество вопросов, время на проведение тестовых заданий, а также **мощность теста.** Мощность определяет количество заданий, которые будут предложены студенту для выполнения. Например, если в группе заданий десять вариантов заданий, а мощность группы равна пяти, то студенту будут предложены для выполнения пять заданий из десяти. После проведения тестирования в

информационной системе происходит автоматическое формирование оценок на основании выполненных студентами заданий.

Итак, мы завершили рассмотрение возможностей информационной системы, работающей в локальной сети учебного заведения для организации форумов и проведения тестирования студентов.

**Настройка видео web-сессий**

В настоящее время миллионы пользователей во всем мире используют видеосвязь с помощью сети Интернет для общения друг с другом. Достоинства такого способа общения очевидны: есть возможность слышать и визуально наблюдать собеседника, находящегося, возможно, за тысячи километров. Для обеспечения полноценной видеосвязи для захвата и воспроизведения видео и звука могут использоваться как встроенные в компьютер камера, микрофон или динамик, так и внешние устройства, такие как web-камера, головная гарнитура, а также следует обеспечить высокоскоростной доступ к Интернету.

Взаимодействие собеседников при организации видео web-сессий возможно в нескольких направлениях: видеоконференция и видеотелефония.

1. **Видеоконференция** — это технология интерактивного взаимодействия двух и более человек, при которой между ними происходит обмен информацией в режиме реального времени. Существует нескольких видов видеоконференций:

- **симметричная (групповая)** видеоконференция позволяет проводить сеансы показа презентаций или рабочего стола;
- **асимметричная** видеоконференция используется для дистанционного образования. Позволяет собрать в конференции множество участников таким образом, что все они будут видеть и слышать одного ведущего, он, в свою очередь, всех участников одновременно;
- **селекторное видеосовещание** — рассчитано на взаимодействие большой группы участников, при котором пользователи имеют возможность активно обсуждать действия при чрезвычайных ситуациях, оперативно решать текущие вопросы.

Для эффективной организации проведения web-конференций, маркетинговых презентаций, онлайн-обучения, совещаний и любых других видов онлайн-встреч существует ряд программных решений. В качестве примера можно привести программы Mirapolis Virtual Room (http://virtualroom.ru/), ВидеоМост (www.videomost.com), TrueConf Online (http://trueconf.ru/) и др.

**2. Видеотелефония** — реализуется посредством сеанса видеосвязи между двумя пользователями, во время которого они могут видеть и слышать друг друга, обмениваться сообщениями и файлами, вместе работать над документами и при этом находиться в разных местах в комфортной для себя обстановке.

Для того чтобы общаться с близкими и друзьями, можно бесплатно совершать видеозвонки с помощью таких программ, как Skype (http://www.Skype, com/intl/ru/get-skype), Mail.ru Агент (http://agent.mail.ru) и ряд других.

Для того чтобы проверить наличие встроенной web-камеры на компьютере, достаточно войти в меню **Пуск,** выбрать **Компьютер,** щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и в контекстно-зависимом меню нажать пункт **Свойства.** Далее следует выбрать пункт меню **Диспетчер устройств,** а в нем пункт **Устройства обработки изображений.** Наличие в нем устройства, например, USB 2.0 Camera свидетельствует о наличии web-камеры.

Кроме того, в документации к компьютеру (Руководство пользователя) или другому устройству должны быть приведены сведения об установленных в систему устройствах и, в частности, инструкция по использованию встроенной камеры и программному обеспечению, отвечающему за данное устройство.

Одной из таких популярных утилит является ArcSoft WebCam Companion — пакет приложений для взаимодействия с web-камерой, который позволяет захватывать, редактировать изображения и записывать видео. Самостоятельно проведите ее инсталляцию,

воспользовавшись web-адресом http://arcsoft-webcam- companion.en.softonic.com. После установки данной программы на компьютер ее можно запустить на выполнение командой **Пуск/Все программы/ArcSoft WebCam Companion/WebCam Companion.** Интерфейс программы представлен несколькими разделами: Захват, Маска, Забавная рамка, Правка, Монитор, Другие приложения (рис. 16).



Рис. 16. Пункты меню программы ArcSoft WebCam Companion

Выберем значок **Захват,** а в нем пункт меню **Параметры web-камеры.** Откроется окно, представленное на рис. 17.

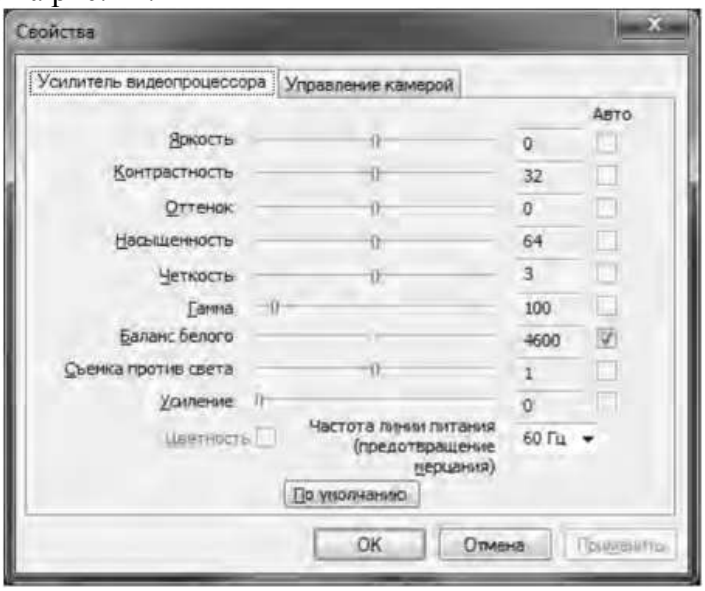



Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

Как видно из рис. 17, в данном окне можно изменить основные параметры настройки web-камеры, одновременно наблюдая за результатом на экране. При желании настройки можно вернуть в исходное состояние, нажав на кнопку **По умолчанию.**

Теперь поговорим о том, как организовать web-сессию в такой популярной программе, как Skype. Ее большим преимуществом является такой факт, что звонки между абонентами являются бесплатными. Однако, если вы делаете звонок на мобильный или стационарный телефон, вам потребуется позаботиться о том, чтобы на вашем счете были деньги. Положить деньги на оплату разговоров в Skype вы можете с использованием такого сервиса, как Яндекс.Деньги (https://money.yandex.ru/).

Инсталлируйте программу Skype, воспользовавшись ее адресом в сети Интернет http://www.skype.com/intl/ru/get-skype. После установки программа становится доступной после выполнения команды **Пуск/Все программы/ Skype/Skype. В** окне регистрации введите свой логин и пароль. Обратите внимание на то, что если вы установите флажок в пункте **Автоматическая авторизация при запуске Skype,** то вам не придется каждый раз вводить свои данные.

Добавьте своих друзей, родственников в список контактов, воспользовавшись командой **Контакты/Добавить контакт.** Вам нужно ввести фамилию, имя знакомого, его контактный телефон, адрес электронной почты. В результате ваши контакты будут располагаться в группе **Контакты** и будут видны при каждом запуске программы.

Выполним настройку web-камеры. Последовательно нажмем **Инструменты/Настройки/Настройки видео.** Появится окно, представленное на рис. 18.

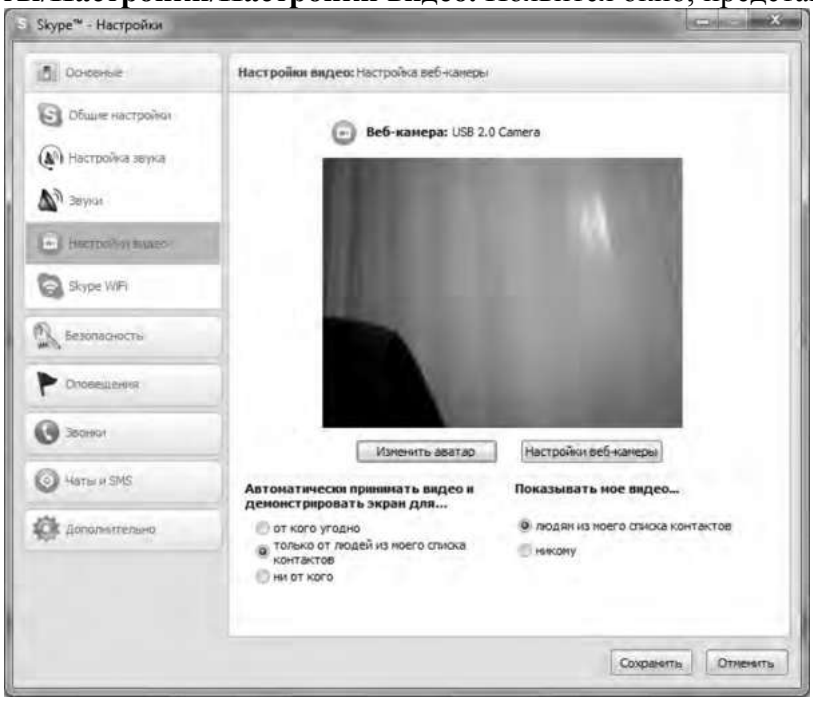



Рис.18. Окно Настройки

Если вы видите изображение - камера настроена и готова к работе. В противном случае, Skype выведет об этом текстовое сообщение. Теперь перейдем в меню **Настройка звука.** Проверьте, что поставлен флажок в опции **Разрешить автоматическую настройку микрофона.** Скажите несколько слов вслух, уровень громкости звука в опции **Громкость** должен изменяться. Окончательно проверить сделанные настройки можно с помощью контрольного звонка. Для этого, находясь в меню **Настройка** звука, выберите пункт **Сделать контрольный звонок в** Skype. В ходе контрольного звонка вы сможете сделать запись своего голоса в течение десяти секунд, а затем прослушать его. Если этот эксперимент окончится удачно, значит, все настройки выполнены правильно и программа готова к работе.

Теперь, когда мы завершили работу с настройками программы, можно попробовать сделать видеозвонок. Для этого необходимо совершить следующие действия:

1. Войти в программу Skype.
2. В группе **Контакты** щелчком мыши выбрать абонента. Во время звонка он должен быть в сети, о чем будет свидетельствовать соответствующий значок в программе Skype.
3. Нажать кнопку **Видеозвонок.**

Через несколько секунд соединение будет установлено и вы можете начать разговор, в процессе которого вы будете видеть и слышать своего собеседника. Подобная ситуация представлена на рис. 19.



Рис. 19 Сеанс связи установлен

Если во время разговоров у вас возникают неполадки со звуком, такие как сильный фоновый шум, эхо, задержка звука, «механический» звук или пропадание слов, следует убедиться в следующем:

1. Использует ли собеседник последнюю версию программы Skype? Информацию о версии программы можно получить, выполнив команду **По- мощь/О** Skype.
2. Нет ли рядом с микрофоном источников шума?
3. Не расположен ли микрофон рядом с динамиками?
4. Достаточно ли высокая скорость соединения?

Кроме того, когда программа Skype обнаруживает неполадки во время звонка, на экране появляется сообщение с рекомендациями, которые помогут вам повысить качество связи. Необходимо выполнить эти рекомендации.

Итак, вы получили теоретические сведения и практические навыки работы с организацией видео web-сессий, которые, несомненно, будут востребованы в вашей повседневной жизни.

*Задания:*

а)Зарегистрируйтесь на сервисе Forum2x2. Создайте форум своего учебного заведения, выбрав одну из четырех версий создания форумов. Выполните советы для успешного начала работы своего форума, приведенные в параграфе 5.4. После завершения работы отправьте на электронную почту преподавателя ссылку на созданный вами форум.

б)Установите на свой компьютер программу Skype. Сделайте видеозвонок вашему преподавателю (по предварительной договоренности).

## 2. Проведите диагностику стиля делового общения.

*Инструкция.* С помощью этого теста вы можете оценить свой стиль делового общения. Вам предложено 80 утверждений. Из каждой пары выберите одно — то, которое, как вы считаете, наиболее соответствует вашему поведению. Обратите внимание па то, что ни одна пара не должна быть пропущена. Тест построен таким образом, что ни одно из приведенных ниже утверждений не является ошибочным.

1. Я люблю действовать.
2. Я работаю над решением проблем систематическим образом.
3. Я считаю, что работа в командах более эффективна, чем на индивидуальной основе.
4. Мне очень нравятся различные нововведения.
5. Я больше интересуюсь будущим, чем прошлым.
6. Я очень люблю работать с людьми.
7. Я люблю принимать участие в хорошо организованных встречах.
8. Для меня очень важными являются окончательные сроки.

9. Я против откладываний и проволочек.
10. Я считаю, что новые идеи должны быть проверены прежде, чем они будут применяться на практике.
11. Я очень люблю взаимодействовать с другими людьми. Это меня стимулирует и вдохновляет.
12. Я всегда стараюсь искать новые возможности.
13. Я сам люблю устанавливать цели, планы и т.п.
14. Если я что-либо начинаю, то доделываю это до конца.
15. Обычно и стараюсь понять эмоциональные реакции других.
16. Я создаю проблемы другим людям.
17. Я надеюсь получить реакцию других на свое поведение.
18. Я нахожу, что действия, основанные на принципе «шаг за шагом», являются очень эффективными.
19. Я думаю, что хорошо могу понимать поведение и мысли других.
20. Я люблю творческое решение проблем.
21. Я все время строю планы на будущее.
22. Я восприимчив к нуждам других.
23. Хорошее планирование — ключ к успеху.
24. Меня раздражает слишком подробный анализ.
25. Я остаюсь невозмутимым, если на меня оказывают давление.
26. Я очень ценю опыт.
27. Я прислушиваюсь к мнению других.
28. Говорят, что я быстро соображаю.
29. Сотрудничество является для меня ключевым словом.
30. Я использую логические методы для анализа альтернатив.
31. Я люблю, когда одновременно у меня идут разные проекты.
32. Я постоянно задаю себе вопросы.
33. Делая что-либо, я тем самым учусь.
34. Полагаю, что я руководствуюсь рассудком, а не эмоциями.
35. Я могу предсказать, как другие будут вести себя в той или иной ситуации.
36. Я не люблю вдаваться в детали.
37. Анализ всегда должен предшествовать действиям.
38. Я способен оценить климат в группе.
39. У меня есть склонность не заканчивать начатые дела.
40. Я воспринимаю себя как решительного человека.
41. Я ищу такие дела, которые бросают мне вызов.
42. Я основываю свои действия на наблюдениях и фактах.
43. Я могу открыто выразить свои чувства.
44. Я люблю формулировать и определять контуры новых проектов.
45. Я очень люблю читать.
46. Я воспринимаю себя как человека, способного интенсифицировать, организовать деятельность других.
47. Я не люблю заниматься одновременно несколькими вопросами.
48. Я люблю достигать поставленных целей.
49. Мне нравится узнавать что-либо о других людях.
50. Я люблю разнообразие.
51. Факты говорят сами за себя.
52. Я использую свое воображение, насколько это возможно.
53. Меня раздражает длительная, кропотливая работа.
54. Мой мозг никогда не перестает работать.
55. Важному решению предшествует подготовительная работа.
56. Я глубоко уверен в том, что люди нуждаются друг в друге, чтобы завершить работу.

57. Я обычно принимаю решение, особо не задумываясь.
58. Эмоции только создают проблемы.
59. Я люблю быть таким же, как другие.
60. Я не могу быстро прибавить пятнадцать к семнадцати.
61. Я примеряю свои новые идеи к людям.
62. Я верю в научный подход.
63. Я люблю, когда дело сделано.
64. Хорошие отношения необходимы.
65. Я импульсивен.
66. Я нормально воспринимаю различия в людях.
67. Общение с другими людьми значимо само по себе.
68. Люблю, когда меня интеллектуально стимулируют.
69. Я люблю организовывать что-либо.
70. Я часто перескакиваю с одного дела на другое.
71. Общение и работа совместно с другими людьми являются творческим процессом.
72. Самоактуализация является крайне важной для меня.
73. Мне очень нравится играть идеями.
74. Я не люблю попусту терять время.
75. Я люблю делать то, что у меня получается.
76. Взаимодействуя с другими, я учусь.
77. Абстракции интересны для меня.
78. Мне нравятся детали.
79. Я люблю кратко подвести итоги, прежде чем прийти к какому-либо умозаключению.
80. Я достаточно уверен в себе.

*Обработка результатов.*

Обведите те номера, на которые вы ответили положительно, и отметьте их в приведенной ниже таблице. Посчитайте количество баллов по каждому стилю (один положительный ответ равен 1 баллу). Тот стиль, по которому вы набрали наибольшее количество баллов (по одному стилю не может быть более 20 баллов), наиболее предпочтителен для вас.
Если вы набрали одинаковое количество баллов по двум стилям, значит, они оба присущи вам.

*Ключ*

*Стиль 1:* 1, 8, 9, 13, 17, 24, 26, 31, 33, 40, 41, 48, 50, 53, 57, 63, 65, 70, 74, 79.
*Стиль 2:* 2, 7, 10, 14, 18, 23, 25, 30, 34, 37, 42, 47, 51, 55, 58, 62, 66, 69, 75, 78.
*Стиль 3:* 3, 6, 11, 15, 19, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 46, 49, 56, 59, 64, 67, 71, 76, 80.
*Стиль 4:* 4, 5, 12, J6, 20, 21, 28, 32, 36, 39, 44, 45, 52, 54, 60, 61, 68, 72, 73, 77.

*Интерпретация результатов*

*Стиль 1* — ориентация на действие. Характерно обсуждение результатов, конкретных вопросов, поведения, ответственности, опыта, достижений, решений. Люди, владеющие этим стилем, прагматичны, прямолинейны, решительны, легко переключаются с одного вопроса на другой.

*Стиль 2* — ориентация на процесс. Характерно обсуждение фактов, процедурных вопросов, планирования, организации, контролирования, деталей. Человек, владеющий этим стилем, ориентирован на систематичность, последовательность, тщательность. Он честен, многословен и мало эмоционален.

*Стиль 3* ориентация на людей. Характерно обсуждение человеческих нужд, мотивов, чувств, «духа работы в команде», понимания, сотрудничества. Люди этого стиля эмоциональны, чувствительны, умеют сопереживать окружающим.

*Стиль 4* — ориентация на перспективу, на будущее. Людям этого стиля присуще обсуждение концепций, больших планов, нововведений, различных вопросов, новых методов, альтернатив. Они обладают хорошим воображением, полны идей, но мало реалистичны и порой их сложно понять.

Задания:

а) На основе самодиагностики определите стиль делового общения

б) Дайте обоснование рекомендаций по совершенствованию делового общения.

# ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА

## Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения магистрантом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата магистрант может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

Реферат является первой ступенью на пути освоения навыков проведения научно-исследовательской работы. В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Магистрант для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

## Выбор темы реферата

Магистранту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем магистранту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять

библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

### Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

**Цель** – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Основная часть

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

**Титульный лист** оформляется в соответствии с Приложением.

**Оглавление** (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

**Введение.** В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

**Основная часть** реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

**Заключение** (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

**Библиография** (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

**Приложения** могут включать графики, таблицы, расчеты.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

### Общие требования к оформлению реферата

Рефераты по дисциплинам магистратуры направления подготовки 38.04.02 – «Менеджмент», как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется магистрантом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

## Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «…в табл. 2.2».

## Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

## Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

**Схема** – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

**Диаграмма** – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

**График** – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота

работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

## Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

## Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на

иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

**Статья одного, двух или трех авторов из журнала**

*Зотова Л. А., Еременко О. В.* Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

**Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами**

*Валютный курс и экономический рост* / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

**Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами**

*Иохин В. Я.* Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

**Книга, написанная более чем тремя авторами**

*Экономическая теория:* учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

**Сборники**

*Актуальные проблемы экономики и управления*: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

**Статья из сборника**

*Данилов А. Г.* Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

**Статья из газеты**

*Крашаков А. С.* Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

## Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

**Пример оформления затекстовой ссылки**

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы магистранта на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

**Советы магистранту:**

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.
- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).
- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

## ТЕМЫ РЕФЕРАТА

1. Общение как социально-психологическая категория.
2. Коммуникативная культура в деловом общении.
3. Условия общения и причины коммуникативных неудач.
4. Роль невербальных компонентов в речевом общении.
5. Речевой этикет, его основные функции и правила.
6. Причины отступлений от норм в речи, типы речевых ошибок, пути их устранения и предупреждения.
7. Деловая беседа (цели, задачи, виды, структура).
8. Особенности телефонного разговора.
9. Новые тенденции в практике русского делового письма.
10. Культура дискутивно-полемической речи. Виды споров, приемы и уловки в споре
11. Основные правила эффективного общения.
12. Личность как субъект общения. Коммуникативная компетентность личности.
13. Конфликтное поведение и причины его возникновения в деструктивном взаимодействии.
14. Деловое общение и управление им.
15. Отношения сотрудничества и конфликта в представлениях российских работников.
16. Реформы в России и проблемы общения молодого поколения и работодателей.
17. Культура речи в деловом общении.
18. Содержание закона конгруэнтности и его роль в деловом общении.
19. Этика использования средств выразительности деловой речи.
20. Особенности речевого поведения.
21. Культура устной и письменной речи делового человека в современной России.
22. Вербальные конфликтогены в практике современного российского общества.
23. Этические нормы телефонного разговора.
24. Основные тенденции развития Российской деловой культуры.
25. Характеристика манипуляций в общении.
26. Приемы, стимулирующие общение и создание доверительных отношений.
27. Правила подготовки публичного выступления.
28. Правила подготовки и проведения деловой беседы.
29. Типология конфликтных личностей и способы общения с ними.
30. Этикет и имидж делового человека.

# ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете*(в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

# ФТД.В.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Направление подготовки
***15.03.02 Технологические машины и оборудование***

Направленность (профиль)
***Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов***

| | |
|---|---|
| Одобрена на заседании кафедры | Рассмотрена методической комиссией |
| *Управления персоналом* | Горно-механического факультета |
| *(название кафедры)* | *(название факультета)* |
| Зав.кафедрой _____ | Председатель _____ |
| *(подпись)* | *(подпись)* |
| Ветошкина Т.А | Осипов П.А |
| *(Фамилия И.О.)* | *(Фамилия И. О.)* |
| Протокол № 1 от 16.09.2021 | Протокол № 2 от 12.10.2021 |
| *(Дата)* | *(Дата)* |

Екатеринбург

Автор: Полянок О.В., к.пс.н., доцент

**СОДЕРЖАНИЕ**


| | | |
|---|---|---|
| | Введение | 3 |
| 1 | Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий | 5 |
| 2 | Методические указания по подготовке к опросу | 9 |
| 3 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям | 11 |
| 4 | Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям | 13 |
| 5 | Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов | 14 |
| | Заключение | 17 |
| | Список использованных источников | 18 |

# ВВЕДЕНИЕ

***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;
- развитияисследовательских умений;
- получения 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.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

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 студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

## 1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

***Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций***. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации [1] . Формально можновыделить следующиеэтапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

***Дискуссия*** занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

***Метод «мозговой атаки»*** или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

***Презентация,*** или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю;

групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

## 2. Методические указанияпо 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 Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

***Письменный опрос***

В соответствии с технологической картой 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. 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 дляосвещения 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[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (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. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

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. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

## 3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;

- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

## 4.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 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 (от доски смелом до самых современных технических средств), 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. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

## 5.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.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

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, логико-графическими схемами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильнаяорганизация 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) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи 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.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf