Учебное издание

Ирина Альбертовна Низова, Наталья Анатольевна Зайцева

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

Учебное пособие

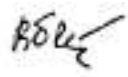
Редактор изд-ва

Компьютерная верстка И.*А.Низовой*

Подписано в печать .Бумага писчая. Формат 60×84 1/16.
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. Уч.-изд. л. 1,0 .Тираж 100 .Заказ

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

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

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«15» декабря 2018 г.
Председатель комиссии

проф. В. П. Барановский

М. Л. Хазин

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов
по направлению 21.05.04 «Горное дело»
для студентов очного и заочного обучения

Екатеринбург, 2019

Х12

Рецензенты: Тихонов И. Н., к-т. техн. наук, зав. кафедрой «Электронное машиностроение» УрФУ, Жуков Ю. Н., д-р. техн. наук, профессор кафедры «Электронное машиностроение» УрФУ

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры эксплуатации горного оборудования 05 июня 2018 года
(протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Хазин М. Л. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ: Методические указания по самостоятельной работе студентов. Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 24 с.

В методических указаниях по самостоятельной работе приведена последовательность выполнения практических и самостоятельных работ по дисциплине «Материаловедение», изложена методика решения задач, даны задачи, вопросы для самопроверки по разделам.

Методические указания предназначены для студентов направлений специалитета 21.05.04 Горное дело, подготовка которых требует знаний по свойствам и применению металлических и неметаллических материалов.

© Хазин М. Л., 2019
© Уральский государственный

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование производства, выпуск современных разнообразных машиностроительных конструкций, специальных приборов, машин и различной аппаратуры невозможны без дальнейшего развития производства и изыскания новых материалов, как металлических, так и неметаллических.

Материаловедение является одной из первых инженерных дисциплин, основы которой широко используются при курсовом и дипломном проектировании, а также в практической деятельности инженера-машиностроителя.

Прогресс в области машиностроения тесно связан с созданием и освоением новых, наиболее экономичных материалов, обладающих самыми разнообразными механическими и физико-химическими свойствами. Свойства материала определяются его внутренним строением, которое, в свою очередь, зависит от состава и характера предварительной обработки. В курсе "Материаловедение" изучаются физические основы этих связей.

ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ЧАСТЬ I. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

Строение металлов

Металловедение как наука о свойствах металлов и сплавов. Типы связи в твердых телах. Атомно-кристаллическое строение металлов. Процесс кристаллизации.

Рассмотрите типы химической связи в твердых телах, основное внимание обратите на особый тип металлической связи, который обусловливает отличительные свойства металлов: высокую электропроводность и теплопроводность, высокую пластичность и металлический блеск. Металлические тела характеризуются кристаллическим строением. Однако свойства реальных кристаллов определяются известными несовершенствами кристаллического строения. В связи с этим необходимо разобраться в видах несовершенств и особенно в строении дислокаций (линейных несовершенств), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влияния на механические свойства.

Термодинамические причины фазовых превращений являются одним из частных случаев общего закона природы: стремления любой системы

к состоянию с наименьшим запасом энергии (в данном случае свободной энергии). Уясните теоретические основы процесса кристаллизации, состоящего из двух элементарных процессов: зарождения и роста кристаллов, и влияния на эти параметры степени переохлаждения.

В процессе кристаллизации при формировании структуры литого металла решающее значение имеет реальная среда, а также возможность искусственного воздействия на строение путем модифицирования.

Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи?
2. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?
3. Что такое элементарная ячейка?
4. Что такое полиморфизм?
5. Что такое параметр кристаллической решетки, плотность упаковки и координационное число?
6. Что такое мозаичная структура?
7. Виды дислокаций и их строение.
8. Каковы термодинамические условия фазового превращения?
9. Каковы параметры процесса кристаллизации?
10. Что такое переохлаждение?

Теория сплавов

Сплавы, виды взаимодействия компонентов в твердом состоянии. Диаграммы состояния для случаев полной нерастворимости, неограниченной и ограниченной растворимости компонентов в твердом виде, а также для случая образования устойчивого химического соединения.

Необходимо отчетливо представлять строение металлов и сплавов в твердом состоянии. Уясните, что такое твердый раствор, химическое (металлическое) соединение, механическая смесь. Наглядное представление о состоянии любого сплава в зависимости от его состава и температуры дают диаграммы состояния. Нужно усвоить общую методику построения диаграмм состояния для различных случаев взаимодействия компонентов в твердом состоянии.

При изучении диаграмм состояния нужно уметь применять правило отрезков (для определения доли каждой фазы или структурной составляющей в сплаве), правило фаз (для построения кривых нагревания и охлаждения), определять химический состав фаз. С помощью правил Курнакова нужно уметь установить связь между составом, строением и свойствами сплава.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое компонент, фаза, физико-химическая система, число степеней свободы?
2. Приведите объяснение твердого раствора, механической смеси, химического (металлического) соединения.
3. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения?
4. Как строятся диаграммы состояния?
5. Объясните принцип построения кривых нагревания и охлаждения с

помощью правила фаз.

6. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов.

7. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии.

8. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов.

10. Каким образом определяются состав фаз и их количественное соотношение?

Пластическая деформация и механические свойства металлов

Напряжения и деформация. Явление наклепа. Стандартные механические свойства: твердость; характеристики, определяемые при растяжении; ударная вязкость; сопротивление усталости.

Рассмотрите физическую природу деформации и разрушения. Внимание уделите механизму пластической деформации, ее влиянию на плотность дислокаций. Уясните связь между основными характеристиками, строением и механическими свойствами. Разберитесь в сущности явления наклепа и его практическом использовании.

Изучите основные методы исследования механических свойств металлов и физический смысл определяемых при разных методах испытания характеристик.

Вопросы для самопроверки

1. В чем различие между упругой и пластической деформациями?

2. Как изменяется строение металла в процессе пластического деформирования?

3. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации?

4. Как влияют дислокации на прочность металла?

5. Почему наблюдается огромное различие теоретической и практической прочности?

6. Как влияет изменение строения на свойства деформированного металла?

7. В чем сущность явления наклепа и какое он имеет практическое использование?

8. Какие характеристики механических свойств определяются при испытании на растяжение?

9. Что такое твердость?

10. Какие методы определения твердости вы знаете?

Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла

Необходимо знать сущность рекристаллизационных процессов: возврата, первичной рекристаллизации, собирательной (вторичной) рекристаллизации, протекающих при нагреве деформированного металла. Уясните, как при этом изменяются механические, физико-химические свойства и размер зерна. Установите влияние состава сплава и степени пластической деформации на протекание рекристаллизационных процессов. Научитесь выбирать режим рекристаллизационного отжига. Уясните его практическое значение, различие между холодной и горячей пластическими деформациями.

Вопросы для самопроверки

1. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве?
2. В чем сущность процесса возврата?
3. Что такое полигонизация?
4. Сущность процессов первичной и вторичной рекристаллизации.
5. Как влияют состав сплава и степень пластической деформации на температуру рекристаллизации?
6. Что такое критическая степень деформации?
7. В чем различие между холодной и горячей пластическими деформациями?
8. Как изменяются строение и свойства металла при горячей пластической деформации?
9. Каково назначение рекристаллизационного отжига и как он осуществляется?

Железо и его сплавы

Диаграмма состояния железо - цементит. Классификация железоуглеродистых сплавов. ГОСТы на металлы и сплавы. Фазы, образуемые легирующими элементами в сплавах железа. Структурные классы легированных сталей. Чугуны.

Научитесь вычерчивать диаграмму состояния железо - цементит и определять все фазы и структурные составляющие этой системы. С помощью правила фаз постройте кривые охлаждения (или нагревания) для любого сплава; разберитесь в классификации железоуглеродистых сплавов и усвойте, что различие между тремя классами (техническое железо, сталь, чугун) не является формальным (по содержанию углерода). Разные классы сплавов принципиально различны по структуре и свойствам. Технические железоуглеродистые сплавы состоят не только из железа и углерода, но и обязательно содержат постоянные примеси, попадающие в сплав в результате предыду-

щих операций при выплавке.

Изучите влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и объясните, при каком сочетании углерода и соответствующего легирующего элемента могут быть получены легированные стали ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

Уясните влияние постоянных примесей на строение чугуна и разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Запомните основные механические свойства и назначение чугунов различных классов и их маркировку. Обратите внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Изучите физическую сущность процесса графитизации.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит?
2. Какие превращения происходят в сплавах при температурах A1, A2, A3, A4, Acm?
3. Каковы структуры серых чугунов? 1
4. Каковы структура и свойства технического железа, стали и белого чугуна?
5. Как влияют легирующие элементы на положение критических точек железа и стали?
6. Какие легирующие элементы являются карбидообразующими?
7. Какие легирующие элементы способствуют графитизации?
8. Как влияют легирующие элементы на свойства феррита и аустенита?
9. В чем отличие серого чугуна от белого?
10. Классификация и маркировка серых чугунов.

Теория термической обработки стали

Превращения в стали при нагреве. Превращения переохлажденного аустенита. Мартенситное превращение и его особенности. Превращения аустенита при непрерывном охлаждении. Превращения при отпуске закаленной стали.

Теория и практика термической обработки стали - главные вопросы металловедения. Термическая обработки - один из основных способов влияния на строение, а следовательно, и на свойства сплавов.

При изучении превращений переохлажденного аустенита особое внимание обратите на диаграмму изотермического распада, устанавливающую связь между температурными условиями превращения, интенсивностью распада и строением продуктов превращения.

Изучите влияние легирующих элементов на кинетику и характер превращения аустенита в перлитной, промежуточной и мартенситной областях. В связи с влиянием легирующих элементов на диаграммы изотермического распада аустенита рассмотрите причины получения различных классов по

структуре (перлитного, мартенситного, аустенитного). Уясните влияние легирующих элементов на превращения при отпуске. Запомните, что легирующие элементы, как правило, затормаживают процессы превращений.

Вопросы для самопроверки

1. Механизм образования аустенита при нагреве стали.
2. Каковы механизмы и температурные районы образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, тростита) и бейнита?
3. В чем различие между перлитом, сорбитом и троститом?
4. Что такое мартенсит и в чем сущность и особенности мартенситного превращения?
5. Что такое критическая скорость закалки?
6. От чего зависит количество остаточного аустенита?
7. В чем сущность превращений, происходящих при отпуске?
8. Как влияют легирующие элементы на перлитное превращение?
9. В чем сущность явления отпускной хрупкости?
10. Как влияют легирующие элементы на превращения при отпуске?

Технология термической обработки

Основные виды термической обработки стали. Отжиг, нормализация, закалка, обработка холодом. Прокаливаемость стали. Отпуск стали. Поверхностная закалка.

Уясните влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали и физическую сущность процессов отжига, нормализации, закалки и обработки холодом. При изучении технологических процессов термической обработки особое внимание обратите на разновидности режимов и их назначение. Для выяснения причин брака при термической обработке стали следует прежде всего разобраться в природе термических и фазовых напряжений.

Уясните различие между закаливаемостью и прокаливаемостью стали, а также факторы, влияющие на эти характеристики. Разберитесь в способе получения высокопрочных деталей - термомеханической обработке.

Различные виды поверхностной закалки позволяют получить особое сочетание свойств поверхностного слоя и сердцевины, что приводит к повышению эксплуатационных характеристик изделия.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите определения основных процессов термической обработки: отжига, нормализации и закалки.
2. Какие вам известны разновидности процесса отжига и для чего они применяются?
3. Какова природа фазовых и термических напряжений?
4. Какие вам известны разновидности закалки и в каких случаях они

применяются?

5. Каковы виды и причины брака при закалке?

6. Какие Вам известны группы охлаждающих сред и каковы их особенности?

7. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?

8. Какие вам известны технологические приемы уменьшения деформации при термической обработке?

9. Для чего и как производится обработка холодом?

10. . В чем сущность и особенности термомеханической обработки.

Химико-термическая обработка стали и поверхностное упрочнение наклепом

Физические основы химико-термической обработки. Цементация. Азотирование. Цианирование. Диффузионная металлизация. Дробеструйный наклеп.

При изучении основ химико-термической обработки следует исходить из того, что принципы химико-термической обработки едины. Процесс химико-термической обработки состоит из выделения атомов насыщающего вещества внешней средой, захвата (сорбции) этих атомов поверхностью металла и диффузии их внутрь металла. Поэтому рассмотрите реакции в газовой среде при цементации или азотировании и усвойте современные представления о процессе диффузии в металлах. В большинстве случаев насыщение может происходить из твердой, жидкой и газовой сред, а поэтому нужно знать наиболее удачные варианты насыщения для каждого метода химико-термической обработки и конечные результаты (поверхностное упрочнение и изменение физико-химических свойств).

Разберитесь в технологии проведения отдельных видов химико-термической обработки. Уясните преимущества и области использования цементации, азотирования, цианирования и различных видов диффузионной металлизации. Объясните влияние легирования на механизм формирования структуры поверхностного слоя. Рассмотрите сущность и назначение дробеструйного поверхностного наклепа и его влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки?

2. Химизм процесса азотирования.

3. Химизм процесса цементации.

4. Назначение цементации и режим термической обработки после нее.

5. Для каких целей и как производится нитроцементация?

6. Каковы свойства цементированных и азотированных изделий?

7. Химизм и назначение процесса цианирования.

8. Сущность и назначение процесса борирования.

9. Как изменяются свойства изделий при дробеструйной обработке и какова природа этих изменений?

10. Как влияет поверхностное упрочнение на эксплуатационные характеристики изделий?

Конструкционные стали

Конструкционные стали общего назначения. Цементуемые, улучшаемые, пружинно-рессорные стали. Высокопрочные мартенситостареющие стали. Коррозионно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы. Жаропрочные стали и сплавы.

Нужно усвоить принципы маркировки сталей и уметь по маркировке определить состав и особенности данной стали, а также иметь общее представление о разных группах стали.

Разберитесь во влиянии легирующих элементов на изменение структуры и свойств стали, особое внимание уделите технологическим особенностям термической обработки легированной стали различных групп.

Рассмотрите способы классификации, основные принципы выбора для различного назначения цементуемых, улучшаемых, пружинно-рессорных, износостойких, высокопрочных, нержавеющих, жаропрочных и других сталей.

При изучении жаропрочных сталей обратите внимание на особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах. Уясните сущность явления ползучести и основные характеристики жаропрочности; каковы предельные рабочие температуры и области применения сталей различного структурного класса.

В качестве примеров указать две-три марки стали каждой группы, расшифровать состав, назначить режим термической обработки и охарактеризовать структуру, свойства и область применения.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите химический состав сталей марок: 40, 20Х, 30ХГСА, 50Г, Г13, ШХ15, 18Х2Н4ВА, 5ХНМ, Х18Н9Т, Н18К8М5Т.

2. Как классифицируются конструкционные стали по технологии термической обработки?

3. Какие требования предъявляются к цементуемым изделиям?

4. Чем определяется выбор марки цементуемой стали для изделий различного назначения?

5. Какова термическая обработка цементуемых деталей?

6. Чем объясняется назначение процесса улучшения для конструкционной стали?

7. Как влияет степень легирования на механические свойства улучшае-

мой стали?

8. Какие требования предъявляются к рессорно-пружинным сталям?

9. Какие вы знаете износостойкие стали?

10. Каковы требования, предъявляемые к нержавеющим сталям?

Инструментальные стали

Классификация и маркировка инструментальных сталей. Стали, не обладающие и обладающие теплостойкостью. Стали для режущего, измерительного и штампового инструмента. Твердые сплавы.

Изучите классификацию инструментальных сталей в зависимости от назначения инструмента и в связи с этим рассмотрите основные эксплуатационные свойства инструмента каждой группы. Особое внимание уделите быстрорежущим сталям. Уясните причины их высокой красностойкости и особенности термической обработки.

Вопросы для самопроверки

1. Укажите химический состав сталей марок: У10, 9ХС, ХВГ, Р18, Р18Ф2, Р9К10, Р9М4К8, Х12, 6ХВ2С, Х12М.

2. Как классифицируются инструментальные стали?

3. Требования, предъявляемые к сталям для режущего инструмента.

4. Приведите примеры углеродистых и легированных сталей, используемых для режущего инструмента.

5. Укажите и расшифруйте основные марки быстрорежущей стали.

6. Что представляют собой твердые сплавы?

7. Каковы свойства и преимущества твердых сплавов?

8. Укажите марки твердых сплавов, их состав и назначение.

Алюминий, магний и их сплавы

Деформируемые и литейные сплавы.

Обратите внимание на основные преимущества алюминиевых и магниевых сплавов, связанные с их высокой удельной прочностью. Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов и обоснуйте технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Разберитесь в основах теории термической обработки (старения) легких сплавов. Обоснуйте выбор способа упрочнения деформируемых и литейных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Свойства и применение алюминия.

2. Как классифицируются алюминиевые сплавы?

3. Какие сплавы упрочняются путем термической обработки?

4. В чем сущность процесса старения?

5. Какие сплавы не упрочняются путем термической обработки?

6. Какие вы знаете литейные алюминиевые сплавы?
7. Какие вы знаете жаропрочные алюминиевые сплавы?
8. Какие вы знаете порошковые алюминиевые сплавы?
9. Каковы свойства магния?
10. Укажите свойства и назначение сплавов на основе магния.

Медь и ее сплавы

Латуни и бронзы.

Изучите классификацию медных сплавов и уясните маркировку, состав, структуру, свойства и области применения разных групп медных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Как влияют примеси на свойства чистой меди?
2. Как классифицируются медные сплавы?
3. Какие сплавы относятся к латуням?
4. Приведите несколько примеров латуней с указанием их состава, структуры, свойств и назначения.
5. Какие сплавы относятся к бронзам? Их маркировка и состав.
6. Укажите строение, свойства и назначение различных бронз.
7. Какой термической обработке подвергается бериллиевая бронза?

Композиционные материалы

Обратите внимание на принципиальное отличие композиционного материала, заключающееся в сочетании разнородных материалов с четкой границей раздела между ними. В связи с тем, что композит обладает свойствами, которыми не может обладать ни один из его компонентов в отдельности, такие материалы становятся весьма перспективными в различных областях новой техники. Укажите свойства композитов в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и взаимного расположения наполнителя. Уясните возможность использования композитов в качестве жаропрочных материалов и способы повышения их жаропрочности.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое композиты?
2. Как подразделяют композиты в зависимости от формы и размеров наполнителя?
3. Как подразделяют композиты по виду матрицы?
4. От чего зависят механические свойства композитов?
5. Какие композиционные материалы используют для работы при высоких температурах (жаропрочные)?

ЧАСТЬ II. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Пластические массы

В основе неметаллических материалов лежат полимеры. Обратите внимание на особенности строения полимеров, которые определяют их механические и физико-химические свойства. Классификация полимерных материалов. Свойства и области применения пластмасс.

Пластические массы - искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связывающих веществ, которые являются обязательными компонентами пластмасс. Изучите различные группы пластических масс, их свойства и области применения.

Вопросы для самопроверки

1. Что лежит в основе классификации полимеров?
2. Какие материалы относятся к обратимым и необратимым полимерам?
3. Какие вы знаете наполнители пластмасс?
4. Для чего вводят в пластмассы отвердители?
5. Приведите примеры пластиков с твердыми наполнителями.
6. Укажите область применения термопластов и реактопластов.
7. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?

Резиновые материалы

Как технический материал резина отличается от других материалов высокими эластичными свойствами, что связано со свойствами самой основы резины - каучука. Уясните состав резины, способы получения и влияние различных добавок на ее свойства. Подробно рассмотрите влияние порошковых и органических наполнителей на свойства резины, изучите физико-механические свойства и области применения резин различных марок.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой резина?
2. Какие компоненты относятся к совмещающимся и как они влияют на свойства резины?
3. Объясните роль порошковых наполнителей.
4. В каких случаях применяются волокнистые наполнители?

Неорганические материалы

Поскольку большинство неорганических материалов содержит различные соединения кремния с другими элементами, эти материалы получили

общее название силикатных материалов. Обратите внимание на внутреннее строение неорганического стекла. Уясните сущность стеклообразного состояния как разновидности аморфного состояния вещества. Разберитесь в изменении свойств стекла в зависимости от состава. Рассмотрите стеклокристаллические материалы (ситаллы) и их отличие от стекла минерального. Уясните причины образования кристаллической структуры ситаллов.

При изучении керамических материалов обратите внимание на отличие технической керамики от обычной. Разберитесь в химическом и фазовом составах технической керамики, ее свойствах и области применения.

Вопросы для самопроверки

Какие силикатные материалы относятся к минеральному стеклу?

Их отличительные свойства.

Как достигаются электроизоляционные или электропроводящие свойства стекла?

Объясните причины, вызывающие кристаллизацию ситаллов (стеклокристаллитов).

Укажите область применения ситаллов.

5. В чем отличие технической керамики от обычной? Укажите область ее применения.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Задания на контрольные работы выдают индивидуально каждому студенту. Задание включает вопросы и задачи по основным разделам курса.

При выполнении контрольных работ студенты изучают методику выбора и назначения сталей и сплавов для изготовления конкретных деталей машин и различного вида инструментов, а также знакомятся с особенностями строения, технологией получения и областью применения наиболее распространенных неметаллических материалов. Одновременно студент должен научиться пользоваться рекомендуемыми справочными материалами, с тем чтобы уметь в дальнейшем правильно выбрать материал при курсовом и дипломном проектировании.

Перечень ГОСТов, необходимых для выполнения контрольных работ, приведен в приложении. Диаграмма состояния железо-цементит и диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8 также приведены в приложении (см. рис. 1 и 2).

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Вариант 1

1. Что такое ликвация? Виды ликвации, причины их возникновения и способы устранения.

2. Дайте определение ударной вязкости (KCV). Опишите методику из-

мерения этой характеристики механических свойств металла.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,6% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 45...50 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.

5. Как изменяются структура и свойства стали 40 и У12 в результате закалки от температуры 750 и 850° С. Объясните с применением диаграммы состояния железо-цементит. Выберите оптимальный режим нагрева под закалку каждой стали.

Вариант 2

1. Как и почему скорость охлаждения при кристаллизации влияет на строение слитка?

2. Из листа свинца путем прокатки при комнатной температуре была получена тонкая фольга. Твердость и прочность этой фольги оказались такими же, как у исходного листа. Объясните, какие процессы происходили при пластической деформации свинца и какими изменениями структуры и свойств они сопровождались.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо -цементит и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и температуру отпуска, необходимые для обеспечения твердости 400 НВ. Опишите превращения на всех этапах термической обработки и получаемую структуру.

5. Для каких целей применяется диффузионный отжиг? Как выбирается режим такого отжига? Приведите примеры.

Вариант 3

1. Опишите виды твердых растворов. Приведите примеры.

2. Дайте определение твердости. Какими методами измеряют твердость металлов и сплавов? Опишите их.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-цементит, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для

стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 150 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в данном случае.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит обоснуйте выбор режима термической обработки, применяемой для устранения цементитной сетки в заэвтектоидной стали. Дайте определение выбранного режима обработки и опишите превращения, которые происходят при нагреве и охлаждении.

Вариант 4

1. Опишите физическую сущность и механизм процесса кристаллизации.

2. Для чего проводится рекристаллизационный отжиг? Как назначается режим этого вида обработки? Приведите несколько конкретных примеров.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму изотермического превращения аустенита, объясните, почему нельзя получить в стали чисто мартенситную структуру при охлаждении ее со скоростью меньше критической?

5. После термической обработки углеродистой стали получена структура цементит + мартенсит отпуска. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату заданной стали (примерно) и обоснуйте температуру нагрева этой стали под закалку. Так же укажите температуру отпуска.. Опишите превращения, которые произошли при термической обработке.

Вариант 5

1. Что такое ограниченные и неограниченные твердые растворы? Каковы необходимые условия образования неограниченных твердых растворов?

2. Опишите сущность явления наклепа и примеры его практического использования.

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава содержащего 1,1% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. При непрерывном охлаждении стали У8 получена структура троостит + мартенсит. Нанесите на диаграмму изотермического превращения аустенита кривую охлаждения, обеспечивающую получение данной структуры. Укажите интервалы температур превращений и опишите характер превращения в каждом из них.

5. С помощью диаграммы состояния железо - цементит установите температуру полной и неполной закалки для стали 45 и опишите структуру и свойства стали после каждого вида термической обработки.

Вариант 6

1. Начертите диаграмму состояния для случая ограниченной растворимости компонентов в твердом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2. Волочение медной проволоки проводят в несколько переходов. В некоторых случаях проволока на последних переходах разрывается. Объясните причину разрыва и укажите способ его предупреждения.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 0,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 200 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в этом случае.

5. Используя диаграмму состояния железо-цементит, установите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У12. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого вида обработки.

Вариант 7

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к железу. Какое практическое значение оно имеет?

2. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве, какие процессы происходят при этом?

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 0,7 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей твердость 20...25 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура образуется в данном случае.

5. Плашки из стали УНА закалены: первая - от температуры 760° С, вторая - от температуры 850° С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите температуры закалки, объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

Варианта 8

1. В чем сущность процесса модифицирования? Приведите пример использования модификаторов для повышения свойств литейных алюминиевых сплавов.

2. В чем различие между холодной и горячей пластической деформацией? Опишите особенности обоих видов деформации.

3. Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 5,0 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Углеродистые стали 35 и У8 после закалки и отпуска имеют структуру мартенсит отпуска и твердость: первая 45 HRC, вторая - 60 HRC. Используя диаграмму состояния железо - цементит и учитывая превращения, происходящие при отпуске, укажите температуру закалки и температуру отпуска для каждой стали. Опишите превращения, происходящие в этих сталях в процессе закалки и отпуска, и объясните, почему сталь У8 имеет большую

твердость, чем сталь 35.

5. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 760 и 840º С. С помощью диаграммы состояния железо-цементит укажите, какие структуры образуются в каждом случае. Объясните причины образования разных структур и рекомендуйте оптимальный режим нагрева под закалку данной стали.

Вариант 9

1. Охарактеризуйте особенности металлического типа связи и основные свойства металлов.

2. Какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается прочность металлов и сплавов? Как эти характеристики определяются?

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 4,8 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. С помощью диаграммы состояния железо-цементит установите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 20, Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

5. Почему для изготовления инструмента применяется сталь с исходной структурой зернистого перлита? В результате какой термической обработки можно получить эту структуру? Приведите конкретный режим для любой инструментальной стали.

Вариант 10

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к титану. Какое практическое значение оно имеет?

2. Каким способом можно восстановить пластичность холоднокатаной медной ленты? Назначьте режим термической обработки и опишите сущность происходящих процессов.

3. Постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава железа, содержащего 1,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура при этом получается. Опишите сущность происходящих превращений.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве доэвтектоидной стали. Покажите критические точки АС1 и АС3 для выбранной вами стали. Установите режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закалки, опишите получаемую структуру и свойства стали.

ЛИТЕРАТУРА

Арзамасов Б. Н., Сидорин И. И. и др. Материаловедение: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2008. 648 с.

Батышев А. И., Безпалько В. И., Смолькин А. А. Материаловедение и технология материалов М.: Изд-во Инфра-М, 2012. 288 с.

Богодухов С. И., Козик Е. С.. Материаловедение: учеб. для вузов. М.: Машиностроение, 2015. 504 с.

Бондаренко, Г. Г. Кабанова Т. А., Рыбалко В. В. Материаловедение: учебник для бакалавров / под ред. Г. Г. Бондаренко. 2-е изд. М.: Юрайт, 2014. 359 с.

Комаров О. С., Керженцева А. Ф., Макаева Г. Г. Материаловедение в машиностроении. М.: Высшая школа. 2009. 304 с.

Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 2009. 528 с.

Хазин М. Л. Материаловедение: методические материалы. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2008. 208 с.

Хазин М. Л. Материаловедение: учебно-практическое пособие. Урал. гос. горный ун-т – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 184 с.

.

ПРИЛОЖЕНИЯ

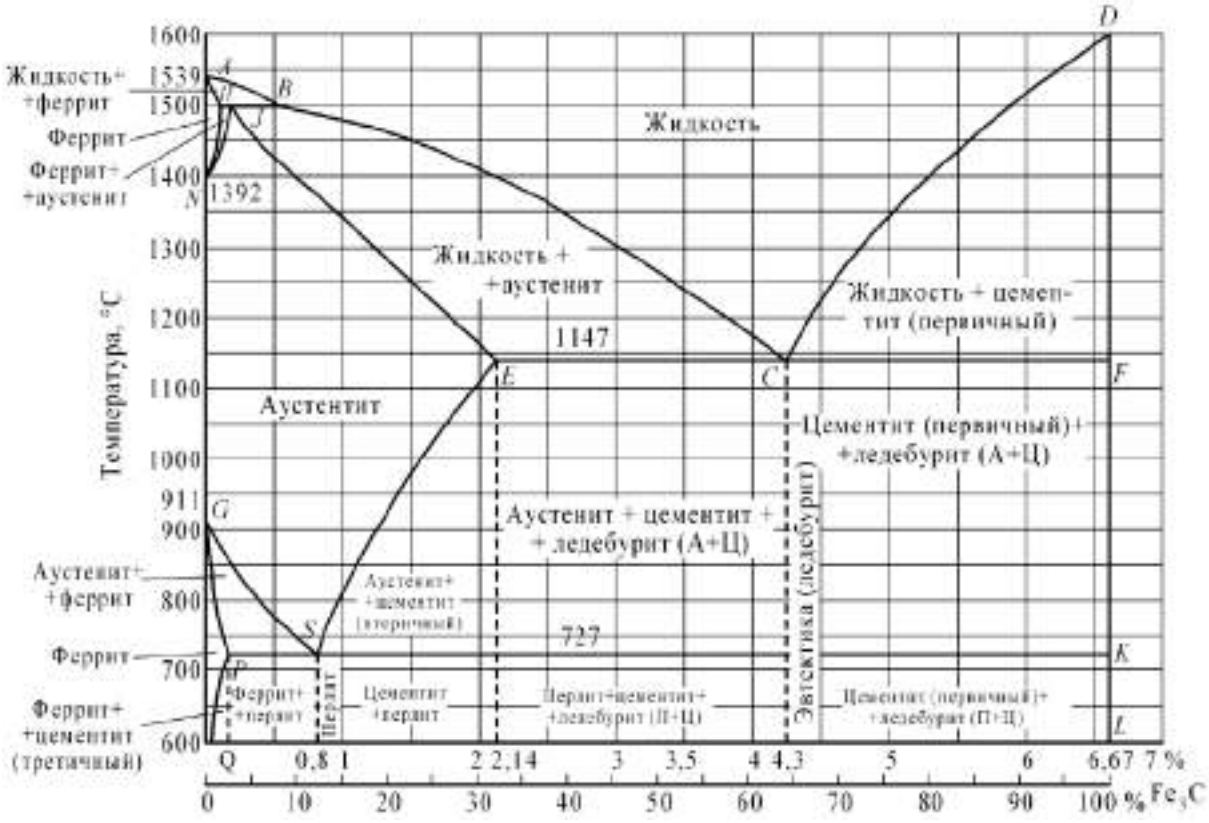


Рисунок 1 – Диаграмма состояния железо-цементит

Перечень ГОСТов на стали и сплавы

1. Сталь

Углеродистая обыкновенного качества – ГОСТ 380-71

Углеродистая качественная – ГОСТ 1050-74

Легированная, конструкционная, качественная, рессорно-пружинная– ГОСТ 1050-74

Углеродистая инструментальная – ГОСТ 1435-74

Легированная инструментальная – ГОСТ 5950-73

Подшипниковая – ГОСТ 801-78

Быстрорежущие стали – ГОСТ 19265-73

Конструкционный повышенной и высокой обрабатываемости резанием – ГОСТ 1414-75

Жаростойкие и жаропрочные – ГОСТ 5632-72

Коррозионностойкие – ГОСТ 5632-72

Сплавы твердые спеченные – ГОСТ 3882-74

Магнитотвердые (для постоянных магнитов) – ГОСТ 6862-71

Электротехнические – ГОСТ 21427.0-75...

ГОСТ 21427.3-75

2. Чугун

Серый – ГОСТ 1412-79

Ковкий – ГОСТ 1215-79

Высокопрочный – ГОСТ 7293-85
Жаростойкий – ГОСТ 7769-75
3. Алюминий и его сплавы
Алюминий – ГОСТ 11069-74
Деформируемые – ГОСТ 4784-74
Литейные – ГОСТ 2685-75
4. Медь и ее сплавы
Медь ГОСТ 859 – 78
Латунь двойная и многокомпонентная
деформируемая – ГОСТ 15527-70
Латунь литейная – ГОСТ 17711-80
Бронза оловяннистая деформируемая – ГОСТ5017-74
Бронза безоловяннистая деформируемая – ГОСТ 18175-78
Бронза оловяннистая литейная – ГОСТ 613-79
Бронза безоловяннистая литейная – ГОСТ 493-79
Медно-никелевые сплавы – ГОСТ 492-73
5. Титановые сплавы – ГОСТ 19807-74
6. Антифрикционные сплавы
Алюминиевые – ГОСТ 14113-78
Цинковые – ГОСТ 21437-75
Баббиты – ГОСТ 1320-74
7. Магний и его сплавы
Магний – ГОСТ 804-72
Деформируемые – ГОСТ 14957-76
Литейные – ГОСТ 2856-79

Учебное издание

Хазин Марк Леонтьевич

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-практическое пособие
по выполнению практических и
самостоятельных работ
для студентов очного и заочного обучения
направлений
направлений специалитета
21.05.04 Горное дело

Редактор Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка автора

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,51. Уч.-изд. л. 1,71. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Федеральное агентство по образованию
ФБГОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение»
для студентов технологических специальностей
очной и заочной форм обучения
Часть 1.

УДК
И57
Рецензент: Боровков В. А., доцент кафедры информатики

Прикладное программное обеспечение. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» для студентов технологических специальностей очной и заочной форм обучения / В. В. Тимухина, А. В. Дружинин, Т. Г. Завражина, Р. А. Мезенцева, Т. А. Самакаева, С. М. Колмогорова. – Екатеринбург: Изд–во УГГУ.–2021 – с.118

В методическом руководстве студентам предложены задания и методические указания по их выполнению в Windows, Word, Excel.

© Уральский государственный горный университет, 2021
© Авторы, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Методическое руководство для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» для студентов технологических специальностей очной и заочной форм обучения состоит из двух частей в соответствии с поточными лекциями по дисциплине Прикладное программное обеспечение, читаемыми большинству студентов технологических специальностей очной формы обучения.

Часть 1. Включает изучение следующих тем:

1. Встроенные приложения Windows.
2. Текстовый редактор Word.
3. Табличный процессор Excel.

Часть 2. Включает изучение следующих тем:

1. Система управления базами данных.
2. Система проектирования «AutoCAD».
3. Программирование на VBA.
4. Работа в Internet

Методическое руководство содержит лабораторные работы разной степени сложности, что соответствует разному уровню подготовки студентов 1 курса по дисциплине «Прикладное программное обеспечение». Количество предложенных работ превышает часовую нагрузку, соответствующую учебным планам.

Каждый преподаватель может на основе предложенных работ создать свой набор лабораторных работ в соответствии с уровнем знаний студентов или предложить отдельным студентам индивидуальную практическую программу работы.

Студенты менее подготовленные, при наличии компьютера дома, могут самостоятельно выполнить набор предложенных работ, повышая свои навыки работы в рассматриваемых приложениях.

Студенты заочной формы обучения могут выполнить указанные преподавателем работы до приезда на сессию, в течение семестра, что положительно скажется на их навыках работы за компьютером.

Результат каждой выполненной работы студент должен сохранить в папке с именем своей группы. Файлы именовать номером выполненной работы.

По всем выполненным лабораторным работам студент должен оформить электронный отчет. Результат каждой работы необхо-

димо дополнить кратким описанием команд, использованных при выполнении работы.

Правила оформления отчета описаны в работе 2.6.

1. Встроенные приложения Windows

1. ВСТРОЕННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ WINDOWS

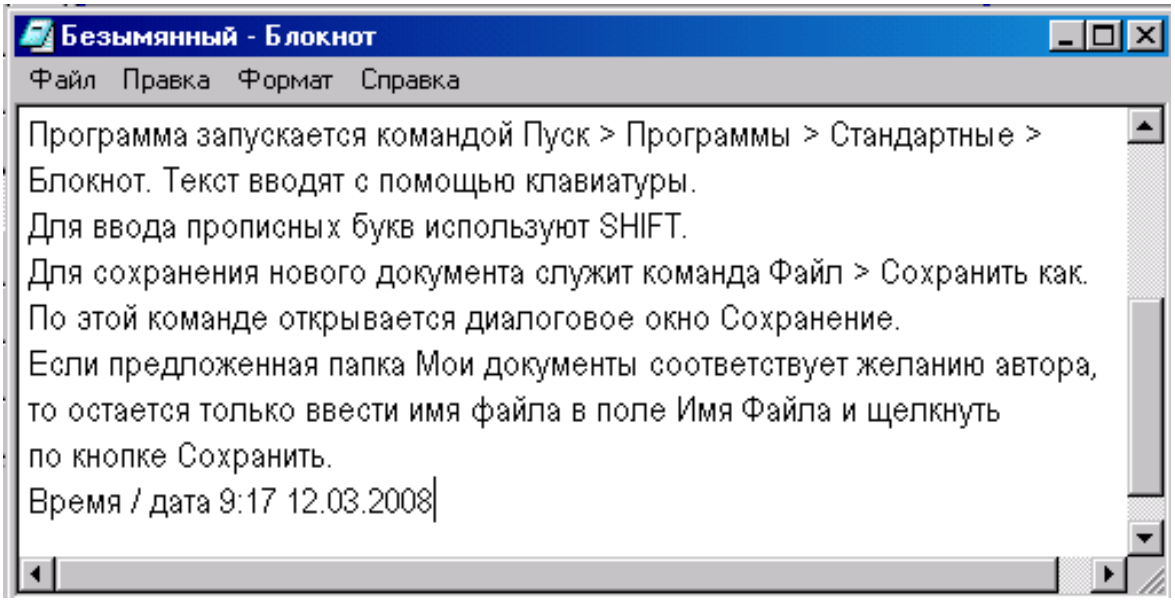
Работа 1.1. Стандартные приложения Windows

I. NOTEPAD (БЛОКНОТ) – это простейший текстовый редактор, который можно использовать в качестве удобного средства просмотра текстовых файлов (формат ***.txt***).

Для создания текстовых документов его применяют редко, обычно для создания системных файлов типа ***.bat*** (командных), так как редактор не имеет форматирования. Данную программу удобно использовать для отработки навыков работы с клавиатурой.

ЗАДАНИЕ 1

1. Запустите программу *Блокнот.*
2. Наберите текст.
3. Вставьте время / дату.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Программа запускается командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> Блокнот.*
2. В этой программе есть единственное средство автоматизации и состоит оно в том, что при нажатии на клавишу *F5* в документ автоматически впечатывается текущее время и дата. Это удобно для ведения деловых записей и дневников.

II. PAINT — простейший графический редактор (основные форматы *.dib* или *.bmp*). Может работать и с форматами: *.jpeg, .gif, .png, .tiff.*

В состав его элементов управления, кроме строки меню, входят панель инструментов, палитра настройки инструмента и цветовая палитра. Кнопки панели инструментов служат для вызова чертежно–графических инструментов.

ЗАДАНИЕ 2

1. Запустите программу *Paint***.** Создайте 1 и 2 рисунки.
2. Задайте размер будущего рисунка (высота, ширина).
3. Наложите рис.1 на рис 2.
4. Подпишите рисунки.

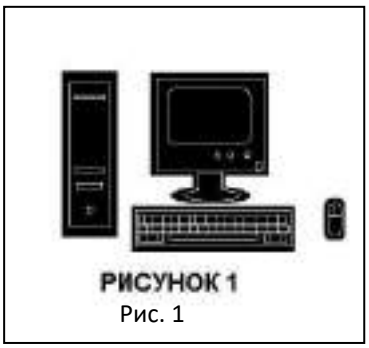


Рис. 1

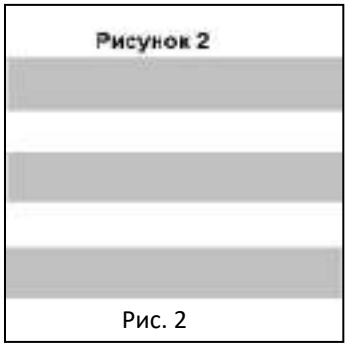


Рис. 2

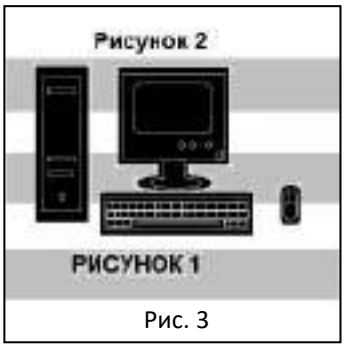


Рис. 3

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Программа запускается командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> Paint.*

2. Размеры задают в полях «Ширина» и «Высота» диалогового окна «Атрибуты» *(Рисунок —> Атрибуты).*

3. Все инструменты: карандаш, кисть, распылитель, геометрические фигуры, кроме *Ластика* выполняют рисование основным цветом (выбирается щелчком левой кнопки мыши по палитре красок). *Ластик* стирает изображение, заменяя его фоновым цветом (выбирается щелчком правой кнопки мыши в палитре красок).

4. Для ввода текста используют инструмент «Надпись». Выбрав инструмент, щелкните на рисунке примерно там, где надпись должна начинаться, на рисунке откроется поле ввода.

5. Для сохранения рисунка в файле используется подменю «Файл». В нем есть две команды – «Сохранить» и «Сохранить

как». Команда «Сохранить» сохраняет рисунок в файле с ранее заданным названием. Команда “Сохранить как” сохраняет рисунок в файле под новым названием. Свои файлы сохраните под названием *ris1.jpg и ris2.jpg*.

6. В качестве цвета текста используют основной цвет. Чтобы сделать фон надписи прозрачным, щелкните значок . Чтобы сделать непрозрачным и выбрать цвет фона, щелкните значок .

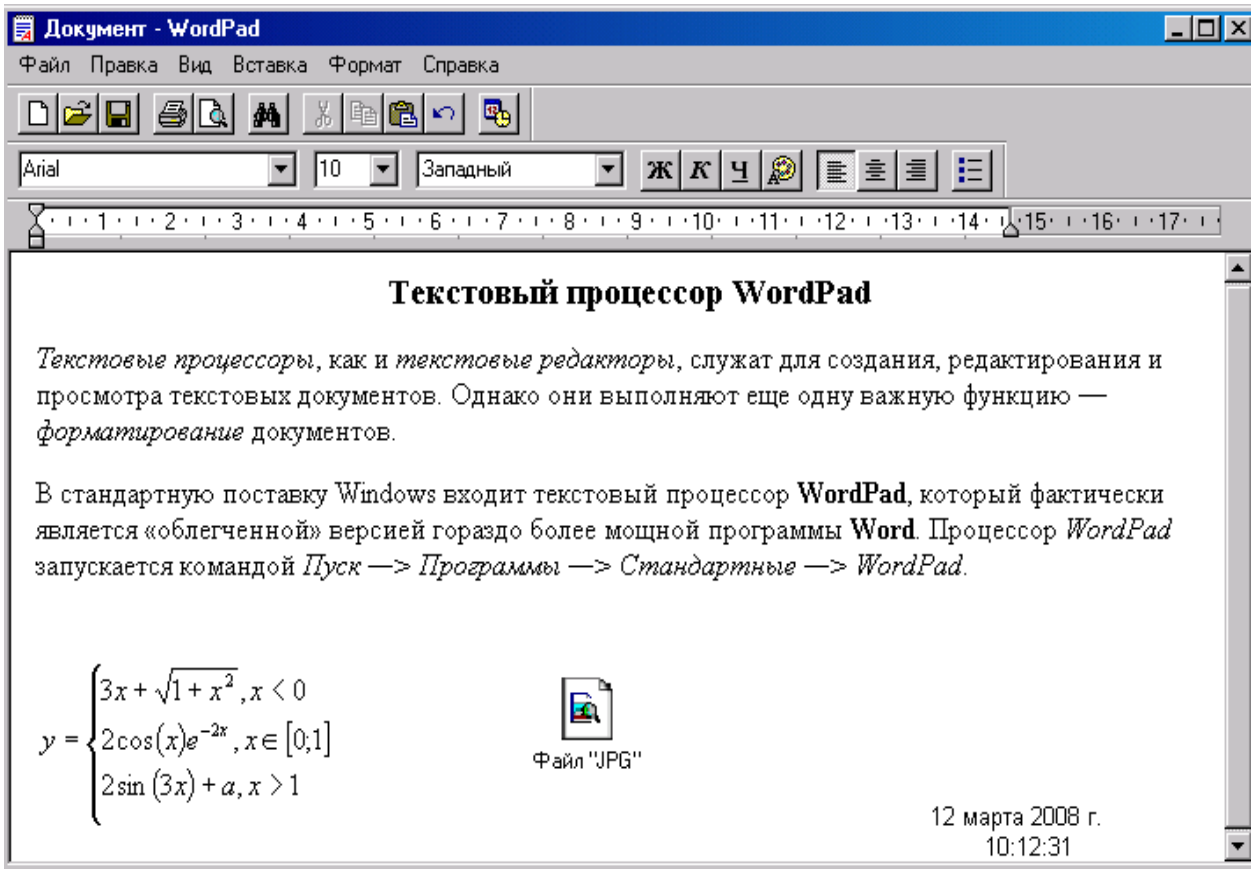
7. Чтобы открыть ранее созданный файл с рисунком, используют пункты меню *Файл —> Открыть*. Далее на экране появится диалоговое окно «Открытие файла».

8. Открыть файл *ris2.jpg* и наложить на него рис.1, для этого *Правка—>Вставить из файла ris1.jpg*, сделать прозрачным фон.

III. WORDPAD – текстовый редактор, служит для создания, редактирования и просмотра текстовых документов.

ЗАДАНИЕ 3

1. Запустите программу **WordPad**.
2. На странице WordPad наберите текст, дату, время.
3. Отформатируйте текст.
4. Вставьте формулу и рисунок.
5. Измените размер рисунка и формулы.

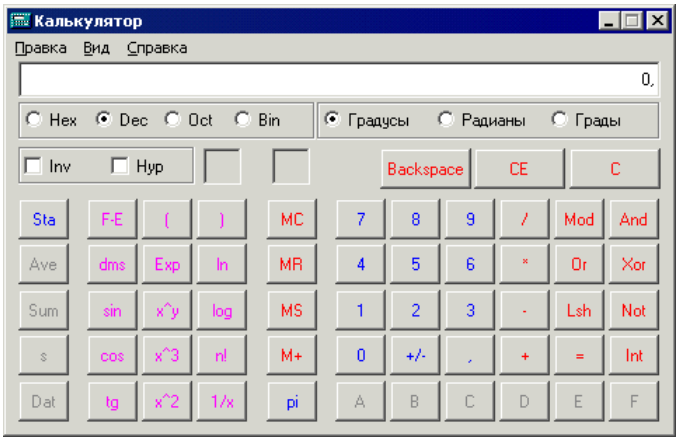


МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Запустите программу командой *Пуск —> Программы —> Стандартные —> WordPad.*
2. Набрать в окне документа *WordPad* предлагаемый текст.
3. Вставить рисунок. *Вставка —> Объект —>Создание из файла —>Обзор.* Для внедрения объекта снять флажок. Чтобы связать объект, установить флажок.
4. Набрать предлагаемую формулу *Вставка—>Объект—>Microsoft Equation 3.0*

5. Вставить в документ время и дату: *Вставка —> Дата, время.*

IV. КАЛЬКУЛЯТОР может быть в двух вариантах: **стандартного** калькулятора, выполняющего основные арифметические операции, и **инженерного** калькулятора с дополнительными функциями.



ЗАДАНИЕ 4

Вычислите значение уравнения: $Y = x^3 + 2{,}28 \cdot x^2 - 1{,}9347 \cdot x - 3{,}907$ при $x = 5$ с помощью калькулятора, сравните ваш ответ с правильным ответом 168,4195

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для выполнения расчета выполняется следующая последовательность действий: выберите *Вид – Инженерный*; выберите систему счисления; выберите требуемую разрядность результата и приступайте к расчету.

Клавиша Функция

( ) Открыть (закрыть) скобки

A–F Клавиши ввода для шестнадцатеричных чисел

cos Косинус (Inv: арккосинус)

dms Преобразование градусов в градусы–минуты–секунды (Inv: наоборот)

Exp Ввод показателя степени для экспоненциального представления числа

F–E Переключение на экспоненциальное представление чисел (только в десятичном режиме)

Int Целая часть числа (Inv: дробная часть числа)

In Натуральный логарифм (Inv: экспонента)

log Десятичный логарифм (Inv: показательная функция с основанием 10)

Mod Остаток от деления по модулю

n! Факториал

PI Число π (3,1415926)

Sin Синус введенного значения (Inv: арксинус)
Tan Тангенс введенного значения (Inv: арктангенс)
x^2 Квадрат введенного значения (Inv: корень квадратный)
x^3 Третья степень введенного значения (Inv: корень третьей степени)
x^y *Y*–я степень введенного значения (Inv: корень *y*–й степени)

Работа 1.2. Создание документа с использованием нескольких приложений

ЗАДАНИЕ 1

Создайте нижеприведенный текст с рисунком и результатами вычислений.

Для питания главного электропривода наиболее эффективно применение генераторов постоянного тока со смешанным возбуждением. Упрощенная схема магнитной цепи генератора для этого случая показана на рисунке, где приняты следующие обозначения: $r_н$ и $\omega_н$, $r_ш$ и $\omega_ш$ – сопротивление и число витков соответственно обмотки независимого возбуждения и шунтовой обмотки возбуждения; $r_д$ – добавочное сопротивление в цепи шунтовой обмотки возбуждения; $Ф$ – общий магнитный поток главных полюсов генератора; E_r – э. д. с. Источника независимого возбуждения.

Для данной схемы возбуждения справедлива система уравнений:

$$E_н = r_н i_н + 2\omega_н Ф \qquad (1)$$

$$E_r = r_ш i_ш + 2\omega_ш Ф \qquad (2)$$

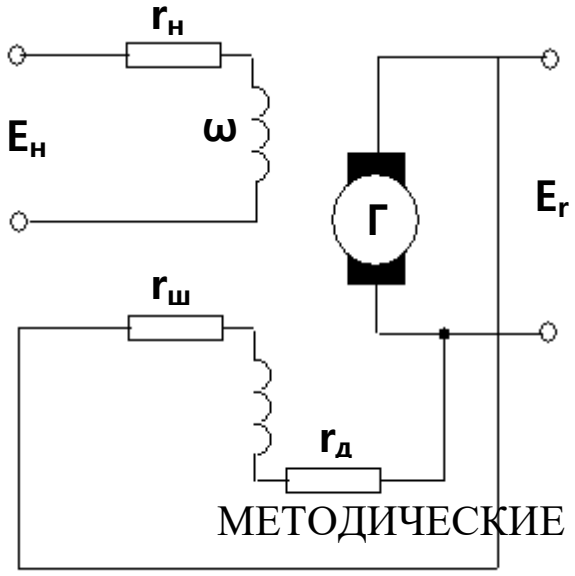
$$a\omega_\Sigma = i_н\omega_н + i_ш\omega_ш \qquad (3)$$

При заданных значениях

$\boldsymbol{i_н}$=1250; $\boldsymbol{r_н}$=12,2; $\boldsymbol{\omega_н}$=600, $\boldsymbol{r_ш}$=0,79; $\boldsymbol{\omega_ш}$=150**;** $\boldsymbol{i_ш}$=1250; $Ф$=5,81.

Вычислены:

$E_н$= _____; E_r= _____**;** $a\omega_\Sigma$= _____**;**



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Запустить MS Word: *Пуск – Все программы – MS Office – MS Word*. Набрать текст до системы уравнений.
2. Сохранить текст: *Файл – Сохранить как* – на диске D создать папку с названием вашей группы (Имя папки), в папке сохранить текст под названием ЛабРаб_1 (D:\Имя папки\ЛабРаб_2.doc). Закрыть документ и выйти из MS Word (команда *Файл – Выход*).
3. Открыть файл и продолжить набор текста с символами.
4. Символы ω, Σ, Φ вставить с помощью команды *Вставка – Символ – Symbol.*
5. Вставка подстрочных индексов: *Формат – Шрифт– Подстрочный.*
6. Для выполнения расчетов открыть калькулятор *Пуск – Все программы – Стандартные – Калькулятор*.
7. Вычислить значение $E_н$ и поместить его в буфер памяти путем – *Правка – Копировать*, поместить калькулятор на панель задач. Вставить вычисленное значение в текст: *Правка – Вставить.*
8. Аналогичным образом выполнить оставшиеся вычисления, открывая калькулятор на панели задач.
9. Запустить приложение *Paint*, вычертить рисунок упрощенной схемы возбуждения таким образом, чтобы все однотипные элементы были одного размера, сделать надписи у элементов схемы.
10. Скопировать рисунок в буфер памяти, предварительно выделив его.
11. Вставить рисунок в свой файл: *Правка – Вставить*

Задание 2

Создайте документ «Основные электротехнические закономерности».

Наберите приведенный ниже текст и формулы.

Общее сопротивление цепи при параллельном соединении:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}} \ .$$

Общая емкость конденсаторов при последовательном соединении:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}}.$$

Закон Ома при переменном токе: $U = IZ$,

где Z — полное сопротивление, Ом.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2},$$

где $X_L = \omega L$ – индуктивное сопротивление, Ом; ω – угловая частота равная $\omega = 2\pi f$, где f – частота переменного тока, Гн, L– индуктивность, Гн, C– емкость, Гн.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Создание формул: *Вставка – Объект – Microsoft Equation 3.0* – панель инструментов.

2. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Общие принципы создания текстового документа

1. **Набор текста**.

Текст создается на основе шаблона. Обычно это шаблон Normal.dot, но может быть и другой шаблон. Набор текста осуществляется в точку вставки. Существуют два режима ввода текста.

ВСТАВКА – набранный текст раздвигается, и вновь набираемый символ помещается в точку вставки. Этот режим действует по умолчанию.

ЗАМЕНА – текст набирается поверх ранее набранного.

Переключение режимов ВСТАВКА/ЗАМЕНА – клавишей *Insert.*

Набор текста осуществляется абзацами. Только в конце абзаца нажимается клавиша *Enter*. Текст в абзаце переходит на другую строку в соответствии с параметром выравнивания абзаца.

2. **Проверка орфографии**, в том числе создание вспомогательных словарей.

Установить язык**:** *Сервис – Язык* – выбрать язык (по умолчанию настройка на русский).

Установить проверку орфографии**:** *Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Автоматически проверять орфографию; Автоматически проверять грамматику. Установить соответствующие флажки.*

Создание вспомогательного словаря.

Если в набираемом тексте много специальных терминов (слов), они подчеркиваются красной линией (эти слова отсутствуют в словаре *Custom.dic*).

Создать новый словарь: *Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Словари… – Создать* – введите имя словаря (например, geolog).

Добавить слова в словарь: *– Сервис – Параметры – вкладка Правописание – Словари…* – выберите имя словаря (например, geolog) *– Изменить* – введите слова в словарь.

3. **Вставка: объектов, полей, файлов, гиперссылок.**

Объекты – элементы документа, которые заключаются в прямоугольник, обрамленный маркерами, позволяющими изменять его размер: поля – элементы документа, принимающие вид – значение/код; файлы – внешние документы; гиперссылка – командная строка для загрузки, указанного в ней файла или сайта. Для вставки

объекта используется команда *Вставка – Объект* **–** указываете объект (др.).

4. **Редактирование** – это исправление ошибок, а также поиск неверного текста и замена его правильным и изменение структуры документа путем копирования, перемещения и удаления фрагментов текста.

Исправление ошибок: удаление символа – клавиши *Backspase* или *Delete*; отмена ошибочного ввода**:** *Правка – Отменить ввод;* найти ошибку и заменить: *Правка – Найти* – ввести ошибочный текст, *Правка – Заменить* – ввести правильный текст.

Изменение структуры документа: выделите фрагмент документа.

Копировать**:** *Правка – Копировать*, мышью показать куда, *Правка – Вставить*.

Переместить*: Правка – Вырезать*, мышью указать куда, *Правка – Вставить.*

Удалить**:** *Правка – Вырезать*

5. **Форматирование** – придание документу привлекательного вида. Команда меню *Формат* (*Шрифт, Абзац, Регистр, Список*, *Колонки, Границы и заливка, Буквица* и др.). При форматировании выделите фрагмент текста (или объект) либо перед набором текста установите нужные параметры форматирования.

Форматирование символа: Высота символа измеряется в пунктах. Пункт – 1/72 часть дюйма. Дюйм – 25 мм. Самая высокая буква равна 72 пунктам, т.е. 1 дюйму. Команда *Формат – Шрифт* – окно диалога *Шрифт* – вкладка *Шрифт.* Параметры – Начертание; Размер; Цвет; Интервал. Команда *Формат – Шрифт* – вкладка *Интервал.* Параметры – Масштаб, интервал, смещение. Команда *Формат – Шрифт* – вкладка *Анимация*.

Форматирование абзаца: абзац – фрагмент текста между двумя нажатиями на клавишу *Enter*. Команда *Формат – Абзац*. Параметры**:** *Отступ от поля; Отступ 1 строки; Выравнивание; Межстрочный интервал; Список и др.*

Обрамление: *Формат – Границы и заливка.* Параметры: тип границы; тип, цвет и ширину линий; стороны обрамления. Можно обрамить страницу, залить цветом фрагмент.

Форматирование объекта (рисунка; автофигуры; надписи; формулы и др.) *Формат – Объект*: вкладка *Цвета и линии* содержит параметры обрамления и заливки; вкладка *Размер* – установить

размеры; вкладка *Положение* – расположение объекта в тексте (обтекание объекта текстом); вкладка *Рисунок* – обрезать рисунок; вкладка *Надпись* – изменить внутренние поля надписи.

Форматирование раздела. Раздел – часть документа, ограниченная вставленными жесткими разрывами. Разделы могут быть по–разному отформатированы, например, иметь разные колонтитулы. Разрыв вставляется командой: *Вставка – Разрыв – новый раздел***.** Для каждого раздела можно установить свои колонтитулы. Колонтитулы размещаются в верхнем или нижнем поле страницы. Обычно содержат название раздела, параграфа. Создать колонтитул: *Вид – Колонтитул* – выберите из меню «Колонтитулы» верхний или нижний, введите текст, отформатируйте его, вставьте номер страницы.

Форматирование колонок. *Колонки* **–** это раздел текста с особым форматированием. Команда *Формат – Колонки***,** указать тип колонок, их количество и размер, если надо поставить разделитель.

Вид страницы: *Поля; Ориентация* и др. Команда *Файл – Параметры страницы***:** Вкладка *Поля – Размер полей; Переплет*; *Ориентация страницы*; Вкладка *Размер бумаги* и *Подача бумаги*; Вкладка *Источник бумаги – начать раздел, различать колонтитулы*.

Стиль форматирования – имеет имя и включает набор параметров форматирования, например стиль «Обычный». Стиль можно изменить, добавив или удалив параметры форматирования, или создать новый стиль на основе имеющегося, присвоив ему новое имя. *Формат – Стили и форматирование – Создать стиль.*

6. **Создание таблиц:** *Таблица – Вставить – Таблица* – Укажите число строк и столбцов. *Таблица – Нарисовать таблицу* – заполнить таблицу информацией.

Редактирование таблицы: *Таблица – Добавить – Строки – (Столбцы, Ячейки) – Удалить – Таблица – (Столбцы, Строки*, *Ячейки***) –** *Объединить ячейки – Разбить ячейки* – введите число строк, число столбцов.

Форматирование таблицы: *Таблица – Автоформат* – выберите один из предлагаемых форматов. *Автоподбор – Выровнять высоту строк; ширину столбцов; По содержимому; Фиксированная* ширина – *Свойства таблицы* – вкладка *Таблица* – Положение

таблицы на странице; Обтекание таблицы текстом; вкладка *Строка – Высота строки;* вкладка *Столбец – Ширина столбца.*

Работа с информацией внутри таблицы: *Сортировка; Преобразование в текст; Вычисления* – см. подробно в лабораторных работах 2.2 –2.4.

7. **Создание рисунков:** команда *Вставка – Объект – Рисунок MS Word.* Используя инструменты панели «Рисование» создайте рисунок. По завершению рисунка восстановите его границы и закройте. Созданный рисунок появится в документе в точке вставки.

8. **Создание оглавления:** *Вставка – Ссылка – Оглавления и указатели.*

9. **Просмотр и печать документа**: *Файл – Предварительный просмотр. Файл – Печать* – выберите параметры печати.

Приведенная последовательность создания текстового документа содержит команды основного меню, эти же команды могут быть выполнены с использованием кнопок Панелей инструментов.

Работа 2.1. Работа со списками. Объекты WordArt

Списки – это отформатированные (маркированные или нумерованные) абзацы.

ЗАДАНИЕ 1

1.Наберите в столбец приведенные фамилии, имена, отчества. Создайте копию. Отформатируйте одну копию в две колонки. Дополните первоначальный список новой информацией.
2. Создайте нумерованные и маркированные списки по приведенным образцам.

СПИСОК СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ:

1. Иванова Екатерина Петровна;
2. Степанов Петр Иванович;
3. Балабан Анна Станиславовна;
4. Котов Евгений Семенович;
5. Ломакин Герман Александрович;
6. Сильвестова Инна Леонидовна

.

ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ
ПО МАТЕМАТИКЕ, ФИЗИКЕ И РУССКОМУ ЯЗЫКУ:

1. Иванова Екатерина Петровна:
   1.1. Контр. работа: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
   1.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 4; Рус. 5
2. Степанов Петр Иванович:
   2.1. Контр. работа: Матем.3; Физика 3; Рус.3.
   2.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 4; Рус.4
3. Балабан Анна Станиславовна:
   3.1. Контр. работа: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
   3.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 4; Рус. 4.
4. Котов Евгений Семенович:
   4.1. Контр. работа: Матем. 3; Физика 3; Рус. 3.
   4.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 4; Рус.4.
5. Ломакин Герман Александрович:
   5.1. Контр. работа: Матем. 5; Физика 5; Рус. 5.
   5.2. Экзамен: Матем. 5; Физика 5; Рус. 5.
6. Сильвестова Инна Леонидовна:
   6.1. Контр. работа: Матем. 5; Физика 5; Рус.4.
   6.2. Экзамен: Матем. 4; Физика 5; Рус .5.

ОЦЕНКИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА ГРУППЫ ОПИ ПО ИНФОРМАТИКЕ:

- ❖ Иванова Екатерина Петровна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 5
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Степанов Петр Иванович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Балабан Анна Станиславовна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Котов Евгений Семенович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 5
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Ломакин Герман Александрович
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5
- ❖ Сильвестова Инна Леонидовна
  - ➢ Курсовая 4
    - ▪ Контрольная 3
      - ▪ Экзамен 5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для создания простого нумерованного или маркированного списка следует:

- ➢ Выделить текст, который будет оформлен в виде списка.
- ➢ Выбрать команду *Формат – Список* – вкладка *Нумерованный* (либо *Маркированный*) – выбрать тип списка, затем вид списка. Кроме того, возможно отредактировать или создать свой вид списка с использованием кнопки *Изменить*.
- ➢ После выбора вида списка применить его к выделенному тексту.
- ➢ Для создания многоуровневого списка следует текст, который будет оформлен в виде списка, предварительно подготовить:
  - ✓ Создать отступы текста для вложенных уровней. Для этого предназначены кнопки Уменьшить отступ и Увеличить отступ на панели инструментов «*Форматирование*», либо можно воспользоваться сочетанием клавиш *Shift* + *Alt* + ← или *Shift* + *Alt* + →, либо использовать маркеры отступов на горизонтальной линейке.
  - ✓ Выделить текст, который будет оформлен в виде многоуровнего списка.
  - ✓ Воспользоваться командой *Формат – Список* – вкладка *Многоуровневый*.

- ✓ Выбрать вид списка из предложенных.

➢ Для разделения текста на две колонки: выделить текст, команда *Формат – Колонки* – установить параметры: количество колонок и их размер.

ЗАДАНИЕ 2

Создайте различные текстовые эффекты, используя объект WordArt

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. В меню *«Вставка»* вызовите подменю *«Объект»* и запустите приложение WordArt или воспользуйтесь кнопкой

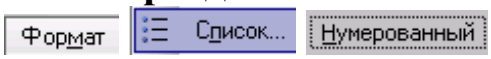
, расположенной на панели инструментов. Можно изменить текст и задать иную графическую форму.
2. Пользуйтесь коллекцией WordArt и Меню "Текст - Фигура".

Работа 2.2 Форматирование: создание списков, колонок, буквицы. Преобразование текста в таблицу

ЗАДАНИЕ 1
Создайте новый документ, набрав следующий текст:

Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается, во – первых, тем, что промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад; во – вторых, не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых; в – третьих, в решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы»; в – четвертых, центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

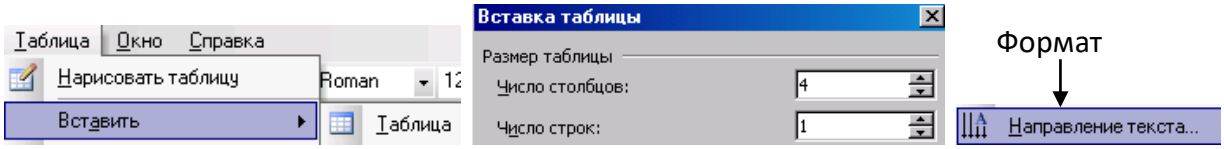
Для выполнения последующих заданий создавайте копии текста.

ЗАДАНИЕ 2
Текст разделить на абзацы. Пронумеровать абзацы текста. 

Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:
1. Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.
2. Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
3. В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
4. Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 3

Преобразовать текст в таблицу с изменением направления текста в ячейках.



Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад.	Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.	В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».	Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 4

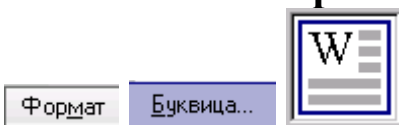
Разбить текст на две колонки с разделителем и промаркировать текст.

Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

- Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.
- Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
- В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
- Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 5

Разбить на четыре колонки и вставить буквицу.



Урал – обширный и богатый регион России. От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленным использованием полезных ископаемых, которое началось более 300 лет назад.

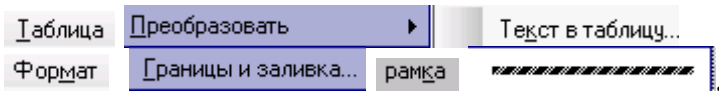
Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.

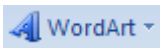
В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».

Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

ЗАДАНИЕ 6

Вставить текст в таблицу с одним столбцом, в рамке.



, ВСТАВКА – 

– для заголовка

Урал – обширный и богатый регион России.
От других горнопромышленных районов страны Урал отличается:

Промышленное использование полезных ископаемых началось более 300 лет назад.
Не только богатством, но и исключительным разнообразием полезных ископаемых.
В решающие моменты российской истории Урал играл роль «опорного края державы».
Центральная власть до 1917 года и особенно в советское время уделяла Уралу, развитию горного дела в крае самое пристальное внимание.

Работа 2.3. Создание и форматирование таблицы, вычисления в таблице с использованием функций

Текстовый процессор Word позволяет выполнять вычисления, записывая в отдельные ячейки таблицы формулы с помощью команды *Таблица – Формулы*.

Формула задаётся как выражение, в котором использованы:

- **абсолютные** ссылки на ячейки таблицы в виде списка, разделяемые точкой с запятой – A1; B5; E10 и т.д., или блока – начало и конец блока ячеек – A1:F1;
- **ключевые слова** для ссылки на блок ячеек:
  LEFT – ячейки, расположенные в строке левее ячейки с формулой;
  RIGHT– ячейки, расположенные в строке правее ячейки с формулой;
  ABOVE– ячейки, расположенные в столбце выше ячейки с формулой;
  BELOW– ячейки, расположенные в столбце ниже ячейки с формулой;
- **константы** – числа, текст в двойных кавычках;
- **встроенные функции** Word;
- **знаки операций** (+ , –, *, /, %, ^, =, <, <=, >=, < >,>)

Таблица 1

Виды встроенных функций

Категория	Функция	Назначение
Статистические	AVERAGE()	Вычисление среднего значения для диапазона ячеек, например: =AVERAGE(A1:C20)
	COUNT()	Подсчёт числа значений в указанном диапазоне ячеек, например: =COUNT(A1:C20; B25; A30)
	MAX()	Нахождение максимального значения в указанном блоке ячеек, например: =MAX(A1:C20; B25; A30)
	MIN()	Нахождение минимального значения в указанном блоке ячеек, например: =MIN (A1:C20; B25; A30)

Категория	Функция	Назначение
Статистические	SUM()	Нахождение суммы чисел в указанном блоке ячеек, например: =SUM (A1:C20; B25; A30)
Математические	ABS(x)	Абсолютное значение вычисляемого выражения, например: = ABS(A1*B12–C25+100)
	MOD(x, y)	Остаток от деления первого числа на второе, например: = MOD(A1,C12)
	INT(x)	Целая часть числа, например: = INT(234.45)
	PRODUCT()	Произведение чисел в указанном диапазоне ячеек, например: = PRODUCT(A1:C20; B25; A30)
	ROUND(x, y)	Округление значения до указанного числа знаков, например, округлить до сотен: = ROUND(2345.45.–2)
	SIGN(x)	Определение знака числа, например (–1 для отрицательных и 1 для положительных): = SIGN(–2345.45)
Логические	IF(x,y,z)	Проверка заданного условия и присвоение значения ячейке: если условие истинно – *значение 1*, иначе *значение 2:*= IF (E12>G12; *значение 1;значение 2)*
	AND(x,y)	Вычисляет значение 1, если заданы истинные значения логических аргументов, иначе – 0, например: = AND(A4>3; B3<3)
	OR(x,y)	Вычисляет значение 0, если заданы истинные значения любого логического аргумента, иначе – 1, например: = OR (A2>3; D3<=4)
	NOT(x)	Вычисляет значение 0, если задано истинное значение логического аргумента, иначе – 1, например: = NOT(D4>2)

Категория	Функция	Назначение

Логические	DEFINED(x)	Определяет значение в ячейке.
	FALSE	Логическая константа ***ложь***, которой соответствует число 0.
	TRUE	Логическая константа ***истина***, которой соответствует число 1.
	DEFINED(x)	Определяет значение в ячейке.

ЗАДАНИЯ

1. Создайте таблицу (табл. 2), вычислите средний и суммарный балл успеваемости.
2. Создайте две копии таблицы. Отсортируйте таблицы. Одну копию – по возрастанию значений столбца «Ф.И.О.». Вторую – по убыванию значений столбца «Суммарный балл успеваемости».

Таблица 2

Успеваемость студентов

Ф. И. О.	Оценки по предметам			Суммарный балл успеваемости
Иванов. П. А.	4	5	3	12
Арбузов И. И.	4	5	5	14
Сидоров П. П.	5	5	5	15
Николаев А. А.	3	5	3	11
Федоров И. А.	3	4	5	12
Лазарева Л. В.	4	4	3	11
Средний балл успеваемости	3,83	4,67	4	12,5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Создать таблицу с помощью команды *Таблица – Вставить*, ввести данные, приведенные в таблице.
   - При добавлении строк (столбцов) и объединении (разбивке) ячеек использовать соответствующие команды меню *Таблица.*

- Для столбца «Суммарный балл» и «Средний балл успеваемости» произвести вычисления, воспользоваться командой *Таблица – Формула* (использовать таблицу 1).

2. Для сортировки используйте команду *Таблица – Сортировка*

или значок «Сортировка» на панели инструментов, предварительно поставив курсор в любую ячейку таблицы со значением.

Работа 2.4. Вычисления в таблицах

ЗАДАНИЕ 1

Создайте таблицу сложной структуры (табл.1) используя команды объединения и разбивки ячеек, вычислите значения столбцов «Всего», «Итого» и строк «Итого», «Средний», «Максимальный», «Минимальный» объем продаж.

Таблица 1

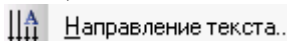
Объем продаж на внутреннем и внешнем рынках, тыс.руб.

№ П/П	НАИМЕНОВАНИЕ ТОВАРА	ВНУТРЕННИЙ РЫНОК			ВНЕШНИЙ РЫНОК			ИТОГО
		I пол.	II пол.	Всего	I пол.	II пол.	Всего	
1.	Печь СВЧ	150	200	350	300	300	600	950
2.	Телевизор	850	1020	1870	-	-	-	1870
3.	Пылесос	1350	1400	2750	720	850	1570	4320
4.	Кофемолка	345	344	689	769	32	801	1490
5.	Миксер	2345	463	2808	34	456	490	3298
Итого		5040	3427	8467	1823	1638	3461	11928
Средний				1693,4			692,2	2385,6
Максимальный				2808			1570	4320
Минимальный				350			490	950

ЗАДАНИЕ 2

Создайте таблицу 2, итоговые показатели вычислите по формулам.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для создания таблицы 1 и 2 с помощью команды *Таблица – Вставить* введите необходимые данные.
2. При добавлении строк (столбцов) и объединении (разбивке) ячеек использовать соответствующие команды меню *Таблица*.
3. Для выбора направления текста нажать ПКМ 

и выбрать соответствующее направление.

4. Для вычисления воспользоваться командой *Таблица – Формула*

Таблица 2

Успеваемость студентов инженерно–экономического факультета УГГУ

СВЕДЕНИЯ ОБ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНО–ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА УГГУ																	
№ п.п.	Группа	Учебная дисциплина	Средний балл	Всего сдавало	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	Неявки	Учебная дисциплина	Средний балл	Всего сдавало	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	Неявки
		I семестр								**II семестр**							
1	3	Прикладное программное обеспе-	3.8	32	12	10	6	3	1	Прикладное программное обеспе-	4.4	32	12	10	6	3	1
2	2		3.5	27	7	9	6	3	2		3.4	20	6		5	2	0
3	1		3.4	28	9	8	3	5	3		3.9	23	9	8	3	5	5
4	4		3.5	29	8	8	8	3	2		3.5	29	8	4	6		4
	Итого			116	36	35	23	14	8	Итого		104	35	12	20	10	10

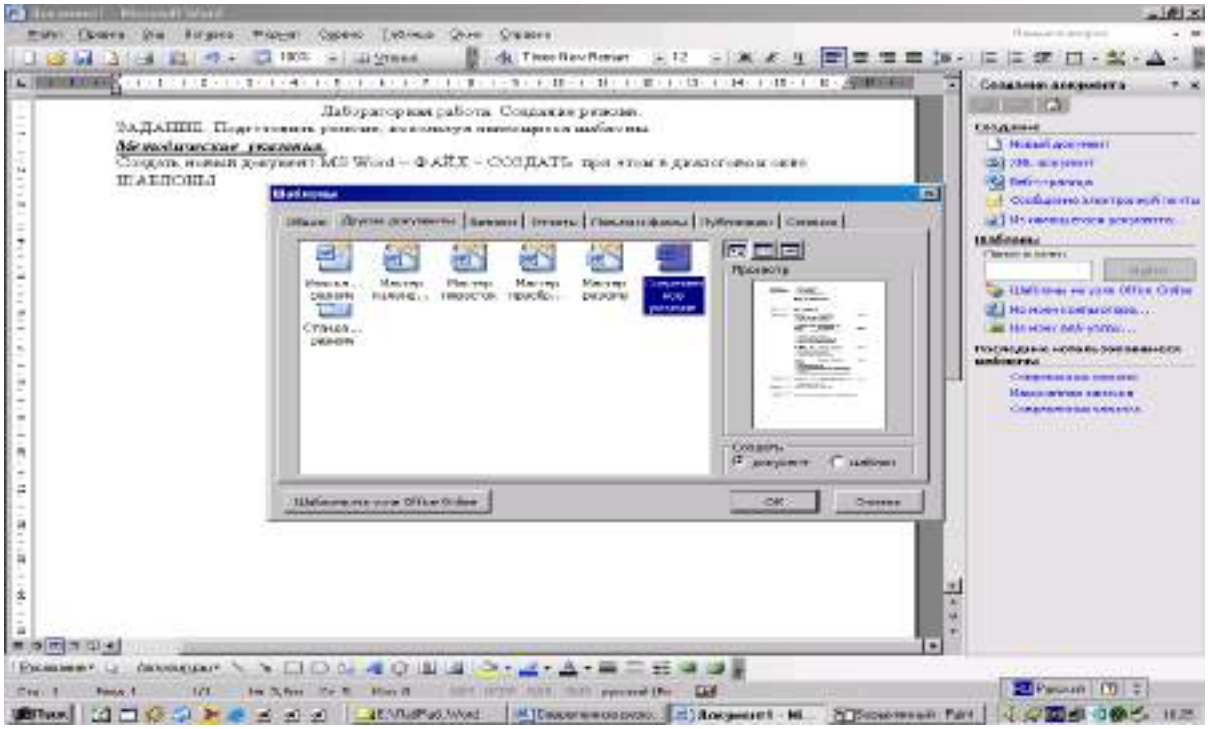
Работа 2.5. Создание резюме по шаблону

ЗАДАНИЕ

Подготовить резюме, используя специальный шаблон.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

Создать новый документ *MS Word – Файл – Создать.* Выбрать в *Области Задач* шаблоны на моем компьютере. В диалоговом окне *Шаблоны* открыть вкладку *Другие документы* – выбрать шаблон, например *Стандартное резюме*.



Введите в поля шаблона требуемую информацию о себе
Ниже приведен пример резюме.

Екатеринбург, ул. Строителей, д. 20, кв. 45
тел. 8 915 275–17–22, ivano@mail.ru

Алексей Сергеевич Иванов

Цель	Участие в конкурсе на получение стипендии академика Ферсмана
Краткая характеристика претендента	2002–2005 Уральский государственный горный университет г. Екатеринбург **Студент инженерно экономического факультета** • Первое место на Республиканской олимпиаде по программированию среди студентов ВУЗов(2008). • Первое место на Республиканской олимпиаде по математике среди студентов ВУЗов(2007). • Публикации трех научных статей в реферируемых журналах. • Выступление на пяти Международных математических конференциях 2001 Золотая медаль Москва • Международная олимпиада по математике. • Губернаторская стипендия лучшему студенту. 2000 Серебряная медаль Пекин • Международная олимпиада по математике. • Студент года.
Образование	1991–2002 Школа – лицей № 13 Екатеринбург • Школа – лицей окончена с золотой медалью. • Класс с углубленным изучением математики и информатики.
Увлечения	• Компьютеры, путешествия, чтение.

Работа 2.6 Создание отчета о проделанных лабораторных работах

Результат выполнения каждой лабораторной работы должен быть сохранен в файле с именем, отражающем номер лабораторной работы.

Текст файла по каждой лабораторной работе должен содержать: номер работы, название работы, задания, краткие методические указания и результат выполнения.

Отчет по оформлению должен быть близок к данным методическим указаниям.

ЗАДАНИЕ

1. Объединить последовательно файлы всех работ в один файл с именем «Отчет …(далее фамилии студентов)».
2. Вставить колонтитулы для каждой работы, содержащие номер работы, номер страницы.
3. В начало отчета вставить титульный лист и оглавление.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. **Объединение файлов**: открыть файл с 1–й лабораторной работой, поставить курсор в конец файла, выполнить команду *Вставка – Файл* **–** открыть папку с файлами по лабораторным работам, выбрать файл по 2–й работе – Вставить. Повторить эти действия, вставив все файлы. Выполнить команду *Файл – Сохранить как* **–** указать Вашу папку и новое имя объединенного файла « Отчет (Фамилии студентов)».
2. *Вставка колонтитулов***:** поставьте курсор в конец работы; вставьте разрыв: *Вставка – Разрыв – Новый раздел со следующей страницы;* перейдите на начало работы, скопируйте её название; выполните команду *Вид – Колонтитулы***;** вставьте название работы в область колонтитула и номера страниц; отожмите кнопку меню колонтитулов «Как в предыдущем»; закройте колонтитул. Повторите все действия для каждой работы.
3. **Вставка оглавления.** Убедитесь, что названия всех лабораторных работ имеют одинаковый стиль форматирования, например, «Заголовок 1». Поставьте курсор в начало документа и вы-

полните команду *Вставка – Ссылка – Оглавления и указатели*, выберите вид оглавления.

4. Наберите титульный лист.

Пример титульного листа.

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО « Уральский государственный горный университет»

Кафедра информатики

ОТЧЕТ

по лабораторным работам

по дисциплине « Прикладное программное обеспечение»

Выполнил: Иванов И.И.

Группа: ПРМ–16–1

Проверил: Тимухина В.В.

Екатеринбург – 2016

ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР Excel

Общие принципы создания и оформления расчетной таблицы.

Создание расчетной таблицы

Основой таблицы Excel является ячейка. Адрес ячейки определяется именем столбца и номером строки, на пересечении которых находится ячейка, например, A1, B15. Интервал ячеек определяется адресом левой верхней ячейки и правой нижней B2:D4.

Таблица создается на рабочем листе. Контекстное меню ярлыка рабочего листа содержит команды работы с рабочим листом. Рабочие листы можно добавлять, копировать, перемещать, переименовывать, удалять. Удаленный лист восстановить нельзя.

1**.** Ввод данных в ячейки таблицы.

Два вида данных: константы и формулы.

Константы: числовые, текстовые, даты/время, логические, значения ошибок.

Ввод данных: выберите ячейку, введите информацию, нажмите Enter. Старое значение в ячейке сотрется, вводимая информация отражается в строке формул. Курсор (по умолчанию) переместится вниз.

ПРИ ВВОДЕ ЧИСЕЛ. Вид вводимого числа зависит от формата ячейки: обычный, числовой, дробный, процентный, денежный, экспоненциальный (по умолчанию – обычный). Число прижимается к правой стороне ячейки.

ПРИ ВВОДЕ ТЕКСТА. Если вводимый длинный текст не помещается в ячейке, то он перекрывает другие ячейки, но принадлежит той ячейке, в которую вводится. Для размещения текста в ячейке можно изменить ширину ячейки или набрать текст в ячейке в несколько строк *Формат – Ячейки*–вкладка *Выравнивание – переносить по словам*.

2. Автозаполнение ячеек.

Используется команда *Правка – Заполнить***.** Автозаполнением можно заполнить ряды дат, времени, прогрессия: арифметическая (например, номер по порядку) или геометрическая.

3. *Ввод формул.*

Формула вводится одновременно в строку формул и в ячейку. Формула начинается с символа = (равно), и может содержать константы, адреса ячеек, знаки арифметических действий и функции. Константы и знаки арифметических действий вводятся с клавиату-

ры, адреса ячеек указываются щелчком мыши, функции вводятся с использованием *Мастера функций*.
Функции – ранее определённые формулы, они имеют такой синтаксис: *Имя_Функции* (аргументы). Имя выбирается из списка функций, аргументами могут быть адреса ячеек, константы, либо выражения. Аргумент может отсутствовать, но скобки обязательны.
4**. Выделение фрагментов таблицы.**
Выделение строк – провести указателем мыши, при нажатой левой клавиши, по номерам соответствующих строк.
Выделение столбцов – провести указателем мыши по именам столбцов.
Выделение интервала ячеек – провести указателем мыши от верхнего левого угла интервала до правого нижнего угла.
5**. Редактирование: вырезать, копировать, вставить, удалить, удалить лист и т.д.**
Команды редактирования применимы к ячейке, интервалу ячеек или к рабочему листу. Для выполнения этих команд необходимо выделить фрагмент (интервал) ячеек и из меню *Правка* выбрать соответствующую команду.
6. **Добавление (удаление) строк, столбцов, ячеек.**
Добавление: команда *Вставка – Строки (Столбцы, Ячейки).*
Удаление: Выделить нужный интервал *Правка – Удалить.*
При добавлении и удалении ячеек таблица может деформироваться.
7. **Форматирование чисел, текста, шрифта, обрамление и заливка ячеек цветом.**
Используется команда *Формат – Ячейки* и соответствующая вкладка. Для форматирования чисел – вкладка *Число.* Например, для задания нужного количества знаков после запятой: команда *Формат– Ячейки* **–**вкладка *Число* **–** формат *Числовой* **–** число знаков после запятой. Для ввода текста в ячейку в несколько строк: *Формат – Ячейки* **–** вкладка *Выравнивание – переносить по словам.*
8. **Построение графиков и диаграмм.**
Выделить столбцы данных с названиями. Обратиться к *Мастеру диаграмм*, шаг 1 –выбрать *тип диаграммы*, шаг 2 – исходные данные уже выделены до вызова *мастера,* шаг 3– указать *параметры диаграммы*, шаг 4 – указать *место размещения диаграммы*: на рабочем листе или на отдельном листе.
9. **Работа с таблицей как с базой данных: сортировка, фильтрация, форма ввода данных, промежуточные итоги.**

Эти действия выполняются командами меню *Данные.* Для работы с этими командами необходимо:

1. «Шапка» таблицы должна находиться в одной строке.
2. Таблица должна быть отделена от строки названия и строки итогов пустой строкой.
3. Слева и справа от таблицы не должно быть никаких данных.
4. Курсор поставить в любую ячейку таблицы.

- Сортировка – перестановка строк таблицы по возрастанию или убыванию значений выбранного столбца.

Команда *Данные – Сортировка* – выбрать столбец – вид сортировки (по убыванию или по возрастанию).

- Фильтрация – выборка строк таблицы, удовлетворяющих условию.

Команда *Данные – Фильтр – Автофильтр* – задать условие.

- Добавление исходных данных:

Команда *Данные – Форма* – введите данные в поля формы.

- Промежуточные итоги можно получить на предварительно отсортированной таблице по тому параметру, по которому нужно подвести итоги.

Команда *Данные – Итоги* – указать имя столбца, по которому была проведена сортировка, выбрать операцию и отметить столбцы, по которым подводить итоги.

10. **Таблицы подстановки.**

Позволяет использовать формулу, введенную в одну ячейку, рассчитать данные целой таблицы. Существуют таблицы с одной (для функций с одной переменной) или двумя ячейками подстановки (для функций с двумя переменными). Таблицу нужно подготовить определенным образом. С одной ячейкой подстановки:

1. Ввести исходные данные в столбец (или строку);
2. Ввести формулу, которая будет содержать ссылку на ячейку подстановки над столбцом, где будет результат.
3. Затем выделить интервал ячеек, включающий исходные данные, ячейку с формулой и будущий результат и выполнить команду *Сервис – Таблица подстановок* – сослаться на адрес ячейки ввода.

11. **Сводные таблицы.**

Позволяют из большой таблицы сделать выборки. Используется *Мастер Сводных таблиц*. Команда: *Данные – Сводная таблица.* Указать источник данных, место расположения сводной таблицы, указать поля и данные, по которым нужно получить сводку.

12. **Специальные инструменты: подбор параметра, поиск решения.**

Позволяют найти оптимальное (наилучшее) решение. При подборе изменяется один параметр. Команда – *Сервис – Подбор параметра* – указать ячейку с искомым параметром и изменяющуюся ячейку. При поиске решения можно изменять много параметров. Для чего необходимо записать математическую постановку задачи, определив целевую функцию и ограничения, подготовить таблицу и выполнить команду *Сервис – Поиск решения* – задать все параметры. Если *Поиска решения* нет в меню, его нужно подключить *Сервис – Надстройки – Поиск решения.*

Работа 3.1. Основные приемы работы: ввод данных и формул, форматирование таблицы, построение графиков

ЗАДАНИЕ 1

Создать таблицу под названием «Анализ показателей производства» и построить графики.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

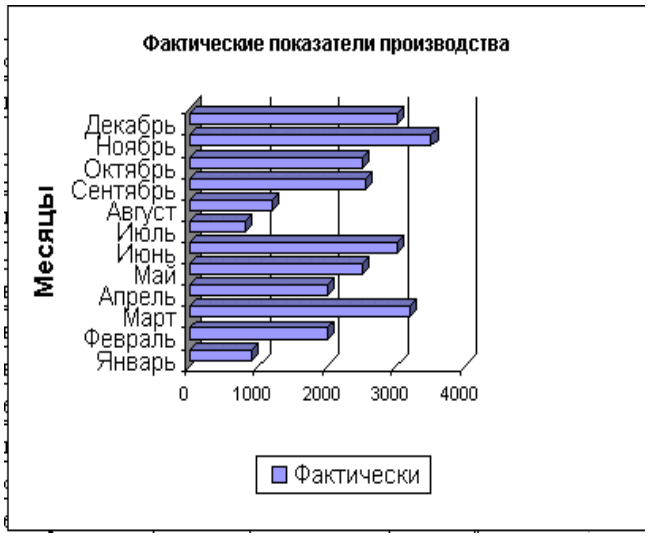
	A	B	C	D
1	**Анализ показателей производства**			
2	Показатели производства			
3	Пок. / месяцам	План	Фактически	%
4	Январь	**1000**	**900**	90%
5	Февраль	**2000**	**2000**	100%
6	Март	**3000**	**3200**	107%
7	Апрель	**1500**	**2000**	133%
8	Май	**3000**	**2500**	83%
9	Июнь	**2000**	**3000**	150%
10	Июль	**1000**	**800**	80%
11	Август	**1500**	**1200**	80%
12	Сентябрь	**2000**	**2550**	128%
13	Октябрь	**2000**	**2500**	125%
14	Ноябрь	**3000**	**3500**	117%
15	Декабрь	**4000**	**3000**	75%
16	Квартал I	6000	6100	
17	Квартал II	6500	7500	
18	Квартал III	4500	4550	
19	Квартал IV	9000	9000	

Поместите курсор в ячейку А1 и наберите «Анализ показателей производства», нажмите Enter, затем в ячейке А2 – «Показатели производства».

- Далее, перемещая курсор, заполните ячейки данными.
- Название месяца введите автозаполнением: в ячейке А4 наберите слово «Январь», установите курсор в правый нижний угол ячейки А4 на маркер заполнения, нажмите ЛКМ и протащите до ячейки А15.
- Для того чтобы вычислить проценты необходимо фактические показатели производства разделить на плановые. Формула начинается со знака = и мышкой указываются адреса ячеек.
- Для вычисления квартального показателя используем *Автосуммирование* Σ или функцию *=СУММ( )*. Не забудьте, что в квартал входит три месяца.
- Для построения диаграммы 1 выделите ячейки А3:А15, затем, нажав кнопку Ctrl, выделите ячейки С3:С15, вставка - нажмите значок *диаграмма – Линейчатая с группировкой.* На вкладке *Работа с диаграммой – макет – название диаграммы,* введите названия. Для построения диаграммы 2 выделите интервал ячеек

A16:B19, выберите вставка - *гистограмма с группировкой*, на вкладке *Работа с диаграммой – макет – Таблица данных - Дополнительные параметры таблицы данных*.

- Обрамите таблицу, используя команду *Формат – Ячейки – Граница.*

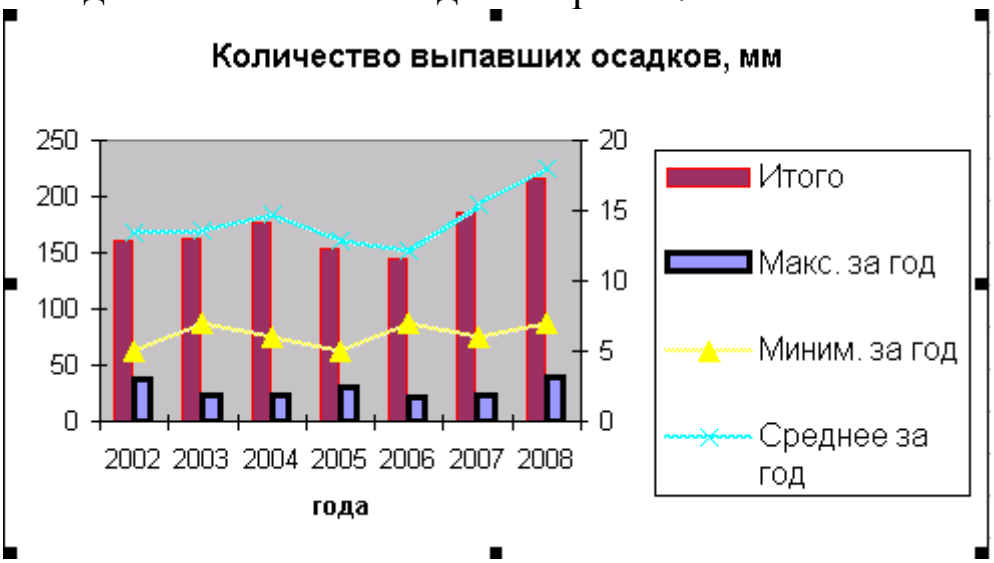


ЗАДАНИЕ 2

1. Составьте электронную таблицу, вычисляющую количество выпавших осадков.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Количество выпавших осадков, мм									
2		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Макс. кол. за месяц	Мин. кол. за месяц
3	Январь	25	17	23	25	17	23	35		
4	Февраль	37	12	13	20	21	23	40		
5	Март	8	16	6	7	9	20	16		
6	Апрель	10	7	11	12	8	16	7		
7	Май	12	8	16	5	9	9	8		
8	Июнь	7	9	20	8	16	12	9		
9	Июль	6	11	23	7	9	20	11		
10	Август	8	16	12	8	16	6	16		
11	Сентябрь	13	13	9	14	12	13	13		
12	Октябрь	5	9	9	7	9	20	10		
13	Ноябрь	10	24	12	10	7	11	24		
14	Декабрь	20	21	23	31	12	13	27		
15	Итого									
16	Макс. за год									
17	Миним. за год									
18	Среднее за год									

2. **Постройте гистограмму** «Количество выпавших осадков». Вставка - *гистограмма с группировкой*, в которой по годам отражено «Итого», «Макс. за год», «Миним. за год», «Среднее за год». «Среднее за год» и «Миним. За год» построить.



Работа 3.2. Мастер функций

Задание 1

Рассчитать комиссионную ставку для торговых агентов. Она зависит от объема продаж. Если объем продаж свыше 100 тыс.руб., то комиссионная ставка равна 6%, если не превышает 100 тыс.руб., то комиссионная ставка равна 5%.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

	A	B	C
1	***Комиссионные торговых агентов***		
2			
3	**Торговые агенты**	**Продажи за месяц**	**Комиссионные**
4	Романцев	130 658,00	
5	Бабий	41 209,00	
6	Сидоров	965 840,00	
7	Левченко	56 023,00	
8	Молчанов	69 845,00	
9	Колесников	185 926,00	
10	Арутюнянц	116 523,00	
11	Кудрявцева	33 565,00	
12	Лившиц	69 954,00	

Для решения данной задачи нужно воспользоваться функцией *Если*.

Синтаксис любой функции имеет имя и аргументы – *Имя функции* **(***аргументы***)**.

Все функции объединены в категории. Функция ЕСЛИ относится к категории логические и имеет следующий синтаксис: *Если*. (*проверяемое условие; величина, возвращаемая в случае, если данное условие выполняется;*

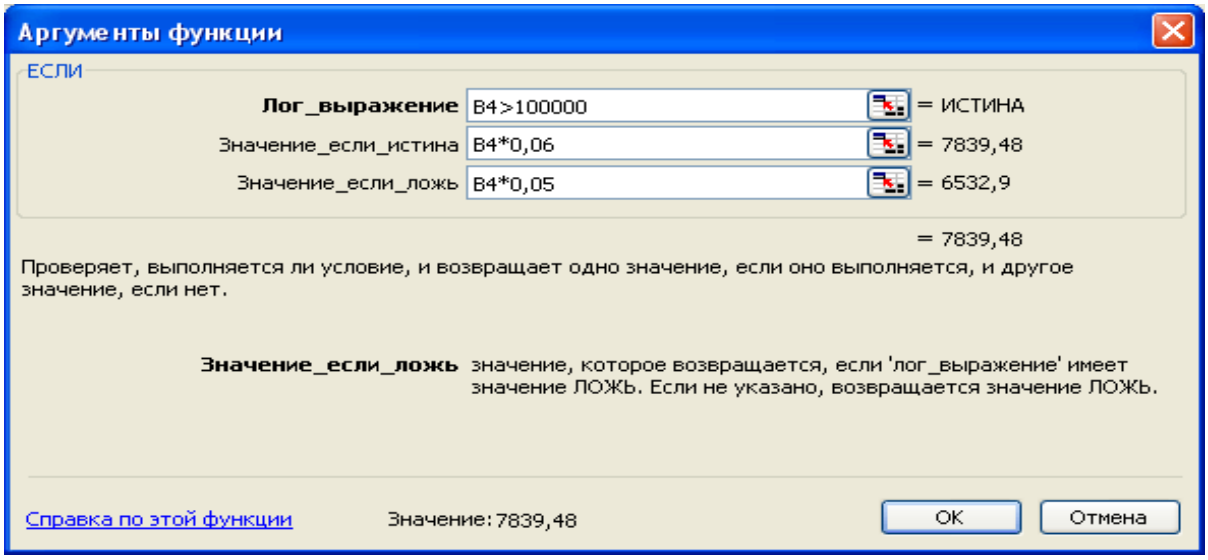
величина, возвращаемая при невыполнении данного условия).

Для работы с функциями используют *Мастер функций* . Он состоит из двух шагов: выбор *Имени функции* и задание *аргументов.*

Выделите ячейку, в которой вы собираетесь разместить результат выполнения функции *ЕСЛИ,* например С4.

1. Щелкните на кнопке *Мастер функций* из списка «Категория» выберите *«Логические»,* в следующем окне выберите функцию *ЕСЛИ.*

2. В диалоговом окне «Аргументы функции» в поле *Лог_выражение* введите проверяемое условие, например B4>100000, считая, что объем продаж содержится в ячейке B4.



3. В поле *Значение_если_истина* введите величину, которая будет возвращена, если окажется, что заданное условие выполняется. Например, если нужно задать 6 % комиссионных для тех, у кого объем продаж превышает 100 тыс.руб., в это поле нужно ввести B4*0,06.

4. В поле *Значение_если_ложь* введите величину, которая будет возвращена, если окажется, что заданное условие не выполняется. Например, если нужно задать 5 % комиссионных для тех, у кого объем продаж не превышает 100 тыс.руб., в это поле нужно ввести B4*0,05. Щелкните кнопку ОК. Excel внесет функцию в рабочую таблицу и будет помещать результаты ее выполнения в выделенную ячейку. (Примечание: Если оставить пустым поле *Значение_если_ложь*, то при невыполнении заданного условия Excel возвратит не число, а слово «Ложь».)

5. Вид функции в ячейке C4 приведен в строке формул: *=ЕСЛИ(B4>100000;B4*0,06;B4*0,05)*. Чтобы рассчитать комиссионные для всех других работников скопируйте данную формулу одним из известных методов. Например, протащив маркер заполнения с ячейки C4 до ячейки C12.

C4 fx =ЕСЛИ(B4>100000;B4*0,06;B4*0,05

	A	B	C	D
1	*Комиссионные торговых агентов*			
2				
3	**Торговые агенты**	**Продажи за месяц**	**Комиссионные**	
4	Романцев	130 658,00	7 839,48	
5	Бабий	41 209,00	2 060,45	
6	Сидоров	965 840,00	57 950,40	
7	Левченко	56 023,00	2 801,15	
8	Молчанов	69 845,00	3 492,25	
9	Колесников	185 926,00	11 155,56	
10	Арутюнянц	116 523,00	6 991,38	
11	Кудрявцева	33 565,00	1 678,25	
12	Лившиц	69 954,00	3 497,70	

ЗАДАНИЕ 2

Скопируйте рассчитанную таблицу и рассчитайте новые комиссионные ставки для торговых агентов.

Если объем продаж выше 130 тыс.руб. – задать 10 % комиссионных, для тех, у кого объем продаж превышает 100 тыс.руб., но меньше 130 тыс.руб. – 5 % комиссионных, для тех, у кого объем продаж не превышает 100 тыс.руб. – 3 % комиссионных.

Работа 3.3. Автозаполнение, абсолютные и относительные ссылки.

ЗАДАНИЕ

Создать электронную таблицу учета платы за квартиру согласно образцу.

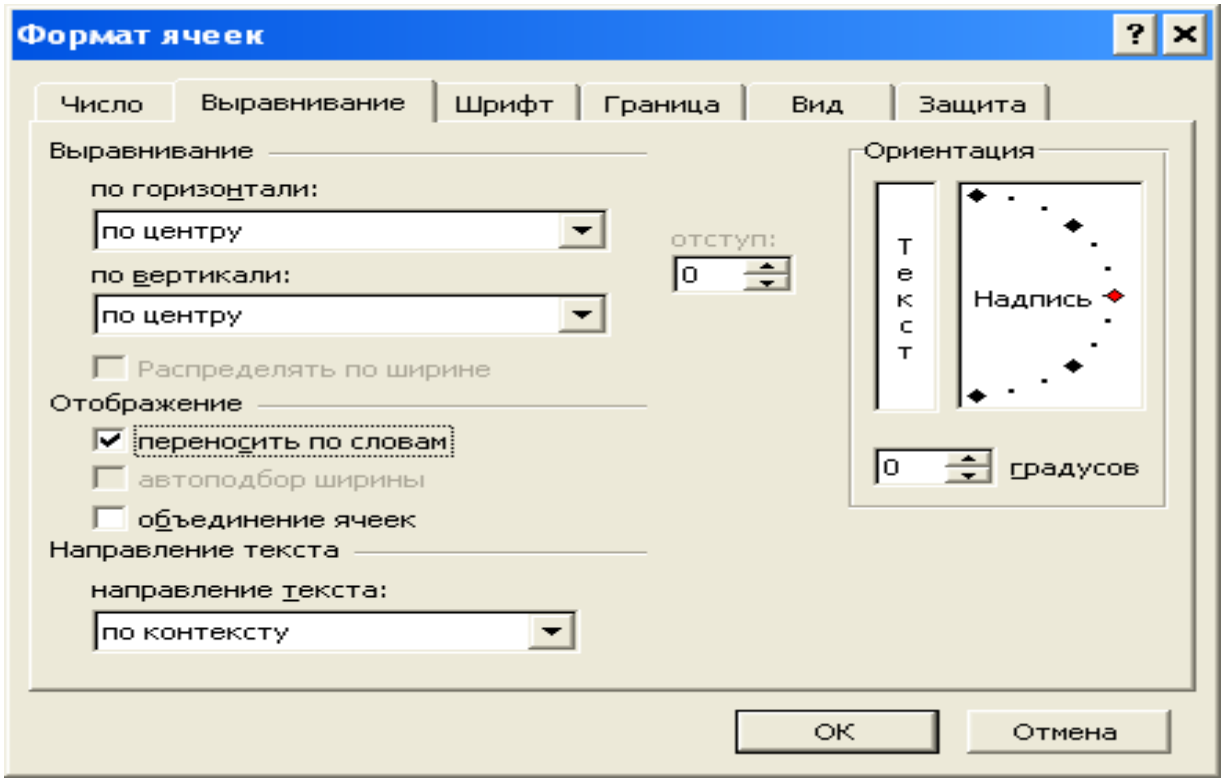
1. Все заголовки столбцов должны быть выровнены по центру, как по горизонтали, так и по вертикали, при определении формата ячейки, примите опцию переноса слов. Отформатируйте таблицу по образцу.
2. Столбец «№ квартиры» – автозаполнение с 10 (шаг 1). Форомат: курсив, по центру.
3. Столбец «Фамилия квартиросъемщика» формат: по левому краю.
4. Столбец «Площадь» – автозаполнение с 70 (шаг – 0,5), формат: курсив, по центру
5. Столбец «Сумма»: для каждой квартиры умножается значение из графы «Площадь» (с относительным адресом) на значение из ячейки «Тариф» (с абсолютным адресом).
6. Столбец «Дата оплаты» – автозаполнение с 10 марта (шаг 1), каждая последующая квартира произвела оплату на день позже предыдущей.
7. Столбец «Просрочка»: если оплата была произведена до срока оплаты включительно, то автоматически ставиться 0 (нуль); если позже срока, то должно подсчитываться количество дней просрочки («Дата оплаты» относительный адрес – «Срок оплаты» абсолютный адрес). Формат: курсив, по центру.
8. Столбец «Штраф»: для каждой квартиры умножается значение из графы «Пени за 1 день» (абсолютный адрес) на значение из графы «Просрочка». Формат « денежный», целый.
9. Столбец «Итого»: суммируется значение из граф «Сумма» и «Штраф», формат «денежный», целый.
10. В конце ведомости подсчитать: среднюю площадь, минимальную сумму, максимальную просрочку, максимальный штраф, итого, используя соответствующие функции.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Квартплата							
2	Тариф за 1 кв. м:		5р.					
3	Срок оплаты:		10 мар					
4	Пени за 1 день :		1,5р.					
5	№ квартиры	Фамилия квартирос.	Площадь кв. м	Сумма	Дата оплаты	Прос-рочка	Штраф	Итого
6	10	Ивашкина	70	350р.	10 мар	0	0р.	350р.
7	11	Баранова	69,5	348р.	11 мар	1	2р.	349р.
8	12	Корнилова	69	345р.	12 мар	2	3р.	348р.
9	13	Воробьев	68,5	343р.	13 мар	3	5р.	347р.
10	14	Скоркин	68	340р.	14 мар	4	6р.	346р.
11	15	Новиков	67,5	338р.	15 мар	5	8р.	345р.
12	16	Зубков	67	335р.	16 мар	6	9р.	344р.
13	17	Сырников	66,5	333р.	17 мар	7	11р.	343р.
14	18	Миронов	66	330р.	18 мар	8	12р.	342р.
15	19	Рублева	65,5	328р.	19 мар	9	14р.	341р.
16	20	Лобанова	65	325р.	20 мар	10	15р.	340р.
17		Средняя площадь	67,5					
18		Минимальная сумма		325р.				
19		Максимальная просрочка				10		
20		Максимальный штраф					15р.	
21		Итого						3 795р.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для форматирования столбцов использовать правую клавишу мыши (ПКМ): *Формат ячеек* – вкладка *Выравнивание*.
2. Автозаполнение ячеек: *Правка – Заполнить – Прогрессия– Арифметическая (ряды даты*), либо введите значение в первую и вторую ячейки, выделите их и протяните ЛКМ, зацепив маркер заполнения, либо введите значение в первую ячейку (для дат) и протяните маркер.
3. При вычислениях используйте в ссылках (адреса ячеек) относительные и абсолютные адреса. Относительный адрес при копировании формул изменяется: при копировании по столбцу в адресах ячеек изменяется номер строки; при копировании по строке в адресах ячеек изменяется имя столбца. *Абсолютные адреса при копировании не изменяются!* Абсолютный адрес устанавливают клавишей F4, например, для «Штрафа» = $C$4*F6.

Относительный адрес – C4, абсолютный адрес – $C$4, смешанные адреса – $C4 и C$4.



4. Для вычисления формул используйте *Мастер функций*. Для поля «Просрочки» используется функция *ЕСЛИ*. Синтаксис и правило использования функции см. в лабораторной работе 3.2. Например, = *ЕСЛИ(E6 <= $C$3;0;E6 – $C$3).*
5. Для вычисления параметров: «Средняя площадь», «Минимальная сумма», «Максимальная просрочка», «Максимальный штраф», «Итого» используйте функции: *(СРЗНАЧ(аргументы)*, *СУММ(аргументы), МИН(аргументы)*, *МАКС(аргументы).* Ввод функций в формулы осуществляйте *Мастером функций*.

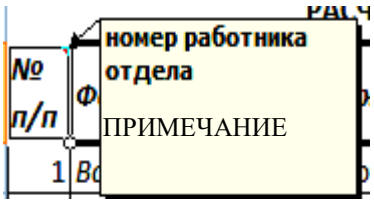
Работа 3.4. Создание примечаний, числовое форматирование

ЗАДАНИЕ

Сформировать на рабочем листе ведомость «Расчет заработной платы работников научно–проектного отдела «Альфа».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАУЧНО-ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА "АЛЬФА"										
3	№ п/п	Фамилия И. О.	Должность	Тарифная ставка	Стаж	k	Надбавка за стаж	Итого	Процент налога	Удержать	Выплата
4	1	Вольская А. Д.	лаборант	5 670,00							
5	2	Ермакова Л. П.	инженер	8 000,00							
6	3	Заяц В. Д.	мл. н. сотрудник	7 700,00	11						
7	4	Иванова А. С.	лаборант	5 500,00							
8	5	Игнатович В. П.	ст. н. сотрудник	9 700,00	6						
9	6	Котов В. А.	инженер	8 000,00							
10	7	Михайлова Н. п.	инженер	8 000,00	8						
11	8	Мороз В. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00							
12	9	Никонова Е. И.	мл. н. сотрудник	7 700,00							
13	10	Петрашевич Г. С.	зав.лаборатории	12 200,00	16						
14	11	Петров В. М.	лаборант	5 670,00							
15	12	Сергейчик П. П.	мл. н. сотрудник	7 700,00	11						
16	13	Степаненко А. В.	ст. н. сотрудник	9 700,00							
17	14	Уланович А. С.	лаборант	5 500,00	7						
18	15	Утина П. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00	6						
19	Всего к выдаче:										

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ



1. В ячейку А2 поместить название ведомости
2. В ячейки А3:К3 ввести названия полей ведомости: *№ п/п…Выплата.*
3. К шапке ведомости – к каждому столбцу – создать скрытые примечания.

Примечания создаются командой *Вставка – Примечание* (также можно использовать панель инструментов *Рецензтрование*, которая добавляется командой *Вид – Панели Инструментов – Рецензирование).*

Тексты Примечаний по столбцам:

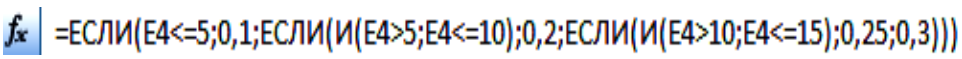
№ п/п – номер работника отдела;

Фамилия И. О. – заносятся все фамилии работающих в научно–проектном отделе;

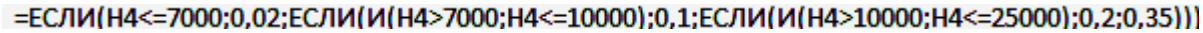
Должность – занимаемая должность на момент заполнения ведомости;
Тарифная ставка – денежный эквивалент занимаемой должности;
Стаж – вносится целое число отработанных лет на момент заполнения ведомости;
k – коэффициент за стаж работы;
Надбавка за стаж – денежный эквивалент за стаж работы;
Итого – начисление заработной платы с учетом тарифной ставки и стажа работы;
Процент налога – определяет процент отчислений в бюджет;
Удержать – денежный эквивалент отчислений в бюджет;
Выплата – сумма, предназначенная к выдаче.

4. При расчетах в ведомости учитывать следующее:

Коэффициент *k* присваивается из следующего расчета: 0,1 – отработано до 5 лет включительно, 0,2 – от 5 до 10 лет включительно, 0,25 – от 10 до 15 лет включительно, 0,3 – свыше 15 лет. Формула для ячейки F4:



Надбавка за стаж – произведение *тарифной ставки* на *k*,
G4 =D4*F4
Формат числа для ячейки G4: *Формат – Ячейки* –вкладка *Число*, из списка *Числовые форматы* выбрать *Все форматы* и в поле *Тип* ввести формат # ##0,00р.
Итого – сумма *Тарифной ставки* и *Надбавки за стаж* *(H4=D4 + G4).* Формат числа аналогичен предыдущему.
Процент налога – учитывает, что : 2 % – начисление (по *Итого*) составляет до 7000 р. включительно, 10 % – более 7000 р. до 10000 р. включительно, 20 % – более 10000 р. до 25000 р. включительно, 35 % – превышающие 25000 р. Пример формулы для I4:



Формат числа (I4) – *Процентный.*
Удержать – произведение *Итого* на *Процент налога.* Формат пользовательский, аналогичный ячейкам столбцов D, G,H**:** # ##0,00р.
Выплата – разность между *Итого* и *Удержать.*

5. Подсчитайте *Всего к выдаче,* используя *Автосуммирование.*
6. Объедините ячейки в соответствии с образцом *Формат – Ячейки* – вкладка *Выравнивание – Объединить ячейки.*
7. Обрамите таблицу *Формат – Ячейки* – вкладка *Граница.*

8. Отформатируйте текстовую информацию по образцу *Формат – Ячейки* – вкладка *Шрифт*.

Результат решения задачи

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	РАСЧЕТ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ РАБОТНИКОВ НАУЧНО-ПРОЕКТНОГО ОТДЕЛА "АЛЬФА"										
3	№ п/п	Фамилия И. О.	Должность	Тарифная ставка	Стаж	k	Надбавка за стаж	Итого	Процент налога	Удержать	Выплата
4	1	Вольская А. Д.	лаборант	5 670,00р.		0,1	567,00р.	6 237,00р.	2%	124,74р.	6 112,26р.
5	2	Ермакова Л. П.	инженер	8 000,00р.		0,1	800,00р.	8 800,00р.	10%	880,00р.	7 920,00р.
6	3	Заяц В. Д.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.	11	0,25	1 925,00р.	9 625,00р.	10%	962,50р.	8 662,50р.
7	4	Иванова А. С.	лаборант	5 500,00р.		0,1	550,00р.	6 050,00р.	2%	121,00р.	5 929,00р.
8	5	Игнатович В. П.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.	6	0,2	1 940,00р.	11 640,00р.	20%	2 328,00р.	9 312,00р.
9	6	Котов В. А.	инженер	8 000,00р.		0,1	800,00р.	8 800,00р.	10%	880,00р.	7 920,00р.
10	7	Михайлова Н. п.	инженер	8 000,00р.	8	0,2	1 600,00р.	9 600,00р.	10%	960,00р.	8 640,00р.
11	8	Мороз В. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.		0,1	970,00р.	10 670,00р.	20%	2 134,00р.	8 536,00р.
12	9	Никонова Е. И.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.		0,1	770,00р.	8 470,00р.	10%	847,00р.	7 623,00р.
13	10	Петрашевич Г. С.	зав.лаборатории	12 200,00р.	16	0,3	3 660,00р.	15 860,00р.	20%	3 172,00р.	12 688,00р.
14	11	Петров В. М.	лаборант	5 670,00р.		0,1	567,00р.	6 237,00р.	2%	124,74р.	6 112,26р.
15	12	Сергейчик П. П.	мл. н. сотрудник	7 700,00р.	11	0,25	1 925,00р.	9 625,00р.	10%	962,50р.	8 662,50р.
16	13	Степаненко А. В.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.		0,1	970,00р.	10 670,00р.	20%	2 134,00р.	8 536,00р.
17	14	Уланович А. С.	лаборант	5 500,00р.	7	0,2	1 100,00р.	6 600,00р.	2%	132,00р.	6 468,00р.
18	15	Уткие П. И.	ст. н. сотрудник	9 700,00р.	6	0,2	1 940,00р.	11 640,00р.	20%	2 328,00р.	9 312,00р.
19	Всего к выдаче:							140524,00р.		18 090,48р.	122 433,52р.

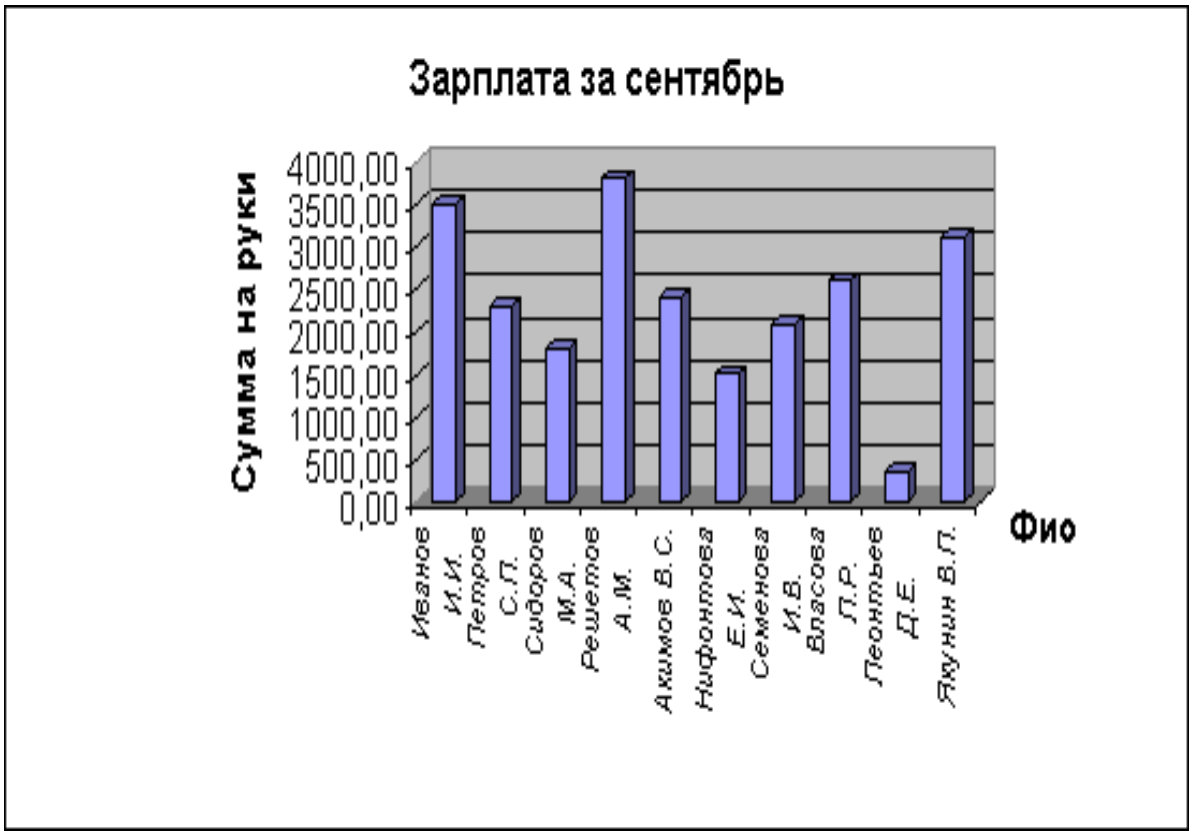
Работа 3.5. Вычисления с использованием функций, форматирование графиков

ЗАДАНИЕ

1. Дайте название рабочему листу «Зарплата».
2. Создайте таблицу, заполнив шапку и значения столбцов приведенными в таблице данными: «№ », «Фамилия И.О.», «Оклад», «Дети».
3. Вычислите по формулам значения в первых ячейках столбцов: «Уральский коэффициент», «З/плата с уральским коэф.», «С начала года», «Налоги», «Сумма на руки».
4. Скопируйте полученные формулы в остальные ячейки соответствующих столбцов.
5. Вычислите итоговые значения и скопируйте их в соседние ячейки этих строк.
6. Отформатируйте таблицу в соответствии с приведенным видом.
7. Постройте столбиковую диаграмму рассчитанной «Зарплаты за сентябрь».

	A	B	C	D	E	F		H	I
1	Сентябрь 2006 г.								
2	№	Фамилия И.О.	Оклад	Уральский коэф.	З/плата с урал. коэф.	С начала года	Дети	Налоги	Сумма на руки
3	1	Иванов И.И.	3500	525,00	4025,00	36225,00	2	523,25	3501,75
4	2	Петров С.П.	2300	345,00	2645,00	23805,00	2	343,85	2301,15
5	3	СидоровМ.А.	1800	270,00	2070,00	18630,00	1	269,10	1800,90
6	4	РешетовА.М.	3800	570,00	4370,00	39330,00	1	568,10	3801,90
7	5	Акимов В.С.	2400	360,00	2760,00	24840,00	2	358,80	2401,20
8	6	Нифонтова Е.И.	1500	225,00	1725,00	15525,00	0	224,25	1500,75
9	7	Семенова И.В.	2100	315,00	2415,00	21735,00	1	313,95	2101,05
10	8	Власова Л.Р.	2600	390,00	2990,00	26910,00	2	388,70	2601,30
11	9	Леонтьев Д.Е.	320	48,00	368,00	3312,00	0	0,00	368,00
12	10	Якунин В.П.	3100	465,00	3565,00	32085,00	2	463,45	3101,55
13		Всего	23420	3513,00	26933,00	242397,00	13	3453,45	23479,55
14		Среднее	2342	351,30	2693,30	24239,70	1	345,35	2347,96
15		Max	3800	570,00	4370,00	39330,00	2	568,10	3801,90
16		Min	320	48,00	368,00	3312,00	0	0,00	368,00

Налоговый вычет	400



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Ввод формул**.** Формула начинается со знака =. Адреса ячеек со значениями, участвующими в вычислениях, указываются щелчком мыши. Для выбора функций используется команда *Вставка – Функции* или *Мастер функций* f_x.
2. Формулы для вычислений:
   - «Уральский коэф.» составляет 15 % от оклада. «Уральский коэф.»=0,15* «Оклад».
   - «З/плата с уральским коэф.» = «Оклад» + «Уральский коэф.».
   - Начисления заработной платы накопительным итогом за девять месяцев с начала года. «С начала года» = З/плата с урал. коэф.* кол. месяцев. В данном примере количество месяцев равно 9.
   - «Налоги». *Если* «З/плата с уральским коэф.» *меньше, чем* налоговый вычет, в нашем случае это 400 рублей, то *налог будет равен 0. Если* начисления «С начала года», *меньше или равны 15000руб., то налог равен* – («З/плата с уральским коэф.» – «Налоговый вычет» – *300** «Дети»*)*0,13; в противном случае* «З/плата с уральским коэф.» **0,13.*

Адрес ячейки D18 – «Налоговые вычеты» необходимо задать в виде абсолютной ссылки – $D$18, которая задается функциональной клавишей F4.

- «Сумма на руки» = «З/плата с уральским коэф.» – «Налоги».
- Вычисления формул итоговых строк*: Мастер функций – Категории – Статистические* – найдите нужную функцию *(СУММ( ), СРЗНАЧ( ), MAX( ), MIN( )).* Введите диапазон ячеек с данными для вычисления значений функций.
- Скопируйте формулы в соответствующие строки.

3. Построение графика по данным, расположенным не в соседних столбцах: выделить диапазон ячеек, данные которых будут располагаться по оси *X* (столбец «Фамилия И.О.»), нажать клавишу.*Ctrl* и не отпуская ее, выделить диапазон ячеек, данные которых будут располагаться на оси *Y* **(**столбец «Сумма на руки»). Далее обычные действия: Вызвать *Мастер построения диаграмм,* выбрать *Тип диаграммы* и ее вид. Ввести *Параметры диаграммы***,** задать *Размещение диаграммы.*
4. Отформатировать график (изменение его оформления)**.** Выделить нужный фрагмент графика, вызвать контекстное меню (КМ), выбрать *Формат* – изменить значения параметров: шрифт, вид и толщину линий, вид стрелок и т.д.

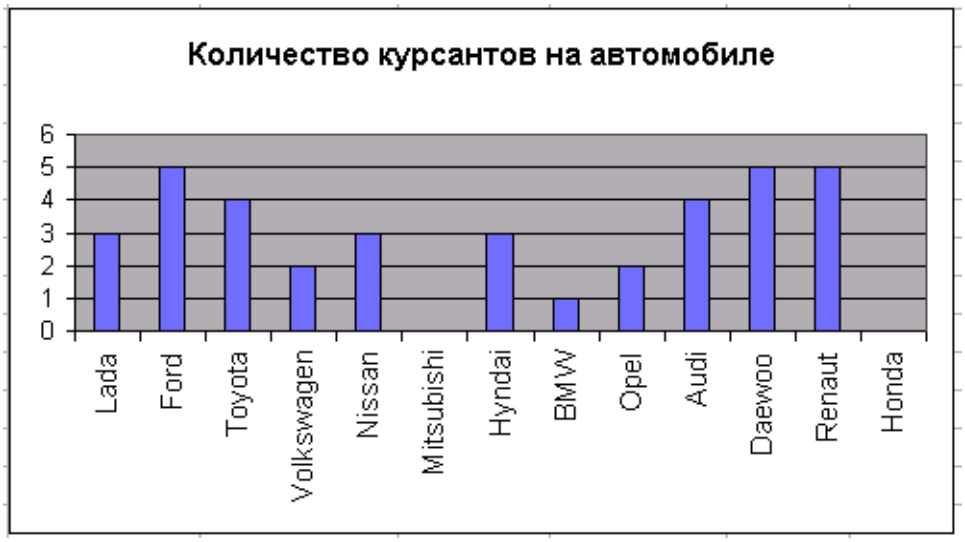
Работа 3.6. Использование сложных функций
ВАРИАНТ 1

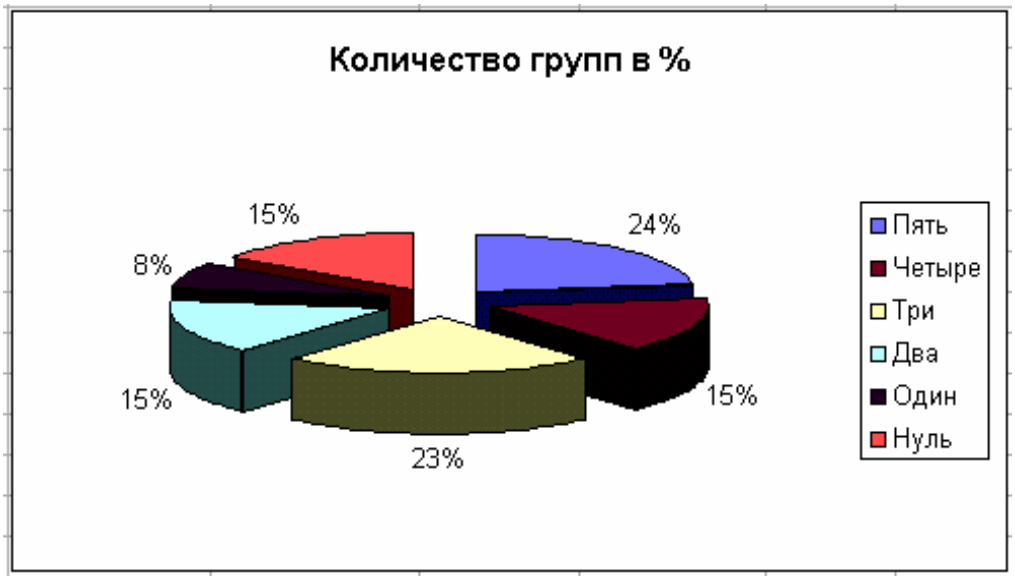
ЗАДАНИЕ

1. Введите название рабочего листа – «Автошкола «Автолайн».
2. Наберите «шапку» ведомости, заполните значение столбцов: «№» – автозаполнением; «Фамилия инструктора» – 13 – ю фамилиями, «Число курсантов» разбить на два столбца, в столбце «Цифрой» ввести числовое значение с клавиатуры.
3. В первую ячейку столбца «Прописью» введите формулу, используя, *Мастер формул*. Если число цифрой равно 0, то прописью «Нуль», если – 1, то «Один», если – 2, то прописью «Два», если – 3, то прописью «Три», если – 4, то «Четыре», если – 5, то «Пять».
4. Скопируйте формулу во все ячейки столбца.
5. В отдельной таблице подсчитайте количество оценок.
6. По результатам этой таблицы постройте две диаграммы – *Гистограмму* со значениями и *Круговую* (в процентном формате).

	A	B	C	D	E
1	Автошкола "АвтоЛайн"				
2	№	Фамилия инструктора	Автомобили	Число курсантов	
3				Цифрой	Прописью
4	1	Абакумов	Lada	3	Три
5	2	Воронцов	Ford	5	Пять
6	3	Дроздов	Toyota	4	Четыре
7	4	Зубкова	Volkswagen	2	Два
8	5	Колосов	Nissan	3	Три
9	6	Ладыгин	Mitsubishi	0	Нуль
10	7	Михайлов	Hyndai	3	Три
11	8	Никонов	BMW	1	Один
12	9	Плотников	Opel	2	Два
13	10	Важенина	Audi	4	Четыре
14	11	Дозморова	Daewoo	5	Пять
15	12	Иванова	Renaut	5	Пять
16	13	Сараева	Honda	0	Нуль

	A	B	C
18		Численность курсантов в группе	Количество групп
19		Пять	3
20		Четыре	2
21		Три	3
22		Два	2
23		Один	1
24		Нуль	2
25		Итого	13





МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Ввод формулы с использованием функции *ЕСЛИ*. *Мастер функций* – функция *ЕСЛИ***.** Синтаксис функции: *ЕСЛИ (Условие; Действие «истина»; Действие «ложь»)*

В приведенном ниже примере формула анализирует содержимое ячейки D4 – цифровое число курсантов для инструктора Абакумова.

=ЕСЛИ(D4=5;"Пять";ЕСЛИ(D4=4;"Четыре";ЕСЛИ(D4=3;"Три";ЕСЛИ(D4=2;"Два";ЕСЛИ(D4=1;"Один";ЕСЛИ(D4=0;"Нуль";"Ошибка ввода")))))).

2. Для подсчета количества групп используется функция *СЧЁТЕСЛИ:*

СЧЁТЕСЛИ (Диапазон ячеек, в которых ведется подсчет; Условие). Например, для «Пять» формула = *СЧЁТЕСЛИ (D4:D16;"=5")*.

3. Круговая диаграмма строится для столбца «Количество групп», выбирается соответствующий вид диаграммы. Надписи задаются в окне «Параметры диаграммы» на вкладке «Подписи данных».

ВАРИАНТ 2

ЗАДАНИЕ

1. Измените название рабочего листа – «Экзаменационная ведомость».
2. Наберите «шапку» ведомости, заполните значение столбцов: «№» – автозаполнением; «Фамилия И. О.» – любыми 10 – ю фамилиями», «№ зачетной книжки» и числовое значение оценки введите с клавиатуры.
3. В первую ячейку столбца «Прописью» введите формулу, используя, *мастер формул*. Если числовая оценка равна 2, то прописью «Неудовлетворительно», если – 3, «Удовлетворительно», если – 4, то «Хорошо», если – 5, то «Отлично», если – «н/я», то «Неявка»
4. Скопируйте формулу во все ячейки столбца.
5. В отдельной табличке подсчитайте количество оценок.
6. По результатам этой таблицы постройте кольцевую диаграмму.

	A	B	C	D	E	F
1	Экзаменационная ведомость					
2						
3	Группа_____ Дисциплина_____					
4						
5				Оценка		
6	№	Фамилия И. О.	№ зачетной	Число	Прописью	Роспись
7	1	Иванов И. И.	275	3	Удовлетворительно	
8	2	Петров П. П.	265	5	Отлично	
9	3	Сидоров С. С.	232	н/я	Неявка	
10	4	Решетников Р. Р.	214	4	Хорошо	
11	5	Абрамов А. А.	193	5	Отлично	
12	6	Кац В. Ш.	171	н/я	Неявка	
13	7	Бильбао К. Ф.	150	2	Неудовлетворительно	
14	8	Нифонтов К. Р.	128	5	Отлично	
15	9	Русинов Р. Д.	107	4	Хорошо	
16	10	Якушин Я. Т.	85	3	Удовлетворительно	
17						

18	"Отлично"	3
19	"Хорошо"	2
20	"Удовлетворительно"	2
21	"Неудовлетворительно"	1
22	"Неявка"	2
23	Итого	10

Методические указания аналогичны варианту 1.

Работа 3.7. Команды сортировки и фильтрации

ЗАДАНИЕ

1. Наберите в MS Excel таблицу с выделенными значениями (кроме значений в колонках «% жилого фонда» и «Стоимость 1 кв. м.), оформите и отформатируйте по указанному образцу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Квартирное агенство "МЕЧТА"								
2	№	Кол-во комнат	Район	Теле-фон	Общий метраж	Жилой метраж	Стоимость квар-тиры, тыс. руб	% жилого фонда	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
3	1	3	Ленинский	Есть	58,3	38,5	286	66,0	4,91
4	2	3	Чкаловский	Нет	48	40,6	89	84,6	1,85
5	3	2	Кировский	Есть	43	32	115	74,4	2,67
6	4	1	Октябрьский	Есть	35	25	75	71,4	2,14
7	5	1	Юго-Западный	Есть	32	21	126	65,6	3,94
8	6	1	Юго-Западный	Есть	26	16	64	61,5	2,46
9	7	1	Юго-Западный	Нет	50	32	95	64,0	1,90
10	8	2	Октябрьский	Нет	46	40	185	87,0	4,02
11	9	2	Кировский	Нет	62	45	246	72,6	3,97
12	10	2	Чкаловский	Нет	48	35	94	72,9	1,96
13	11	3	Чкаловский	Нет	96	75	192	78,1	2,00
14	12	2	Ленинский	Нет	29	21	126	72,4	4,34
15	13	3	Ленинский	Нет	56	49	164	87,5	2,93
16	14	3	Ленинский	Нет	108,5	80	580	73,7	5,35
17	15	4	Кировский	Есть	96	71	396	74,0	4,13
18	16	2	Кировский	Есть	48,2	40	180	83,0	3,73
19	17	2	Ленинский	Есть	38	32	195	84,2	5,13
20	18	1	Чкаловский	Есть	26	16	48	61,5	1,85
21	19	1	Октябрьский	Нет	28	18	85	64,3	3,04
22	20	1	Юго-Западный	Есть	36	22,3	45	61,9	1,25
23	21	2	Юго-Западный	Есть	51	40	97	78,4	1,90
24	22	2	Кировский	Нет	65	42	115	64,6	1,77
25	23	3	Кировский	Нет	86	50	200	58,1	2,33
26	24	3	Кировский	Нет	84,3	58	215	68,8	2,55
27	25	2	Ленинский	Есть	68,6	36	325	52,5	4,74
28	Итого				1364,9	975,4	4338		
29	Средние показатели				54,60	39,02	173,52	71,33	3,07

2. Вычислите «% жилого фонда» и «Стоимость 1 кв. м.».
3. Определите Итоговые и Средние показатели.
4. **Примените Автофильтр** и выполните следующие действия:
   - выделите все однокомнатные квартиры и перенесите их на лист 2;

- выделите все двухкомнатные квартиры и перенесите их на лист 3;
- выделите все трехкомнатные квартиры и перенесите их на лист 4;
- выделите все четырехкомнатные квартиры и перенесите их на лист 5;

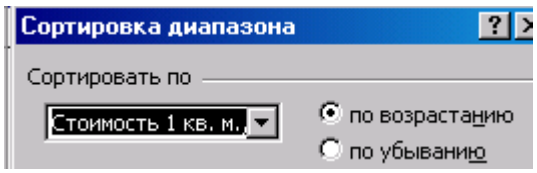
5. Переименуйте указанные в п.4 рабочие листы следующим образом: «1–комнатные», «2–комнатные» и т. д.
6. На листах 2 – 5 вычислите показатели, указанные в п.3.
7. **Отсортируйте**: 1–комнатные квартиры – по возрастанию стоимости 1 кв. м.; 2–комнатные квартиры – по возрастанию стоимости квартиры; 3–комнатные квартиры – по убыванию жилого метража.
8. На листе 1 отфильтруйте квартиры с жилым метражом более 30 м и стоимостью 1 кв. м менее 2 тыс.руб., результат скопируйте на лист 6.
9. На листе 1 найдите: самую дорогую квартиру; самую большую по общему метражу; имеющую самую низкую стоимость; с самым высоким процентом жилого фонда.
10. Найденные квартиры скопируйте на лист 7.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Для определения итоговых и средних показателей воспользуйтесь функциями *СУММ(аргумент)* и *СРЗНАЧ(аргумент)*.

При фильтрации и сортировке данных в таблице поставьте курсор в любую ячейку таблицы и выполните соответствующую команду.

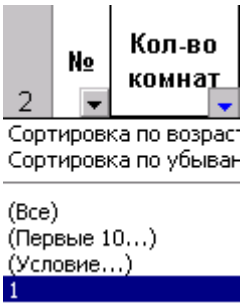
2. Сортировка выполняется командой *Данные – Сортировка*. Выберите столбец, по которому осуществляется сортировка и параметр



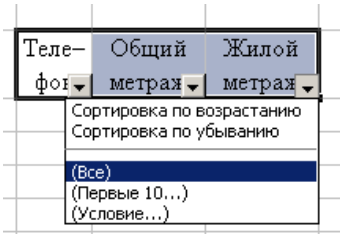
№	Кол-во комнат	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
20	1	1,25
18	1	1,85
7	1	1,90
4	1	2,14
6	1	2,46
19	1	3,04
5	1	3,94

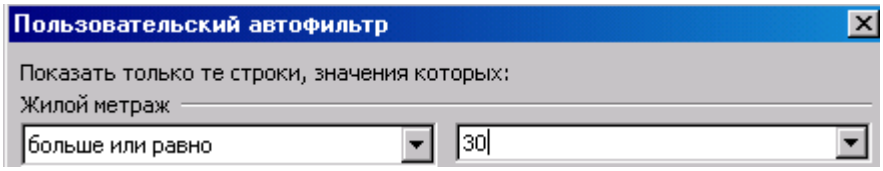
3. Фильтрация осуществляется командой *Данные – Фильтр – Автофильтр*. Выберите параметр фильтрации или задайте *Условие.*

1	Квартирное агенство "МЕЧТА"								
2	№	Кол-во комнат	Район	Теле-фон	Общий метраж	Жилой метраж	Стоимость квар-тиры, тыс. руб	% жилого фонда	Стоимость 1 кв. м., тыс. руб
6	4	1	Октябрьский	Есть	35	25	75	71,4	2,14
7	5	1	Юго-Западный	Есть	32	21	126	65,6	3,94
8	6	1	Юго-Западный	Есть	26	16	64	61,5	2,46
9	7	1	Юго-Западный	Нет	50	32	95	64,0	1,90
20	18	1	Чкаловский	Есть	26	16	48	61,5	1,85
21	19	1	Октябрьский	Нет	28	18	85	64,3	3,04
22	20	1	Юго-Западный	Есть	36	22,3	45	61,9	1,25



Задание условия фильтрации





Работа 3.8. Подбор параметра на примере решения уравнения

ЗАДАНИЕ

Решите уравнение своего варианта, используя команду *«Подбор параметра».*

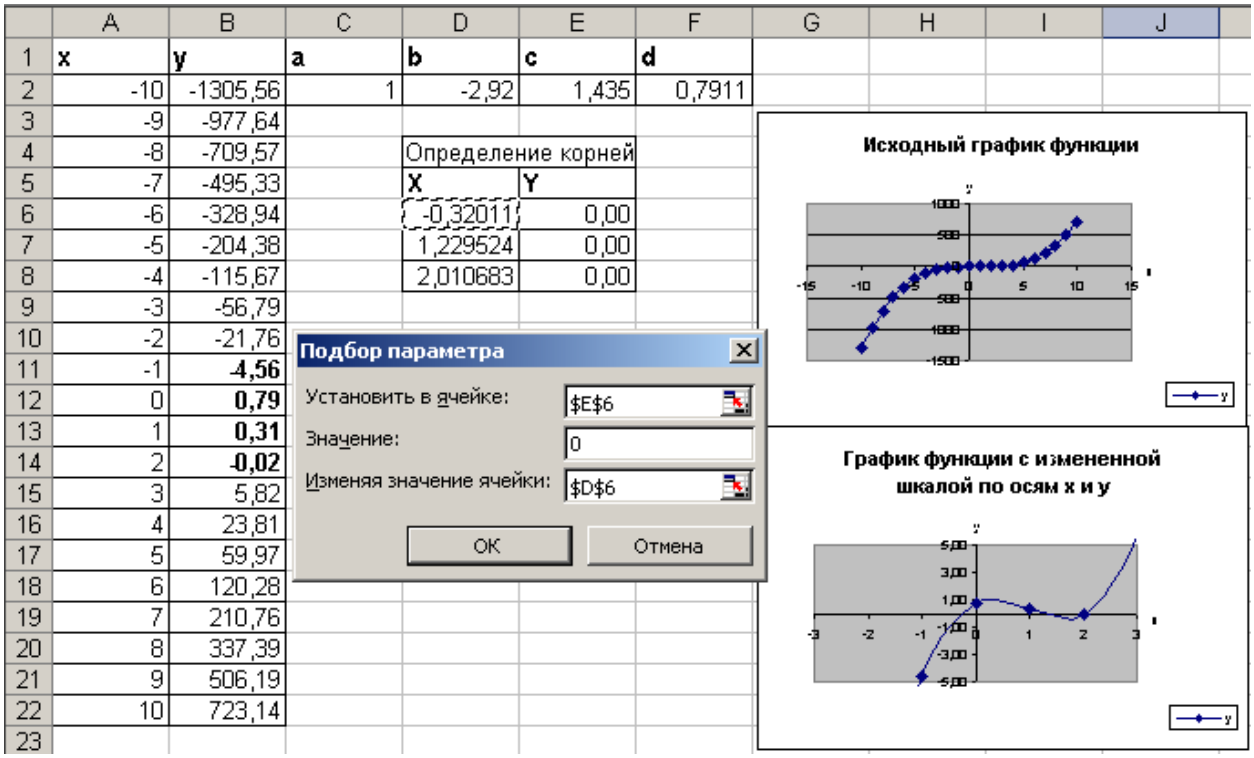
Решить уравнение, значит найти значение аргумента (*X*), при котором функция (*Y)* принимает значение равное нулю, т. е пересекает ось *X.*

№ вари–анта	Уравнение	№ вари–анта	Уравнение
1	X^3–2,92x^2+1,435x+0,7911=0	6	X^3–0,12x^2+1,4775x+0,191 =0
2	X^3–2,56 x^2+1,325 x+4,395 =0	7	X^3–0,77x^2+0,251x+0,016=0
3	X^3–2,84x^2+5,6064x+14,766=0	8	X^3–0,88x^2+0,399x+0,03 =0
4	X^3–1,41x^2+5,472x+7,380=0	9	X^3–0,78x^2+0,826x+0,1467=0
5	X^3–0,85x^2+0,4317x+0,0439=0	10	X^3–2,28x^2+1,9347x+3,907=0

Пример решения уравнения: $ax^3+bx^2+cx+d=0$ при $a = 1; b = – 2,92; c = 1,435; d = 0,7911$ на интервале изменения X [–10;10] с шагом изменения X равном 1.

1. Создайте таблицу изменения *X* в заданном интервале и вычислите *Y* по заданной формуле (=$C$2*A2^3+$D$2*A2^2+$E$2*A2+$F$2) . Коэффициенты *a, b, c, d* заданы абсолютным адресом.

2. Выделите интервал ячеек A1:B22 и постройте график функции (тип графика «Точечный»). Назовите его «Исходный график функции». Скопируйте график при нажатой клавише *Ctrl* и потяните его мышью. Переформатируйте копию графика, изменив диапазон для *X* [–3, 3] и *Y* [–5, 5]. Это позволит увидеть точки пересечения функции с осью аргумента.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Найти интервалы, на которых существуют корни уравнения. Это интервалы изменения аргумента, на концах которых функция изменяет знак. Для наглядности определения интервалов нужно построить график функции. Для этого создайте таблицу, в которой выполните следующие действия.

- Протабулируйте аргумент: введите значения аргумента в некотором диапазоне, например, от –1 до 1 или от –10 до 10 с малым шагом изменения (ячейки A2:A22).
- Протабулируйте функцию. Вычислите значения функции для всех значений аргумента (ячейки B2:B22).
- Постройте график.
- Визуально определите интервалы аргумента, в которых функция меняет знак. На каждом из этих интервалов имеется свой корень.
- Если по первоначальному графику трудно определить точки пересечения графика с осью *X*, то график необходимо переформатировать. Команды выбирайте в контекстном меню соответствующего объекта. Указатель мыши поместите на ось графика, вызовите *КМ Формат оси* – вкладка *Шкала* установите для оси *X* максимум 3, минимум –3, для *Y* максимум 5, минимум –5. На графике

посмотрите точки пересечения функции с осью *X*. Это будут корни уравнения.

- Для определения точных корней выделите ячейки, например D6:D8, в них поместите примерные значения корней (взятые с графика или из таблицы). В диапазон ячеек E6:E8 поместите формулы для вычисления функций (скопируйте из соответствующих ячеек таблицы, принадлежащих этим же строкам).
- Выполните команду *Сервис – Подбор параметра – Установить в ячейке* E6 (введите ссылку на ячейку, содержащую функцию) – *Значение* 0 – *Изменяя значение ячейки* D6 (введите ссылку на ячейку, содержащую аргумент). Повторите эти действия. В ячейках E6:E8 установятся значения функции 0, в ячейках D6:D8 значения корней.

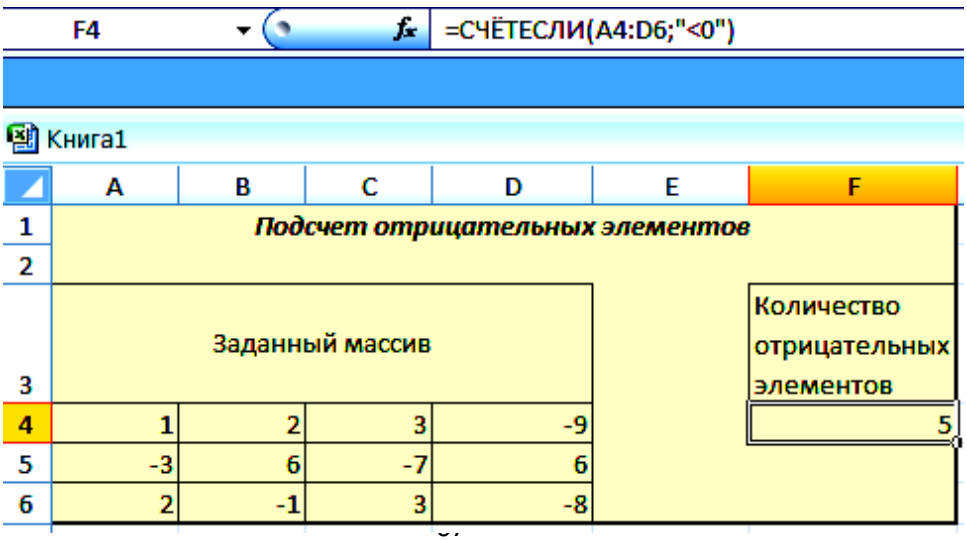
Работа 3.9. Работа с массивами и матрицами

При работе с матрицами используются специальные формулы: МУМНОЖ(аргументы) – умножение матриц; МОБР(аргументы) – вычисление обратной матрицы; МОПРЕД(аргументы) – вычисляется определитель матрицы; ТРАСП(аргументы) –транспонирование матрицы.

Для получения численных результатов с использованием данных функций следует: выделить диапазон ячеек для вывода результата, ввести формулу в строку формул и нажать одновременно клавиши <*Ctrl*>+<*Shift*>+<*Enter*>.

ЗАДАНИЕ 1

Подсчитать в заданном двумерном массиве количество отрицательных элементов.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Заполните ячейки A4:D6 необходимыми значениями.
2. В ячейку F4 введите формулу; =СЧЁТЕСЛИ(A4:D6;"<0")

ЗАДАНИЕ 2

Решить систему линейных уравнений $A^2X = B$, где значения соответствующих матрицы и вектора–столбца имеют вид:

$A = \begin{bmatrix} 23 & 7 \\ 11 & 4 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix}$. Алгебраический вид системы: $\begin{matrix} a_{11}^2 \cdot x_1 + a_{12}^2 \cdot x_2 = b_1 \\ a_{21}^2 \cdot x_1 + a_{22}^2 \cdot x_2 = b_2 \end{matrix}$.

	A	B	C	D	E	F
7						
8	***Решение системы линейных уравнений***					
9						
10	Матрица А			Свободный столбец		Вектор решений
11	23	7		3		-0,44
12	11	4		2		1,426666667

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Можно перемножить только те матрицы, у которых количество строк матрицы 2 равняется количеству столбцов матрицы 1. Для решения системы уравнений нужно вычислить обратную матрицу коэффициентов А и умножить на столбец свободных элементов.
В ячейку F11 введите формулу, используя мастер функций:

=МУМНОЖ(МОБР(МУМНОЖ(A11:B12;A11:B12));D11:D12)

ЗАДАНИЕ 3

Решить систему уравнений $A\ X = B$, если $A = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 \\ 5 & 12 & -4 \\ 1 & 8 & 6 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 3 \\ 7 \\ 1 \end{bmatrix}$.

Запишите систему в алгебраическом виде.

ЗАДАНИЕ 4

Заданы четыре матрицы *A, B, C* и *D* одинаковой размерности, содержащие по 3 строки и по 4 столбца. Вычислить результирующую матрицу $E = 5A - \cos(B) + C^2 - D$.

Вычислите результирующую матрицу $F= 3A+B+2C–D$, проверьте результат.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. На рабочий лист поместите данные соответствующих матриц *A, B, C* и *D*.
2. Используя команду *Вставка – Объект – Тип объекта* , поместите на лист формулу Microsoft Equation 3.0 $E = 5A - \cos(B) + C^2 - D$.
3. Выделите диапазон ячеек для результата, установите указатель мыши в строку формул, введите формулу: =5*I21:L23-COS(I26:L28)+I31:L33*I31:L33-I36:L38 и нажмите клавиши *Ctrl+Shift+Enter*.

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
20	Матрица A								
21	1	67	0	4					
22	2	8	9	5		Результирующая матрица			
23	3	9	8	6		$5A-\cos(B)+C^2-D$			
24									
25	Матрица B								
26	4	0	-9	3		-67,3464	3283	-4,08887	45,98999
27	7	8	-11	0		10,2461	7586,146	118,9956	86
28	6	7	6	3		-5,96017	125,2461	2786,04	65,98999
29									
30	Матрица C								
31	5	55	0	4					
32	2	-87	9	-8					
33	-6	9	52	6					
34									
35	Матрица D								
36	98	76	5	-9					
37	3	23	7	2					
38	56	0	-43	1					

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ EXCEL

Работа 4.1. Определение места числа в списке, функция *РАНГ*

ЗАДАНИЕ

Сформировать и заполнить отчетную ведомость работы сети компьютерных клубов по форме:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	*Ведомость работы сети компьютерных клубов*							
2								
3	*Клуб*	*Январь*	*Февраль*	*Март*	*Суммарная выручка*	*Место*	*Средняя выручка*	*Процент*
4	Альтаир	345	543,9	423,9				
5	Грувит	657,7	234	982,4				
6	Полигон	765,2	1007,5	873,1				
7	Гелакс	123,5	734	487,7				
8	Звезда	879	985,9	980,3				
9	Хексен	348	591,2	678				
10	Антей	987	634	1009,4				
11	Арсенал	1009,5	793,2	987,9				
12	Арена	434	934	567				
13	Блиндаж	835,8	879	934				
14	*Итого*							

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- В ячейку А1 ввести название ведомости.
- В ячейки А3 : Н3 ввести название полей ведомости.
- В поле «Клуб» – строки «Альтаир»… «Блиндаж», «*Итого»*.
- Вычислить «Суммарную выручку» по каждому клубу используя функцию *Сумм(аргументы*). При вводе функций пользоваться *Мастером функций*
- Определить «Место», для этого используется функция *Ранг (аргументы).*

Данная функция возвращает ранг числа в списке чисел. Ранг числа – это его величина относительно других значений в списке. (Если список отсортировать, то ранг числа будет его позицией) .

Синтаксис**:** *Ранг(число;ссылка;порядок)*

Число – это число, для которого определяется ранг; *ссылка* – это массив или ссылка на список чисел (нечисловые значения в ссылке игнорируются); *порядок* – это число, определяющее способ упорядочения (0 – ранг 1 у максимального числа ; любое число – ранг 1 у минимального числа).

Например, в ячейке F4 формула =РАНГ(E4;$E$4:$E$13) определяет ранг числа в ячейке E4 среди чисел столбца E4:E13.

- Вычислить «Среднюю выручку» по каждому клубу, используя функцию =*Срзнач(аргументы)* .
- Вычислить общие итоги, используя функцию *Сумм(аргументы).*

Работа 4.2. Определение частоты попадания числа в заданный интервал. Функция *ЧАСТОТА*

ЗАДАНИЕ

Составить отчет торговой сети

Менеджер торговой сети магазинов имеет значения выручки за три летних месяца по шести магазинам. Необходимо составить отчетную ведомость по результатам деятельности за этот период с простейшей обработкой данных.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Выручка сети магазинов в млн.руб.									
2	Магазин	Июнь	Июль	Август	Суммарная выручка	Место	Средняя выручка	Процент	Диапа-зоны	Коли-чество
3	1	324	435	534	1293	6	431,00	12%	1000	0
4	2	435	645	354	1434	5	478,00	13%	1500	2
5	3	532	623	451	1606	4	535,33	15%	2000	1
6	4	723	634	751	2108	2	702,67	20%		3
7	5	536	734	876	2146	1	715,33	20%		
8	6	834	811	435	2080	3	693,33	19%		
9	Итого	3384	3882	3401	10667					

Создайте таблицу, в которой заполните исходной информацией столбцы: «Магазин», «Июнь», «Июль», «Август» (кроме итоговой строки), и вычислите:

1. Суммарную и среднюю выручку каждого из магазинов за отчетный период.
2. Итоговую выручку всех магазинов за каждый месяц отчетного периода.
3. Место, которое занимает каждый из магазинов в суммарном объеме выручки.
4. Процентную долю каждого из магазинов в суммарном объеме выручки.
5. Количество магазинов, имеющих суммарную выручку до 1000 млн. руб., от 1000 до 1500 млн. руб., от 1500 до 2000 млн. руб. и свыше 2000 млн. руб.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. «Суммарная выручка» по магазинам и «Итого» по месяцам определяется с использованием функции *СУММ(диапазон ячеек)*. Запишите формулу в ячейку E3 и скопируйте по

столбцу для всех магазинов. Запишите аналогичную формулу в ячейку B9 и скопируйте итог по строке для каждого месяца и суммарной выручке.

2. «Место» магазина среди остальных определяется функцией *РАНГ (адрес ячейки* для значения которой определяется место; *диапазон ячеек).* Для первого магазина в ячейке F3 записана формула =*РАНГ(E3;$E$3 :$E$8)*
3. «Средняя выручка» вычисляется с использованием функции = *СРЗНАЧ (диапазон ячеек).* Вид формулы в ячейке G3 = *СРЗНАЧ(B3:D3).*
4. Доля объема выручки магазина в общей выручки. «Процент» = «Суммарная выручка» магазина / Итоговая «Суммарная выручка». Вид формулы в ячейке H3 =E3/$E$9.
5. Скопируйте формулы из диапазона ячеек E3:H3 в соседние ячейки по указанным столбцам.
6. Определение количества магазинов, попавших в заданный интервал по значению «Суммарной выручки» основано на использовании массива формул с функцией *ЧАСТОТА (диапазон ячеек значений; диапазон ячеек граничных значений*). Для массива формула вводится не в одну ячейку, а в выделенный диапазон. Выделите диапазон J3:J6, введите в него формулу = *ЧАСТОТА(E3:E8;I3:I5).* Завершить ввод формулы нажатием комбинации клавиш Ctrl + Shift + Enter.

Работа 4.3. Текстовые функции и функции даты и времени

ЗАДАНИЕ

Разработать рабочую книгу «Список сотрудников». Она должна включать следующие рабочие листы: Лист 1– Список сотрудников, лист 2 – Возраст и стаж работы, лист 3– Анкетные данные.

1. Измените название 1 рабочего листа – «Список сотрудников».
2. Создайте таблицу 1 и заполните её данными.

Список сотрудников Таблица 1

№ п/п	Фамилия	Имя	Отчество	Место работы	Должность	Дата рождения	Город	Улица	Дом	Квар–тира	Оклад	Дата поступления
1	Вольская	Анна	Дмитриевна	ЦКТ	инженер	03.12.1979	Екатеринбург	Декабристов	12	3	13000,00	01.01.1998
2	Ермаков	Леонид	Викторович	ИНФ	ассистент	12.06.1980	Екатеринбург	Фрунзе	1	125	10000,00	28.10.1985
3	Заяц	Виктор	Сергеевич	АКТ	доцент	05.08.1960	Екатеринбург	Мельникова	4	67	20000,00	30.10.1984
4	Аванова	Алла	Борисовна	ЭГП	ассистент	09.09.1978	Екатеринбург	Щорса	7	89	15000,00	25.08.1990
5	Игнатович	Валерий	Иванович	ОПИ	профессор	10.05.1952	Екатеринбург	Декабристов	12	23	11000,00	11.03.1977
6	Котов	Сергей	Сергеевич	ИНФ	инженер	18.02.1980	Екатеринбург	Фурманова	34	46	10500,00	19.01.2002
7	Михайлова	Екатерина	Михайловна	ИНФ	лаборант	23.04.1980	Екатеринбург	Гоголя	2	135	5000,00	20.08.2000
8	Мороз	Александр	Петрович	АКТ	доцент	29.05.1960	Екатеринбург	Чапаева	78	12	20000,00	30.06.1985
9	Никонова	Светлана	Ивановна	ЭГП	ассистент	13.12.1984	Екатеринбург	Пушкина	36	67	12000,00	29.08.2005
10	Петрашевич	Елена	Юрьевна	ЦКТ	инженер	19.06.1975	Екатеринбург	Щербакова	29	89	13000,00	16.05.2000
11	Петров	Юрий	Алексеевич	ЦКТ	уч.мастер	17.07.1974	Екатеринбург	Белинского	30	20	10000,00	01.01.1999
12	Сергейчик	Иван	Матвеевич	ОПИ	доцент	07.07.1972	Екатеринбург	Крауля	40	50	20000,00	01.03.2002
13	Степаненко	Любовь	Михайловна	ЭГП	доцент	06.08.1960	Екатеринбург	Токарей	19	27	20000,00	16.08.1980
14	Уланович	Алексей	Владимирович	ЭГП	ассистент	01.01.1987	Екатеринбург	Заводская	25	15	14000,00	12.12.2005
15	Уткин	Петр	Ильич	АКТ	профессор	03.11.1949	Екатеринбург	Татищева	58	78	25000,00	08.12.1985

3. Перейдите на лист 2, назовите его «Возраст и стаж работы» и создайте таблицу 2, которая создается по таблице 1 (с листа «Список сотрудников») с использование формул.
4. Посчитайте средний, максимальный и минимальный возраст сотрудников.

Возраст и стаж работы Таблица 2

			Стаж работы	
№	Фамилия И.О.	Возраст	Годы	Месяцы
1	Вольская А.Д.	27	08	11
2	Ермаков Л.В.	26	21	2
3	Заяц В.С.	46	22	1
4	Аванова А.Б.	28	16	4
5	Игнатович В.И.	54	29	9
6	Котов С.С.	26	04	11
7	Михайлова Е.М.	26	06	4
8	Мороз А.П.	46	21	5
9	Никонова С.И.	22	01	3
10	Петрашевич Е.Ю.	31	06	7
11	Петров Ю.А.	32	07	11
12	Сергейчик И.М.	34	04	9
13	Степаненко Л.М.	46	26	4
14	Уланович А.В.	19	01	0
15	Уткин П.И.	57	21	0
	Среднее	35		
	Максимум	57		
	Минимум	19		

5. Перейдите на лист 3, назовите его «Анкетные данные» и создайте таблицу 3 по данным таблицы 1 (с листа «Список сотрудников») с использование формулы с последующим копированием ее во все ячейки столбца.

Анкетные данные Таблица 3

№	Анкетные данные
1	Вольская Анна Дмитриевна, 03.12.1979 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Декабристов, д.12, кв.3
2	Ермаков Леонид Викторович, 12.06.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Фрунзе, д.1, кв.125
3	Заяц Виктор Сергеевич, 05.08.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Мельникова, д.4, кв.67
4	Аванова Алла Борисовна, 09.09.1978 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Щорса, д.7, кв.89
5	Игнатович Валерий Иванович, 10.05.1952 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Декабристов, д.12, кв.23
6	Котов Сергей Сергеевич, 18.02.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Фурманова, д.34, кв.46
7	Михайлова Екатерина Михайловна, 23.04.1980 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Гоголя, д.2, кв.135
8	Мороз Александр Петрович, 29.05.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Чапаева, д.78, кв.12
9	Никонова Светлана Ивановна, 13.12.1984 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Пушкина, д.36, кв.67
10	Петрашевич Елена Юрьевна, 19.06.1975 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Щербакова, д.29, кв.89
11	Петров Юрий Алексеевич, 17.07.1974 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Белинского, д.30, кв.20
12	Сергейчик Иван Матвеевич, 07.07.1972 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Крауля, д.40, кв.50
13	Степаненко Любовь Михайловна, 06.08.1960 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Токарей, д.19, кв.27
14	Уланович Алексей Владимирович, 01.01.1987 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Заводская, д.25, кв.15
15	Уткин Петр Ильич, 03.11.1949 г.р., Место проживания: г.Екатеринбург, ул.Татищева, д.58, кв.78

4. Использование функций Excel

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При создании таблицы 2 используются функции категории *Дата и время* и *Текстовые – Мастера функций* f_x.

✓ Столбец «Фамилия И.О.» может быть заполнен двумя способами:

а) с использованием текстовых функции *Сцепить() и Левсимв().* Сцепляются «Фамилия» и левые символы имени и отчества с точкой, например:

=Сцепить('Список сотрудников'!B3;
" ";Левсимв('Список сотрудников'!C3;1);
"."; Левсимв('Список сотрудников' !D3;1);".";)

б) С использованием символа сцепления – &, выполняя те же действия, что и в 1–м пункте дополнительно включая пробелы, например:

='Список сотрудников'!B3&" "&Левсимв('Список сотрудников'!C3;1)
&"."&Левсимв ('Список сотрудников'!D3;1)&"."

✓ Столбец «Возраст» *=Сегодня() – 'Список сотрудников'!G3)* формируется по столбцу «Дата рождения»

✓ Столбец «Годы» *=Сегодня()* – ('Список сотрудников'!M3) формируется по столбцу «Дата поступления»

} Формат ячеек установить ГГ

✓ Столбец «Месяцы»*=Месяц(D4–1)* } Формат ячеек – числовой

2. Все формулы копируются с помощью маркера заполнения.

3. Вычисление формул итоговых строк: – *Мастер функций* f_x – *Категории – Статистические – функции Срзнач(), Max(), Мин().*

4. При создании таблицы 3 применяется формула с использованием символа сцепления (&): «Фамилия», «Имя», «Отчество», переведённой в текст «Дата рождения», символов «г.р., Место проживания : г. », «Город», «ул.», «Улица», «д.», «Дом», «кв.», «Квартира», например:

='Список сотрудников'!B3&" "&'Список сотрудников'!C3&
" " &'Список сотрудников'!D3 &", "&
Текст('Список сотрудников'!G3;"ДД.ММ.ГГГГ")&
" г.р., Место проживания: г."& 'Список сотрудников'!H3&
", ул."&'Список сотрудников'!I3&", д."&'Список сотрудников'! J3&
", кв."&'Список сотрудников'!K3.

или используется функция *Сцепить* (), например:

=Сцепить('Список сотрудников'!B3;" ";'Список сотрудников'!C3;
" ";'Список сотрудников'!D3;",";
ТЕКСТ('Список сотрудников'!G3;"ДД.ММ.ГГГГ");

*" г.р., Место проживания : г.";'Список сотрудников'!H3;
", ул.";'Список сотрудников'!I3;",";" Д.";'Список сотрудников'!J3;",";
" кв.";'Список сотрудников'!K3)*

Работа 4.4. Экономические расчеты с использованием финансовых функций

ЗАДАНИЕ 1

Расчет амортизационных отчислений.

Приобретено оборудование стоимостью 100000 руб. Продолжительность эксплуатации оборудования – 8 лет. Остаточная стоимость – 12000 руб. Рассчитать величину амортизационных отчислений за каждый (любой) год эксплуатации.

B5 =АПЛ(B1;B2;B3)

	A	B	C
1	Стоимость оборудования при покупке	100 000,00р.	
2	Стоимость оборудования в конце срока эксплуатации	12 000,00р.	
3	Продолжительность эксплуатации (в годах)	8	
4			
5	Ежегодные амортизационные отчисления	**11 000,00р.**	
6			

Рис. 1. Расчет амортизационных отчислений с использованием функции *АПЛ*.

Определить величину ежегодной амортизации оборудования для условий своего варианта. Исходные данные и таблицу результатов представить на рабочем листе Excel.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для расчета амортизационных отчислений необходимо знать три параметра: начальная стоимость имущества; остаточная стоимость по окончании эксплуатации; продолжительность эксплуатации.

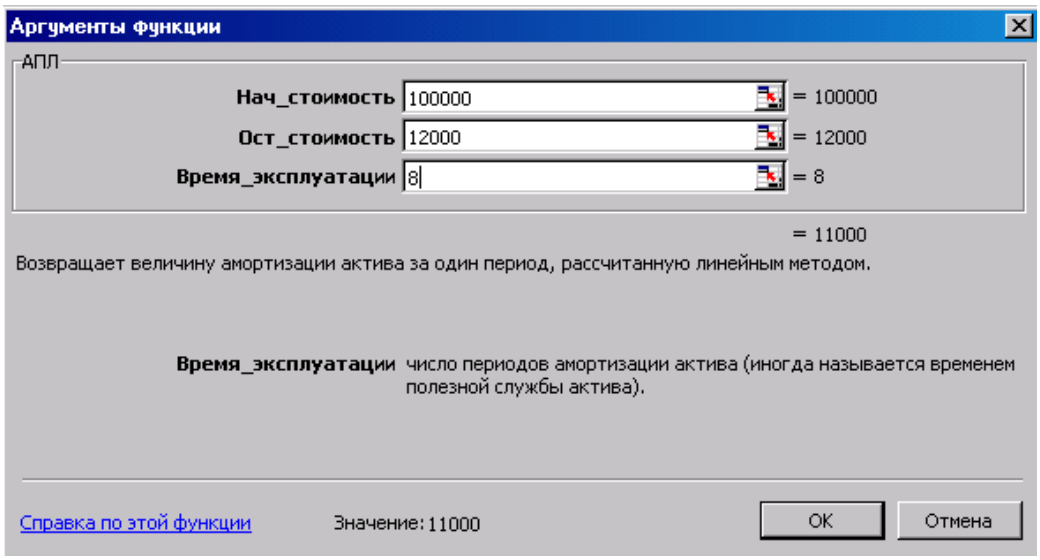
Расчет амортизационных отчислений может быть произведен с использованием различных методик. В зависимости от этого могут быть применены и различные функции Excel.

В простейшем случае амортизация разносится равномерно на каждый год эксплуатации имущества. При этом для расчета величины амортизационных отчислений используют функцию *АПЛ*.

Синтаксис функции: *АПЛ(Нач_стоим;Ост_стоим;Время),*

где *Нач_стоим* – начальная стоимость имущества; *Ост_стоим* – остаточная стоимость имущества; *Время* – продолжительность эксплуатации.

Функция *АПЛ* вводится в формулу с использованием *Мастера функций*. Ниже приведено окно задания аргументов данной функции.



Варианты заданий

№ варианта	Начальная стоимость оборудования, тыс. руб.	Остаточная стоимость оборудования, тыс. руб.	Срок эксплуатации, лет
1	5800	400	8
2	6000	350	5
3	2000	150	9
4	16400	4150	7
5	11700	2900	10
6	4300	190	9
7	8400	2100	4
8	3100	750	6
9	2210	450	3
10	5590	780	7
11	1500	200	5
12	14600	4300	8
13	10800	3260	7
14	6100	180	10
15	8200	240	9
16	3440	200	8
17	4580	580	4
18	2550	170	6
19	1900	700	3
20	7340	1600	5

ЗАДАНИЕ 2

Расчет суммы вклада (либо величины займа)

1. Рассчитать будущую сумму вклада в размере 1000 руб., внесенного на 10 лет с ежегодным начислением 10 % (рис. 2). Будущую сумму вклада при тех же условиях, но с ежегодным пополнением 1000 руб.(рис. 3).

B5 =БС(B2;B3;;B1)

	A	B	C
1	Начальный вклад	-1 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Количество лет хранения вклада	10	
4			
5	Итоговая величина вклада	2 593,74р.	
6			
7			

Рис. 2. Расчет величины вклада без пополнений

B6 =БС(B2;B3;B4;B1)

	A	B	C
1	Начальный вклад	-1 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	10%	
3	Количество лет хранения вклада	10	
4	Объем ежегодных вложений	-1 000,00р.	
5			
6	Итоговая величина вклада	18 531,17р.	
7			

Рис. 3. Расчет величины вклада с пополнением

2. Рассчитать будущую сумму вклада при ежемесячном внесении 200 руб. в течение 8 лет с ежегодным начислением 6%. Начальный вклад равен 0 (рис. 4).

B5 =БС(B1/12;B2*12;B3)

	A	B	C
1	Годовая процентная ставка	6%	
2	Количество лет хранения вклада	8	
3	Объем ежемесячных платежей	-200,00р.	
4			
5		24 565,71р.	
6			

Рис. 4. Расчет величины вклада при регулярном пополнении с нулевой начальной суммой

3. Расчет величины возможного займа. Требуется рассчитать, какую сумму можно занять на 8 лет под 6 % годовых, если есть возможность выплачивать ежемесячно по 200 руб.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

Во всех примерах использована функция *БС (будущая стоимость)*.

- Эта функция вычисляет будущую величину вклада, который образуется в результате единовременного вложения и/или регулярных периодических вложений под определенный процент.
- Эту же функцию можно использовать для вычисления возможной величины займа под определенный процент, при определенных регулярных периодических выплатах по погашению займа.

Синтаксис функции: *БС(Ставка; Кпер; Плт; Пс; Тип)*,
где *Ставка* – процентная ставка за период; *Кпер* – период времени или количество платежей; *Плт* – выплата, производимая в каждый период; *Пс* – первоначальный размер вклада. Если аргумент опущен, он полагается равным 0 (будущая стоимость займа, например, равна 0); *Тип* – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата. 0 или опущен – в конце периода, 1 – в начале периода.

При создании формулы следует устанавливать одинаковую размерность периода для процентной ставки и числа платежей. Например, если платежи производятся один раз в год, то и процентная ставка должна быть дана в годовом исчислении, а если платежи производятся ежемесячно, то должна быть задана месячная процентная ставка.
Все аргументы, означающие денежные средства, которые должны быть выплачены, представляются отрицательными числами; денежные средства, которые должны быть получены, представляются положительными числами.
При создании формулы не обязательно указывать все аргументы функции. Вместо отсутствующего аргумента в строке формул должна быть точка с запятой.

Примеры использования функции *БС* приведен на рис. 2 – 4. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 3

Расчет стоимости инвестиции.

1. Рассчитать величину вложения под 10 % годовых, которое будет ежегодно в течение 10 лет приносить доход 1000 руб. (рис. 1.).

B5 =ПС(B2;B3;B1)

	A	B	C
1	Требуемый ежегодный доход	1 000,00р.	
2	Процентная ставка	10%	
3	Число лет выплат	10	
4			
5	Стоимость инвестиции	-6 144,57р.	
6			

Рис. 1. Расчет стоимости инвестиции по известному ежегодному доходу

Результат вычисления получается отрицательным (–6 144,57 руб.), поскольку эту сумму необходимо заплатить (инвестировать).

2. Рассчитать величину вложения под 10 % годовых, которое через 10 лет принесет доход 10000 руб. (рис. 2).

B5 =ПС(B1;B2;;B3)

	A	B	C
1	Процентная ставка	10%	
2	Число лет выплат	10	
3	Итоговый доход	10 000,00р.	
4			
5	Стоимость инвестиции	-3 855,43р.	
6			

Рис. 2. Расчет стоимости инвестиции по известному итоговому доходу

Результат вычисления получается отрицательным (–3855,43 руб.), поскольку эту сумму необходимо заплатить (инвестировать).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В данных расчетах можно использовать функцию *ПС*– (первоначальная стоимость**)**. Эта функция вычисляет для текущего момента времени необходимую величину вложения под определенный процент, для того чтобы в будущем единовременно получить и/или периодически получать заданную сумму (доход).

Синтаксис функции: *ПС(Ставка; Кпер; Плт; Бс; Тип)*,

где *Ставка* – процентная ставка за период; *Кпер* – общее число платежей или срок выплат; *Плт* – выплата, производимая в каждый период; *Бс* – значение будущей стоимости или остатка средств после последней выплаты. Если аргумент опущен, он полагается равным 0.

Тип – число 0 или 1, обозначающее, когда должна производиться выплата. 0 или опущен – в конце периода, 1 – в начале периода.

Примеры использования функции ПС приведены на рис. 1,2. Функцию вводить с помощью *Мастера функций,* она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 4

Расчет размера платежей.

1. Рассчитать величину ежемесячного вложения под 6 % годовых, которое через 12 лет составит сумму вклада 50000 руб. (рис. 3). Или при тех же условиях, но с начальным вкладом 10000 руб. (рис.4).

B5 =ПЛТ(B2/12;B3*12;;B1)

	A	B	C
1	Требуемое величина сбережений	50 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	6%	
3	Число лет хранения	12	
4			
5	Необходимая сумма месячного платежа	**-237,93р.**	
6			
7			

Рис. 3**.** Расчет ежемесячных платежей без начального вклада.

B6 =ПЛТ(B2/12;B3*12;B4;B1)

	A	B	C
1	Требуемое величина сбережений	50 000,00р.	
2	Годовая процентная ставка	6%	
3	Число лет хранения	12	
4	Начальный вклад	-10 000,00р.	
5			
6	Необходимая сумма месячного платежа	**-140,34р.**	
7			

Рис. 4. Расчет ежемесячных платежей с начальным вкладом.

Результаты вычислений получаются отрицательными, поскольку эти суммы необходимо выплачивать.

2. Рассчитайте платежи по займу. Например, необходимо рассчитать величину ежемесячной выплаты по займу в 50000 руб. под 6 % годовых на 12 лет. Используйте ту же функцию.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для данных расчетов используется функция *ПЛТ* – платёж.

Функция *ПЛТ* вычисляет размер периодических выплат, необходимых для погашения займа, полученного под определенный процент, за определенный срок. Эту же функцию можно использовать для вычисления величины регулярных вложений под определенный процент, необходимых для достижения определенной величины вклада за определенный срок.

Синтаксис функции: *ПЛТ(Ставка; Кпер; Пс; Бс; Тип)*, значения аргументов смотри задания 2,3.

Примеры использования функции *ПЛТ* приведены на рис. 3,4. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций.

ЗАДАНИЕ 5

Расчет продолжительности платежей.

Рассчитать количество ежемесячных платежей для погашения займа в 10000 руб., полученного под 10 % годовых, при условии ежемесячной выплаты 200 руб. (рис. 5).

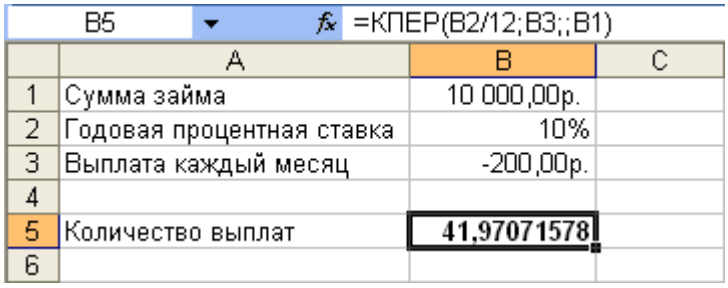


Рис. 5**.** Расчет количества платежей или длительности периода выплат.

Результат вычисления – 42 ежемесячные выплаты.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для расчета используют функцию *КПЕР* – количество периодов.

Функция *КПЕР* вычисляет количество периодических выплат, необходимых для погашения займа, полученного под определенный процент. Эту же функцию можно использовать для вычисления количества периодических вложений под определенный процент, необходимых для достижения определенной величины вклада.

Синтаксис функции *КПЕР(Ставка; Плт; Пс; Бс; Тип***)**, значения аргументов смотри задания 2,3.

Пример использования функции *КПЕР* приведены на рис.9. Функцию вводить с помощью *Мастера функций*, она относится к категории финансовых функций

ЗАДАНИЕ 6

Расчет платежей по займу (кредиту). Платеж, вычисляемый функцией *ПЛТ,* состоит из двух частей: Основной платеж – это часть платежа (ПЛТ), идущая на погашение основного долга (кредита), вычисляется функцией *ОСПЛТ*. Другая часть платежа идет на погашение процентов по кредиту и вычисляется функцией *ПРПЛТ.*
Определить величину платежа по кредиту, долю основного платежа и долю погашения процентов за четвертый год, если выдана ссуда размером 1 000 000 000 сроком на 5 лет под 12 % годовых.

	A	B
1	РАСЧЕТ ПЛАТЕЖЕЙ ПО ЗАЙМУ	
2		
3	Размер выданной ссуды	1 000 000 000
4	Срок ссуды (срок выплат)	5
5	Годовая процентная ставка	12%
6	Период выплаты	4
7		
8	Выплата по погашению займа	-221 149 339,88р.
9	Выплата по погашению процентов	-56 260 392,06р.
10	Размер платежа	-277 409 731,94р.
11	Размер платежа (проверка)	-277 409 731,94р.

Рис. 6. Расчет размера платежа и доли, идущей на погашения долга и процентов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Используются функции: *ПЛТ, ОСПЛТ ПРПЛТ*.

Напомним, функция *ПЛТ* рассчитывает ежегодный равный платеж по кредиту.

Синтаксис: *ПЛТ(Ставка; Кпер; Пс; Бс; Тип).*

Функция *ОСПЛТ* возвращает величину платежа в погашение основной суммы долга.

Синтаксис функции: *ОСПЛТ (Ставка; Период; Кпер; Пс; Бс).*

Функция *ПРПЛТ* возвращает величину платежа в погашение суммы процентов.

Синтаксис функции: *ПРПЛТ(Ставка; Период; Кпер; Пс; Бс).*

Период — период, для которого требуется найти платежи (должен находиться в интервале от 1 до *Кпер*); остальные аргументы см. задания 2, 3.

Выше приведен пример использования описанных функций. Функции вводить с помощью *Мастера функций,* они относятся к категории финансовых функций.

Работа 4.5. Использование функции ПЛТ (платеж) в финансовых расчетах

ЗАДАНИЕ 1

Рассчитать 20–летнюю ипотечную ссуду со ставкой 10 % годовых при начальном взносе 25 % и ежемесячной (ежегодной) выплате.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для вычисления величины постоянной периодической выплаты ренты (например, регулярных платежей по займу) при постоянной процентной ставке используется функция *ПЛТ (Ставка; Кпер; Бс; Пс; Тип)*.

	A	B	C	D	E
1	РАСЧЕТ ИПОТЕЧНОЙ ССУДЫ				
2	**Исходные данные**				
3	Цена	350 000р.			
4	Первый взнос	25%			
5	Годовая процентная ставка	10%			
6	Размер ссуды				
7					
8	Срок погашения ссуды		мес.	20	лет
9	**Расчетные данные**	выплаты в месяц		выплаты в год	
10	Переодические выплаты				
11	Общая сумма выплат				
12	Общая сумма комиссионных				
13					

Расчетные формулы:

Цена=Цена(1–Первый взнос);

*Срок погашения ссуды(мес.)= Срок погашения ссуды(лет) *12;*

Периодические выплаты(мес.) =ПЛТ(% ставка/12; Срок погашения ссуды(мес.); – Размер ссуды);

Периодические выплаты(год) =ПЛТ(% ставка; Срок погашения ссуды(год); – Размер ссуды);

*Общая сумма выплат(мес.) = Срок погашения ссуды(мес.) **

** Периодические выплаты(мес.);*

*Общая сумма выплат(год) = Срок погашения ссуды(год) * *Периодические выплаты(год);*

Общая сумма комиссионных(мес.)=Общая сумма выплат(мес.) – – Размер ссуды;

Общая сумма комиссионных(год)=Общая сумма выплат(год)– –Размер ссуды.

Результат расчета

	A	B	C	D	E
1	РАСЧЕТ ИПОТЕЧНОЙ ССУДЫ				
2	**Исходные данные**				
3	Цена	350 000р.			
4	Первый взнос	25%			
5	Годовая процентная ставка	10%			
6	Размер ссуды	262 500р.			
7					
8	Срок погашения ссуды	240	мес.	20	лет
9	**Расчетные данные**	выплаты в месяц		выплаты в год	
10	Переодические выплаты	2 533,18р.		30 833,15р.	
11	Общая сумма выплат	607 963,64р.		616 663,03р.	
12	Общая сумма комиссионных	345 463,64р.		354 163,03р.	
13					

ЗАДАНИЕ 2

На приобретение автомобиля в банке взят кредит на сумму 50000 руб. на 4 года под 15 % годовых. По условиям кредитного договора выплаты будут производиться в начале каждого месяца. **Определить размер ежемесячной выплаты по кредиту.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Необходимо выбрать одну временную единицу измерения для аргументов — *Ставка* – % ставка и *Кпер* – срок кредита. Так как по условиям договора выплаты будут производиться ежемесячно, необходимо задать эти аргументы применительно к одному временному периоду — месяцу. Поэтому *Ставка* в пересчете на 1 месяц равна 15 % / 12 = 1,25 %. *Кпер* = 4*12=48.

	A	B	C	D	E	F
1	**Секреты депозита**					
2	Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
3	**Пс**	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
4						
5	**50000**	**1,25%**	**48**	**-1 374,36р.**	**1**	**0**

2. Основная сумма кредита *Пс* = 50000 руб.

3. *Тип* = 1, так как ежемесячная выплата будет производиться в начале месяца.

4. Размер ежемесячного платежа по кредиту вычисляется по формуле с использованием функции = *ПЛТ((Ставка;Кпер;Пс;Бс;Тип).* В результате вычисления появится отрицательное значение: –1374,36 руб. (это означает, что деньги выплачиваются заемщиком).

В данном случае в формуле присутствует аргумент *Бс*, значение которого равно 0. Его нельзя опускать, так как значение следующего за ним аргумента *Тип* равно 1. Если бы они оба были равны 0, их можно было бы не вносить в формулу.

Интересный нюанс. Если бы вы погашали этот кредит не в начале, а в конце каждого месяца, рассчитанная сумма увеличилась на 17,18 руб. и составила 1391,54 руб. Это при условии, что значение аргумента *Тип*=0.

ЗАДАНИЕ 3

Решено открыть накопительный депозитный вклад сроком на 3 года. Предложенные банком условия депозита гарантируют получение 7,5 % годовых. При открытии депозита 1 июля 2008 года был внесен первый взнос в размере $1000. Все последующие пополнения депозита решено делать в начале каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 3 года иметь сбережений на сумму $10000.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Используем для расчета *ПЛТ(Ставка;Кпер;Пс;Бс;Тип).* В данном случае в формуле будет использован еще и аргумент *Бс,* определяющий будущую сумму накоплений с учетом начисленных процентов к моменту окончания депозита.

2. *Ставка = Ставка/12.*

3. *Кпер=Кпер*12–1* – здесь вычтен первый месяц, в счет которого был внесен начальный вклад ($1000).

4. *Пс* (первоначальная сумма) имеет отрицательное значение (–1000). Это значит, что данная сумма была внесена вкладчиком, а не получена им.

5. *Бс* (будущая стоимость) имеет положительное значение (+10000), так как накопленная сумма будет получена вкладчиком по окончании действия депозита.

6. Размер платежа = *ПЛТ(Ставка; Кпер: Пс;Бс; Тип)*

D4 =ПЛТ(B4;C4;A4;F4;E4)

	A	B	C	D	E	F
1	Секреты депозита					
2	Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
3	Пс	Ставка	Кпер	Плт	Тип	Бс
4	-1000,00	0,625%	35	-223,20р.	1	10000

Как видите, для накопления $10000 в течение 3–х лет нужно ежемесячно вносить на 7,5 % депозит по $223,20 при условии, что начальный взнос составил $1000.

7. Если бы вы решили первое пополнение сделать не 1 августа, а 31 августа, т. е. в конце месяца и все последующие пополнения делать в последний день месяца, то аргумент *Тип* имел бы значение 0.

Секреты депозита					
Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
Пс	Ставка	Кпер	Плт	Тип	Бс
-1000,00	0,625%	35	-224,59р.	0	10000

В этом случае размер ежемесячного вклада по сравнению с первым вариантом увеличился на $1,39 и *Плт* составил –224,59$.

8. Пополнение без сдачи. Полученное значение ежемесячного взноса — $223,20 — неудобно для реальных расчетов в банке при пополнении депозитного вклада. Проще вносить $200 или $220 и пополнять депозит, что называется, «без сдачи». Но если вы хотите накопить такую же сумму ($10000) и на тех же условиях, то придется пересмотреть размер первичного взноса.

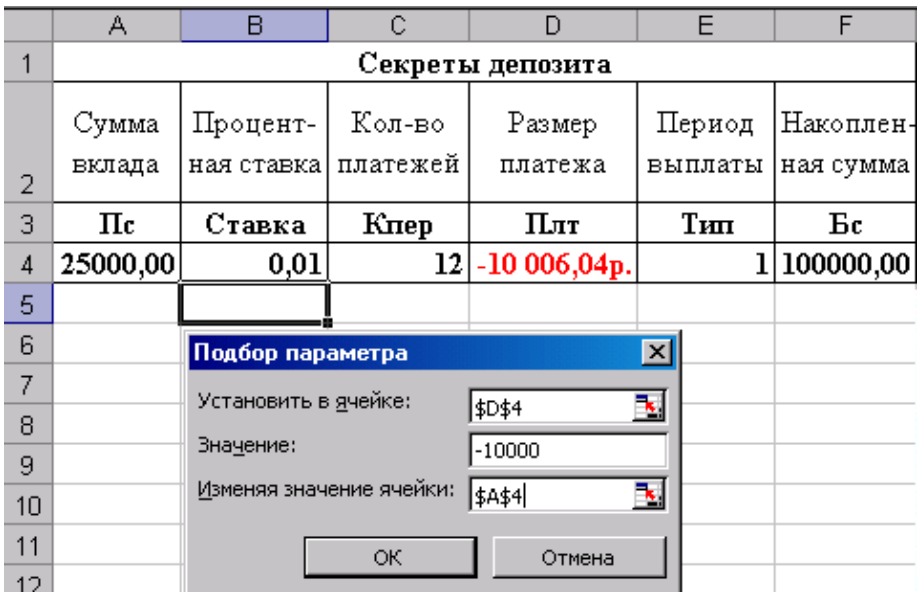
Воспользуемся для этого механизмом *Сервис – Подбор параметра*. В окне *Подбор параметра* введите адрес ячейки, в которой рассчитана функция *ПЛТ*, в поле *Значение* — число –220 (обязательно со знаком «минус»), в поле *Изменяя значение ячейки* — ссылку на ячейку, в которой внесена сумма первичного взноса (A4), и нажмите *ОК*. Новая сумма первичного взноса — $1100,85.

Внимание! В функцию *ПЛТ* должно быть введено значение аргументов *Ставка* и *Кпер* приведенные к месяцам.

Секреты депозита					
Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
Пс	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
-1100,85	0,625%	35	-220,00р.	1	10000

ЗАДАНИЕ 4

Открыт накопительный депозитный вклад сроком на 1 год. Предложенные банком условия депозита гарантируют получение 12 % годовых. При открытии депозита 1 января 2008 года был внесен первый взнос в размере 25000 руб. Все последующие пополнения депозита решено делать в начале каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 1 год иметь сбережения на сумму100000 руб.**



Сумма вклада	Процентная ставка	Кол-во платежей	Размер платежа	Период выплаты	Накопленная сумма
Пс	**Ставка**	**Кпер**	**Плт**	**Тип**	**Бс**
24931,36	0,01	12	-10 000,00р.	1	100000,00

ЗАДАНИЕ 5

Выполнить самостоятельно.

При открытии накопительного депозитного вклада сроком на 5 лет банк предложил условия депозита гарантирующие получение 15 % годовых. При открытии депозита 31 декабря 2008 года был внесен первый взнос в размере 5000 руб. Все последующие пополнения депозита решено делать в конце каждого следующего месяца. **Рассчитать какой должна быть сумма ежемесячного взноса, чтобы через 5 лет иметь сбережения на сумму 300000 руб.**

Работа 5.1. Построение графика функции на заданном диапазоне изменения аргумента.

ЗАДАНИЕ

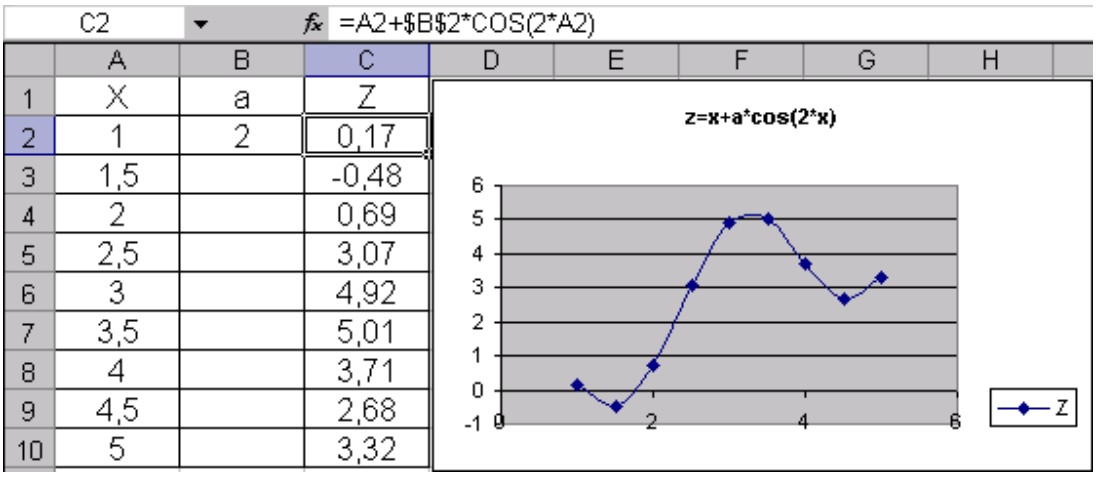
1. Постройте график функции $Z = x + a \cdot Cos(2x)$ интервал $x \in [1;5]$, $\Delta x = 0{,}5$

Создайте таблицу: X изменяйте в заданном интервале, a – любое число, например 2, вычислите Z по заданной формуле. Назовите график: $Z = x + a \cdot Cos(2x)$.

2. Постройте график функции соответствующий вашему варианту.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Протабулируйте аргумент X: введите начальное значения аргумента 1, затем следующее значение аргумента 1,5, выделите эти две ячейки и протяните маркер заполнения до конечного значения X=5.
2. Вычислите значения функции для всех значений аргумента. Адрес коэффициента a – задайте абсолютным адресом.
3. Постройте график функции: выделите диапозон ячеек значений аргумента и функции с «шапкой» – **МАСТЕР ДИАГРАММ – Тип графика –Точечный.**
4. Задайте параметр: **Параметры диаграммы – Название и т.д.**



	A	B	C
1	X	a	Z
2	1	2	0,17
3	1,5		-0,48
4	2		0,69
5	2,5		3,07
6	3		4,92
7	3,5		5,01
8	4		3,71
9	4,5		2,68
10	5		3,32

5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1	$Y = t^2 \cdot \frac{t+\sqrt{t+a}}{t-\sqrt{t-b}}$ интервал t∈[2;4], Δt=0,2	7	$Z = 2^{-x} arctg(x+a)$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2
2	$Y = \frac{bx^2 - a}{e^{ax}+1}$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	8	$S = e^{-ax}\sqrt{ax + bSin(2x)}$ интервал x∈[1;2], Δx=0,1
3	$Z = x^a + a \cdot Cos(2x)$ интервал x∈[1;5], Δx=0,5	9	$Y = -Cos(x) + x^a$ интервал x∈[0,85;2,35], Δx=0,15
4	$Y = Sin\left(\frac{x}{a}\right) + e^x$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	10	$S = b \cdot Sin(ax^2)$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2
5	$Z = x + \sqrt{a + b \cdot Sin(3x)}$ интервал x∈[1;2], Δx=0,1	11	$Z = b \cdot t \cdot e^{at^2}$ интервал t∈[–1;1], Δt=0,2
6	$Y = e^{-bx}\sqrt{x+1}$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2	12	$f = \frac{a}{x+2}x^2$ интервал x∈[–1;1], Δx=0,2

Работа 5.2. Построение графика сложной функции.

ЗАДАНИЕ

Построить график функции $y = \begin{cases} 3x + \sqrt{1+x^2}, при & x < 0 \\ 2\cos(x)e^{-2x}, при & 0 < x < 1 \\ 2\sin(3x), при & x > 1 \end{cases}$ при x∈[–2;1.5]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Создайте таблицу из столбцов X и У.
2. Столбец X заполните автозаполнением: введите начальное значение X = – 2, затем второе значение X= –1,5. Выделите эти ячейки и зацепив мышью за маркер заполнения протяните до получения конечного значения X=1,5.
3. Столбец У значениями вычисленной функции.

Если x<0, то функция вычисляется по формуле $y = 3x + \sqrt{1+x^2}$,

если x>1, то функция вычисляется по формуле $y = 2\sin(3x)$,

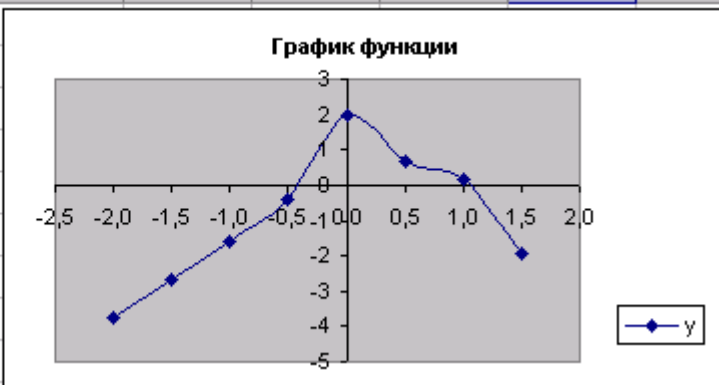
иначе (то есть при 0 < x < 1) функция вычисляется по формуле $y = 2\cos(x)e^{-2x}$.

4. То есть формула для вычисления функция формируется с использованием функции

ЕСЛИ. В ячейке B2 формула:

```
=ЕСЛИ(A2<0;3*A2+КОРЕНЬ(1+A2^2);ЕСЛИ(A2>1;2*SIN(3*A2);2*COS(A2)*EXP(A2)^-2))
```

	A	B
1	x	y
2	-2	-3,8
3	-1,5	-2,7
4	-1	-1,6
5	-0,5	-0,4
6	0	2,0
7	0,5	0,6
8	1	0,1
9	1,5	-2,0



5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x+x^2}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{2x}{1+x^2}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert 0{,}5+\sin(x), x\ge 1\rvert\end{cases}$ При x∈[–1,7;1,5]	6	$y=\begin{cases}\sqrt{1+\dfrac{x^2}{1+x^2}}, x<0\\ 2\cos^2(x), x\in[0;1]\\ \sqrt{1+\lvert 2\sin(3x)\rvert^{1/3}}, x>1\end{cases}$ При x∈[–1,5;1,5]
2	$y=\begin{cases}\dfrac{1+\lvert x\rvert}{1+x+x^2}, x\le -1\\ 2\ln(1+x^2)+\dfrac{1+\cos^4(x)}{2+x}, x\in[-1;0]\\ \left(1+x^{\frac{3}{5}}\right)+b, x\ge 0\end{cases}$ При x∈[–2;2], b=1,2	7	$y=\begin{cases}\left\lvert x^{1/3}\right\rvert, x<0\\ -2x+\dfrac{x}{1+x}, x\in[0;1]\\ \dfrac{\lvert 3-x\rvert}{1+x}, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–1,8;1,8]
3	$y=\begin{cases}\dfrac{a+1+\lvert x\rvert}{1+x+x^2}, x<-1\\ 2\ln(1+x^2)+\dfrac{1+\cos^4(x)}{2+x}, x\in[-1;0]\\ \left(1+x^{\frac{3}{5}}\right)+b, x>0\end{cases}$ При x∈[–2;2], a=1,5	8	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{x}{1+x}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert\sin(3x)\rvert, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–2;1,8]
4	$y=\begin{cases}3x+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ 2\cos(x)e^{-2x}, x\in[0;1]\\ 2\sin(3x), x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1.5]	9	$y=\begin{cases}\dfrac{1+x+a}{1+x^2}, x<0\\ \sqrt{1+\dfrac{x}{1+x}}, x\in[0;1]\\ 2\lvert\sin(3x)\rvert, x\ge 1\end{cases}$ При x∈[–2;1,8], Δx=0,1; a=2
5	$y=\begin{cases}3x+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ 2\cos(x)e^{-2x}, x\in[-2;-1]\\ 2\sin(3x)+a, x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1,5], a=2	10	$y=\begin{cases}ax+\sqrt{1+x^2}, x<0\\ \sin(x)e^{-3x}, x\in[-2;0]\\ 3\cos(2x)+a, x>1\end{cases}$ При x∈[–2;1,5], a=2

Работа 5.3. Графическая интерпретация данных.

ЗАДАНИЕ

Часто по результатам экспериментальных работ или по результатам расчетов требуется построить графики для данных, которые графически несопоставимы (например: числа 1000 и 0,001). Для того, чтобы совместить несопоставимые данные на одном графике в Excel есть тип графика с двумя осями (т.е. для чисел порядка 1000 будет одна ось, а для чисел порядка 0,001 – другая)

Используя, мастер диаграмм постройте графики типа точечный. При построении графиков установите все возможные параметры в диалоговом окне 3 шага «Параметры диаграммы»: Заголовки; Оси; Линии сетки; Легенду; Подписи данных; таблицу данных.

1. Рассчитайте значение функции $У_1=X^2$, $У_2=X^3$, $У_3=X^4$, для изменения аргумента **X** от –1 до 1, с шагом 0,1.
2. Рассчитайте значение функции $У_4=X_2^2$, для изменения аргумента $\mathbf{X_2}$ от –5 до 5 с шаг. 1.
3. Рассчитайте значение функции $У_5=X_3^2$ для изменения аргумента $\mathbf{X_3}$ от 1 до 10, с шаг. 1.
4. Построить совмещенные графики $У_1$, $У_2$, $У_3 = F(x)$ на отдельном листе, добавьте на него графики $У_4$, $У_5 = F(x)$, используя две оси для значений Y и X.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. При расчете значений аргументов **X, $\mathbf{X_2}$,$\mathbf{X_3}$** используйте **автозаполнение**: введите в 1 ячейку начальное значение и во 2 ячейку следующее значения аргумента, выделите эти две ячейки и пртяните за маркер заполнения до конечного значения.

2. Для создания диаграммы: **МАСТЕР ДИАГРАММ** вкладка **Нестандартные** – **Графики** (**2 оси**).

3. Добавить на существующий график новый (по одному новому графику): выделить график, в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) – Исходные данные –** вкладка **Ряд – Добавить – (**перейти на таблицу) и последовательно указать адреса ячеек: имя ряда; диапозон аргумента Х и диапозон функции У.

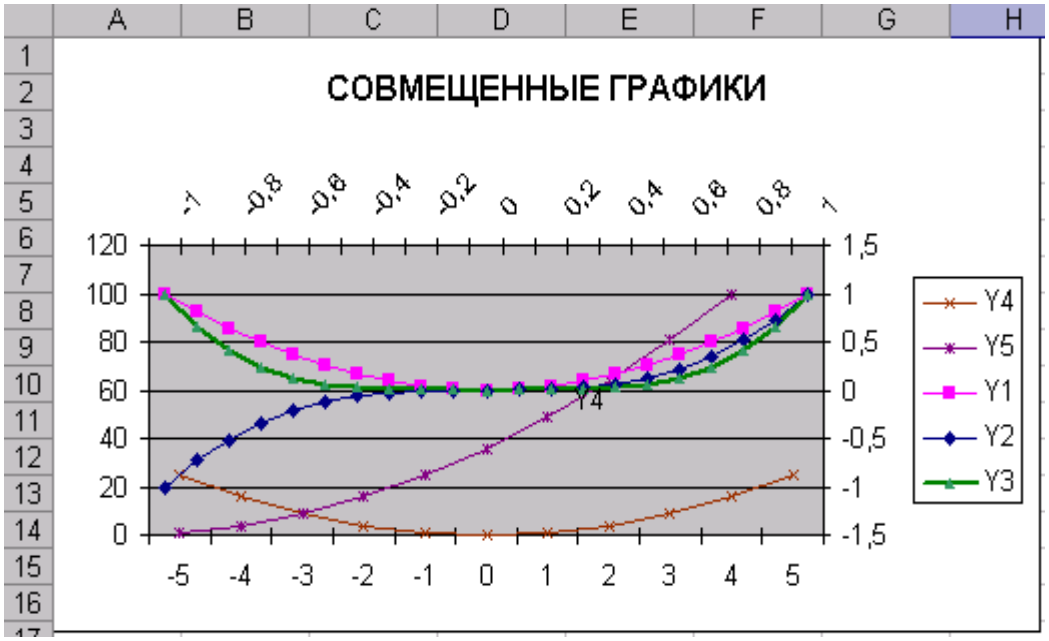
4. Для создания второй оси: в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) –Параметры диаграммы** – вкладка **Оси** – **Вспомогательные оси** .

5. Подписи второй оси создаются: в меню **ДИАГРАММА (**или **Контекстное Меню) – Исходные данные –** вкладка **Ряд – Добавить –** указать адреса соответствующих ячеек.

Расчетная таблица

5. Построение графиков

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**X**	**Y1**	**Y2**	**Y3**	**X2**	**Y4**	**X3**	**Y5**
2	-1	1	-1	1	-5	25	1	1
3	-0,9	0,81	-0,729	0,6561	-4	16	2	4
4	-0,8	0,64	-0,512	0,4096	-3	9	3	9
5	-0,7	0,49	-0,343	0,2401	-2	4	4	16
6	-0,6	0,36	-0,216	0,1296	-1	1	5	25
7	-0,5	0,25	-0,125	0,0625	0	0	6	36
8	-0,4	0,16	-0,064	0,0256	1	1	7	49
9	-0,3	0,09	-0,027	0,0081	2	4	8	64
10	-0,2	0,04	-0,008	0,0016	3	9	9	81
11	-0,1	0,01	-0,001	0,0001	4	16	10	100
12	0	0	0	0	5	25		
13	0,1	0,01	0,001	0,0001				
14	0,2	0,04	0,008	0,0016				
15	0,3	0,09	0,027	0,0081				
16	0,4	0,16	0,064	0,0256				
17	0,5	0,25	0,125	0,0625				
18	0,6	0,36	0,216	0,1296				
19	0,7	0,49	0,343	0,2401				
20	0,8	0,64	0,512	0,4096				
21	0,9	0,81	0,729	0,6561				
22	1	1	1	1				



Работа 5. 4. Построение функции заданной уравнением в полярных координатах. (Трехлепестковая роза).

ЗАДАНИЕ.

Построить график функции, заданный уравнением в полярных координатах: $\rho = a \sin(3\varphi)$.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Рассчитать координаты точек графика в декартовых координатах.

Формулы для расчета:

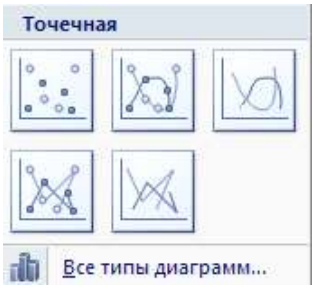
Дать пояснения к вычислению X и У

Координата	Ячейка	Значение
фи	**A2**	От 0 до 70 с шагом 0,05
ро	**B2**	=6*SIN(3*A2)
X	**D2**	=B2*COS(A2)
Y	**E2**	=B2*SIN(A2)

Рассчитанные значения:

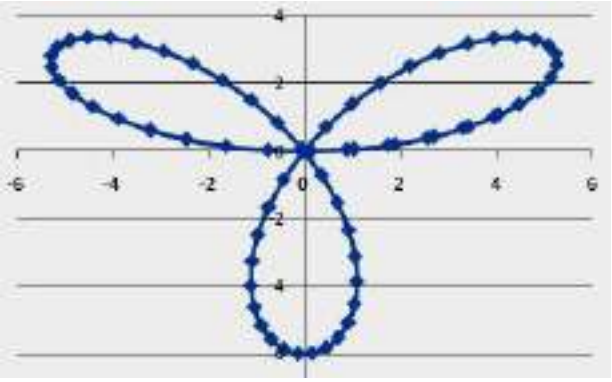
	A	B	C	D	E
1	фи	ро		X	Y
2	0	0		0	0
3	0,05	0,896629		0,895508	0,044813
4	0,1	1,773121		1,764263	0,177017
5	0,15	2,609793		2,580488	0,390003
6	0,2	3,387855		3,320323	0,673063
7	0,25	4,089833		3,96269	1,011841
8	0,3	4,699961		4,490045	1,388934
9	0,35	5,204539		4,889002	1,784625
10	0,4	5,592235		5,150789	2,177719
11	0,45	5,85434		5,271524	2,546436
12	0,5	5,98497		5,252305	2,869347
13	0,55	5,98119		5,099111	3,126292
14	0,6	5,843086		4,822507	3,299254
15	0,65	5,573758		4,437179	3,373163
16	0,7	5,179256		3,961314	3,336568
17	0,75	4,668439		3,415845	3,182189
18	0,8	4,052779		2,823598	2,907286
19	0,85	3,346102		2,208371	2,513861
20	0,9	2,564279		1,593982	2,008669

2 По значениям X и У построить график. Тип графика **точечный.**



5. Построение графиков

Построенный график:



Работа 5.5. Построение поверхности

Общие указания

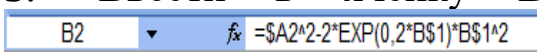
Работа по построению поверхности второго порядка предполагает использование следующей методики:

1. Подготовить диапазон изменения значений функции по двум координатам, расположив изменения одной координаты вдоль некоторого столбца вниз, а другой – вдоль прилегающей строки вправо.
2. Ввести на пересечении строки и столбца координат необходимую формулу для построения поверхности воспользоваться маркером автозаполнения для ее копирования на всю область построения поверхности.

ЗАДАНИЕ

Построить поверхность, заданную функцией Z=X2 – 2e0,2У У2 ,
при изменении X на интервале [–1;1] с шагом 0,1

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Задать изменение аргумента X в столбце A от –1 с шагом 0,1 до значения 1 автозаполнением.
2. Задать изменение аргумента У в строке (в примере это строка 1) от 1 с шагом 0,1 до значения 1 автозаполнением.
3. Ввести в ячейку B2 (в примере) формулу функции 

На ячейки аргументов X и У задаются смешанные ссылки: для X ($A2) фиксируется столбец A(клавишей F4 добавляется знак $ к букве A), для У (B$1) фиксируется строка 1 (клавишей F4 добавляется знак $ к цифре 1).
4. Скопировать формулу на весь диапозон ячеек изменения X и У.

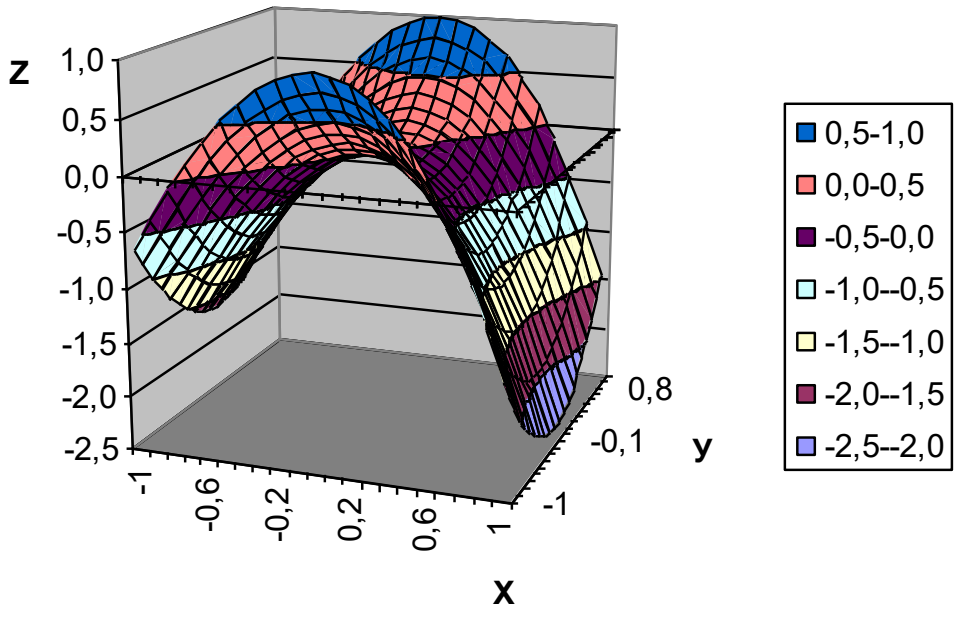
5. Построение графиков

B2 fx =$A2^2-2^EXP(0,2*B$1)*B$1^2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1		-1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
2	-1	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-1,4
3	-0,9	-0,8	-0,5	-0,3	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	-0,3	-0,7	-1,1	-1,6
4	-0,8	-1,0	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,5	-0,9	-1,3	-1,8
5	-0,7	-1,1	-0,9	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-1,0	-1,4	-2,0
6	-0,6	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,6	-2,1
7	-0,5	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,3	-1,7	-2,2
8	-0,4	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,7	-1,0	-1,3	-1,8	-2,3
9	-0,3	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,0	-1,4	-1,8	-2,4
10	-0,2	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
11	-0,1	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
12	0	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,6	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
13	0,1	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
14	0,2	-1,6	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5	-0,8	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4
15	0,3	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,7	-1,0	-1,4	-1,8	-2,4
16	0,4	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,7	-1,0	-1,3	-1,8	-2,3
17	0,5	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,9	-1,3	-1,7	-2,2
18	0,6	-1,3	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,1	-1,6	-2,1
19	0,7	-1,1	-0,9	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-1,0	-1,4	-2,0
20	0,8	-1,0	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,5	-0,9	-1,3	-1,8
21	0,9	-0,8	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0	-0,3	-0,7	-1,1	-1,6
22	1	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,4	0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-1,4
23																						

5. Построить график поверхности. Выделить подготовленные данные, обратится к **МАСТЕРУ ДИАГРАММ – Тип графика – Поверхность**.

6. Постройте поверхность, соответствующую Вашему варианту.



5. Построение графиков

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ вари–анта	Уравнение
1	$Z = X^2 – Y^2$ при X, Y є [–1;1]
2	$Z = 3X^2 – 2\sin^2(Y)\ Y^2$ при X, Y є [–1;1]
3	$Z = 5X^2\cos^2(Y) – 2Y^2\ e^Y$ при X, Y є [–1;1]
4	$Z = 2X^2\cos^2(X) – 2Y^2$ при X, Y є [–1;1]
5	$Z = 2e^{2X}X^2 – 2Y^4$ при X, Y є [–1;1]
6	$Z=X^2 – 2e^{0,2}\,У^2$ при X, Y є [–1;1]

Работа 5.6. Построение сферы.

Общие указания

Работа по построению поверхности второго порядка (случай, когда третья координата входит в уравнение поверхности в квадрате) предполагает использование следующей методики:

1. Подготовить диапазон изменения функции по двум координатам, расположив изменения одной координаты вдоль некоторого столбца вниз, а другой – вдоль прилегающей строки вправо.
2. Ввести на пересечении координат необходимую формулу для построения поверхности воспользоваться маркером автозаполнения для ее копирования на всю область построения поверхности.
3. В формуле следует учесть поправку на положительные и отрицательные значения квадратного корня на данной области определения.
4. Выделить подготовленные данные и воспользоваться МАСТЕРОМ ДИАГРАММ (тип диаграммы – **Поверхность**).
5. Отформатировать полученную поверхность.

ВНИМАНИЕ!

Требуется учесть следующую особенность – в диапазоне изменения функции необходимо дублировать значения координат.

ЗАДАНИЕ

1. Построить сферу: $X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Преобразовать уравнение к виду: $Z = \pm\sqrt{1 - X^2 - Y^2}$
2. Подготовьте диапазон области определения функции в соответствии с таблицей. В диапазон B5:B46 вводятся значения X от –1 до 1 с шагом 0,1, причем каждое значение дублируется последовательно дважды. Аналогично вводятся значения У в диапазон ячеек C4:AR4 от –1 до 1 с шагом 0,1.
3. В диапазон A6:A47 добавить повторяющиеся числа 2 и 3 (для использования в формуле).
4. Формула для вычисления функции Z в ячейке C5:
5. =КОРЕНЬ(1–$B5*$B5–C$4*C$4)*ЕСЛИ(ОСТАТ($A5;2)=0;1;–1)

5. Построение графиков

(Пояснить вторую часть формулы)

6. Воспользоваться маркером автозаполнения для копирования формулы на всю область построения поверхности.

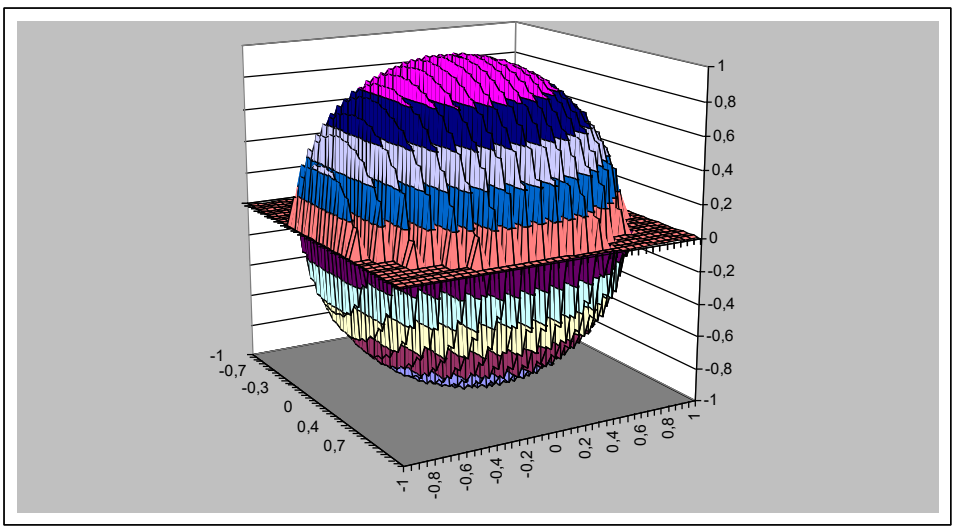
7. Выделить диапазон ячеек B4:AR46, обратится к **МАСТЕРУ ДИАГРАММ – Тип графика – Поверхность.**

8. Отформатировать полученную сферу.

Расчетная таблица.

ЕСЛИ | =КОРЕНЬ(1-$B5*$B5-C$4*C$4)*ЕСЛИ(ОСТАТ($A5;2)=0;1;-1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4			-1	-1	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6
5	2	-1	=0;1;-1)	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
6	3	-1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
7	2	-0,9	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
8	3	-0,9	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
9	2	-0,8	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
10	3	-0,8	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!
11	2	-0,7	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,141421	0,141421	0,387298	0,387298
12	3	-0,7	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,14142	-0,14142	-0,3873	-0,3873
13	2	-0,6	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,52915	0,52915
14	3	-0,6	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,3873	-0,3873	-0,52915	-0,52915
15	2	-0,5	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,331662	0,331662	0,509902	0,509902	0,6245	0,6245
16	3	-0,5	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,33166	-0,33166	-0,5099	-0,5099	-0,6245	-0,6245
17	2	-0,4	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,173205	0,173205	0,447214	0,447214	0,591608	0,591608	0,69282	0,69282
18	3	-0,4	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,17321	-0,17321	-0,44721	-0,44721	-0,59161	-0,59161	-0,69282	-0,69282
19	2	-0,3	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,316228	0,316228	0,519615	0,519615	0,648074	0,648074	0,74162	0,74162
20	3	-0,3	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,31623	-0,31623	-0,51962	-0,51962	-0,64807	-0,64807	-0,74162	-0,74162
21	2	-0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,565685	0,565685	0,685565	0,685565	0,774597	0,774597
22	3	-0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,3873	-0,3873	-0,56569	-0,56569	-0,68557	-0,68557	-0,7746	-0,7746
23	2	-0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,424264	0,424264	0,591608	0,591608	0,707107	0,707107	0,793725	0,793725
24	3	-0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,42426	-0,42426	-0,59161	-0,59161	-0,70711	-0,70711	-0,79373	-0,79373
25	2	0	0	0	0,43589	0,43589	0,6	0,6	0,714143	0,714143	0,8	0,8
26	3	0	0	0	-0,43589	-0,43589	-0,6	-0,6	-0,71414	-0,71414	-0,8	-0,8
27	2	0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,424264	0,424264	0,591608	0,591608	0,707107	0,707107	0,793725	0,793725
28	3	0,1	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	-0,42426	-0,42426	-0,59161	-0,59161	-0,70711	-0,70711	-0,79373	-0,79373
29	2	0,2	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	0,387298	0,387298	0,565685	0,565685	0,685565	0,685565	0,774597	0,774597



5. Построение графиков

6. МАКРОСЫ В EXCEL

Работа 6.1. Создание макросов

Макросы – средства, позволяющие создавать код программ на VBA (Visual Basic for Application) без программирования, записывая в макрос любые действия, которые можно выполнить в EXCEL.

ЗАДАНИЕ.

1. Создайте семь макросов:

Макрос1 – Создайте новый рабочий лист, переименуйте его, присвоив имя «**Новый**»
Макрос2 – Создайте столбец значений **X** в диапазоне чисел от –3 до 3 с шагом 0,5
Макрос3 – Создайте столбец значений **Y**, вычислив по формуле $\mathbf{Y=5X^3+2}$
Макрос4 – Постройте **график** функции
Макрос5 – Найдите **корень** уравнения
Макрос6 – Удалите лист
Макрос7 – Закрыть

2. Создайте форму, расположив на ней семь кнопок.

3. Подключите к кнопкам ранее созданные макросы. Запустите программу на выполнение.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.

1. Выполните первое задание без записи макросов.
2. Создание Макросов: **СЕРВИС–Макрос–Начать запись – введите имя макроса,** выполните нужные для построения макроса команды, **Остановите запись макроса.** Имена макросам назначаются произвольно, но лучше, если имя макроса будет отражать его действие, например для нашего задания: Новый, Х,У, График, Корни, Удалить.
3. Просмотреть коды Макросов: **СЕРВИС–Макрос–Макрос–** выберите имя макроса – **ВОЙТИ** просмотреть Макрос можно, перейдя в редактор VBA–Alt+F11 или **СЕРВИС–Макрос–Редактор VBA –** откройте папку Модулей, выберите нужный макрос.
4. Создание Формы: Перейдите в редактор VBA, выполните команду **INSERT–UserForm**

4.1. На панели инструментов «Элементы Управления» выберите «Кнопку», курсор переместите в область формы и отрисуйте мышью кнопку.

4.2. Введите для кнопки название, изменив её свойство Caption(надпись).

4.3. Аналогично создайте все семь кнопок. Кнопки можно скопировать: выделите кнопку, нажмите клавишу Ctrl, удерживая её перетащите кнопку столько раз сколько нужно копий.

4.4. Отредактируйте текст на каждой кнопке, изменив свойство Caption для каждой кнопки.

5. Подключение макроса к кнопке Формы: Дважды щелкните мышью по кнопке. Система переведет Вас в среду редактора кода, куда автоматически поместит две строки процедуры обработки данной кнопки.

```
Private Sub CommandButton1_Click()

End Sub
```

Поместите между этими строками имя вызываемого Макроса. Например.

```
Private Sub CommandButton1_Click()
X' Вызов Макроса X, который создает столбец X.
End Sub
```

Таким образом подключите все Макросы к кнопкам.

5. Макрос **Новый** при каждом выполнении добавляет рабочий лист с новым, следующем номером.

Sub Новый()
' Новый Макрос
' Макрос записан 27.07.2008
Sheets("Лист1").Select’ Лист1 выделить
Sheets.Add’ Добавить лист
Sheets("Лист4").Select’Этот лист выделить
Sheets("Лист4").Name = "Новый"’ Добавленному листу присвоить имя «Новый»
Range("A1").Select’Выделить ячейку А1, для дальнейших действий.
End Sub

В Макросе добавляется лист 4, но при повторном применении Макроса добавится лист с другим номером и это вызовет ошибку выполнения Макроса, поэтому его нужно отредактировать так, чтобы не указывать конкретный номер листа.

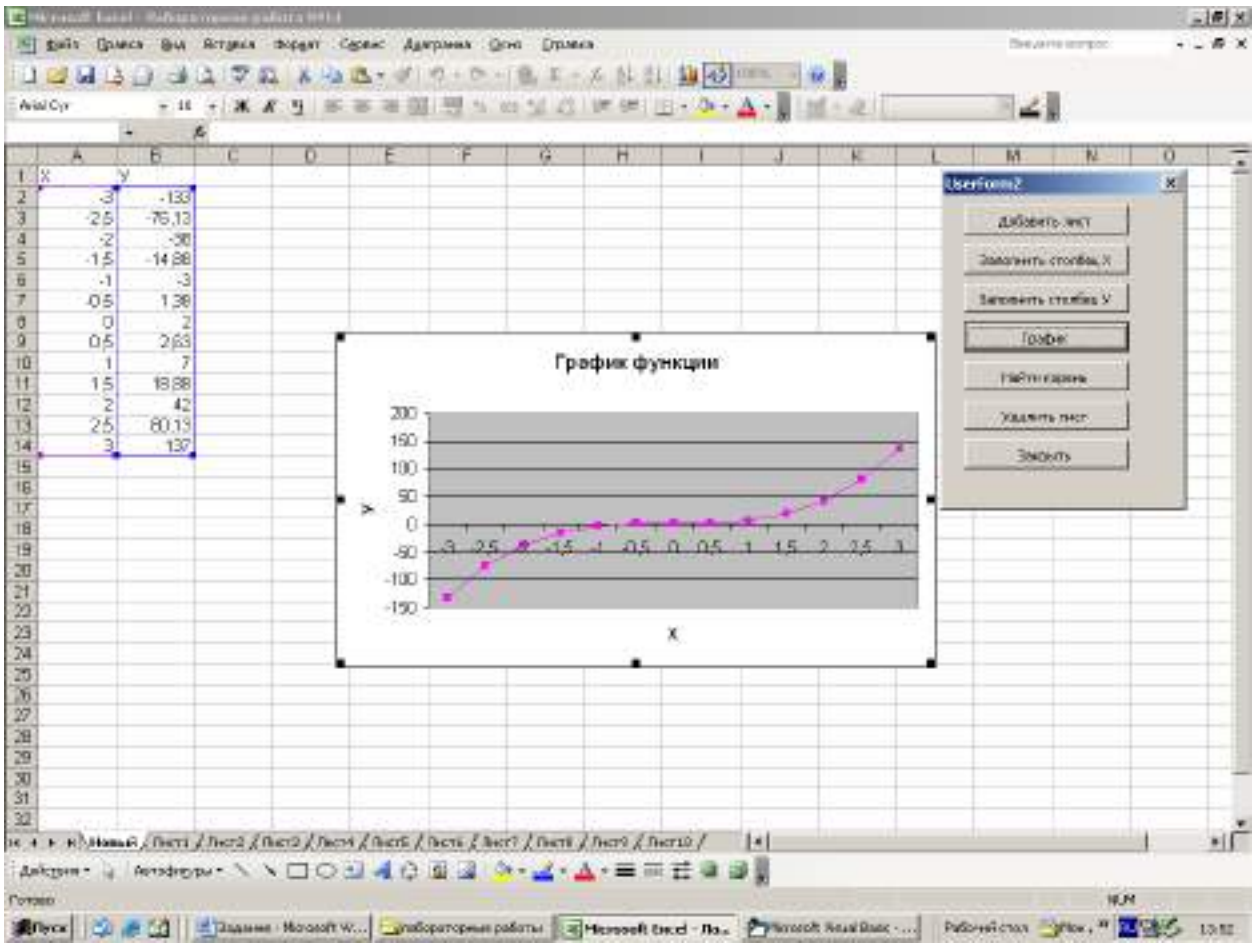
Sub Новый()
Sheets("Лист1").Select
Sheets.Add
ActiveSheet.Name = "Новый" Активному листу присвоить имя «Новый»
End Sub

6. Для закрытия Формы применить метод **UserForm1.Hide**
7. Для вызова формы на выполнение: выполните команду RUN–**Run Sub/User Form (F5).**

Нажимая последовательно на соответствующие кнопки, проверьте работу макросов.

Результат выполнения задания

6. Макросы в Excel



7. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

Задача оптимизации состоит в выборе из некоторого множества допустимых решений, то, которое удовлетворяют целевой функции. Целевая функция это зависимость показателя эффективности от значений искомых параметров. В качестве показателя эффективности используются такие величины как прибыль, затраты и т.д. При этом на параметры допустимого решения накладываются ограничения, связанные с реальной технологией. Они выражаются в виде математических ограничений, чаще имеющих вид неравенства.

Решение задачи оптимизации состоит из нескольких этапов:

1.Формализация задачи – математическая постановка задачи.

- Целевая функция:

$Z=F(X1, X2,\ldots\ Xn)\rightarrow\min$ (max, заданной величине) – это минимум потерь или максимум прибыли.

X1, X2,…… Xn– искомые параметры влияющие на целевую функцию.

- Ограничения для X1, X2,…… Xn обычно условия неравенства

2. Для решения используются методы: линейного программирования; симплекс метод. Эти методы реализованы в Excel в виде инструмента – **Поиск решения**.

Работа 7.1. Задача о планировании производства

ЗАДАНИЕ

Фирма производит изделия, назовём их A, B, C. Для их производства используются три типа комплектующих изделий: компл.1, компл.2, компл.3.

Известно: Расход каждого типа комплектующего для каждого вида изделия, цена каждого вида изделия, запасы каждого типа комплектующих (приведены в таблице).

Комплектующие	Нормы расхода комплектующих на изделия, ед.			Запасы комплектующих, ед.
	A	B	C	
Компл.1	20	50	10	5000
Компл.2	20		40	4000
Компл.3	20	10	10	4000
Цена изделия, руб	500	700	550	

7. Решение задач оптимизации

Определить сколько нужно произвести изделий различного вида, чтобы получить максимальную прибыль, если использовать весь запас комплектующих

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Математическая постановка задачи.

Пусть X1, X2, X3 количество выпускаемых изделий A, B, C.

- Целевая функция – доход от продажи изделий

$$Z=500\ X1+ 700\ X2+ 550\ X3 \rightarrow max$$

- Ограничения:

  По расходу комплектующих. Их расход должен быть меньше или равен запасам.

  $20\ X1+50\ X2+10\ X3 \leq 5000$ – ограничение по компл.1.

  $20\ X1+40\ X3 \leq 4000$ – ограничение по компл.2.

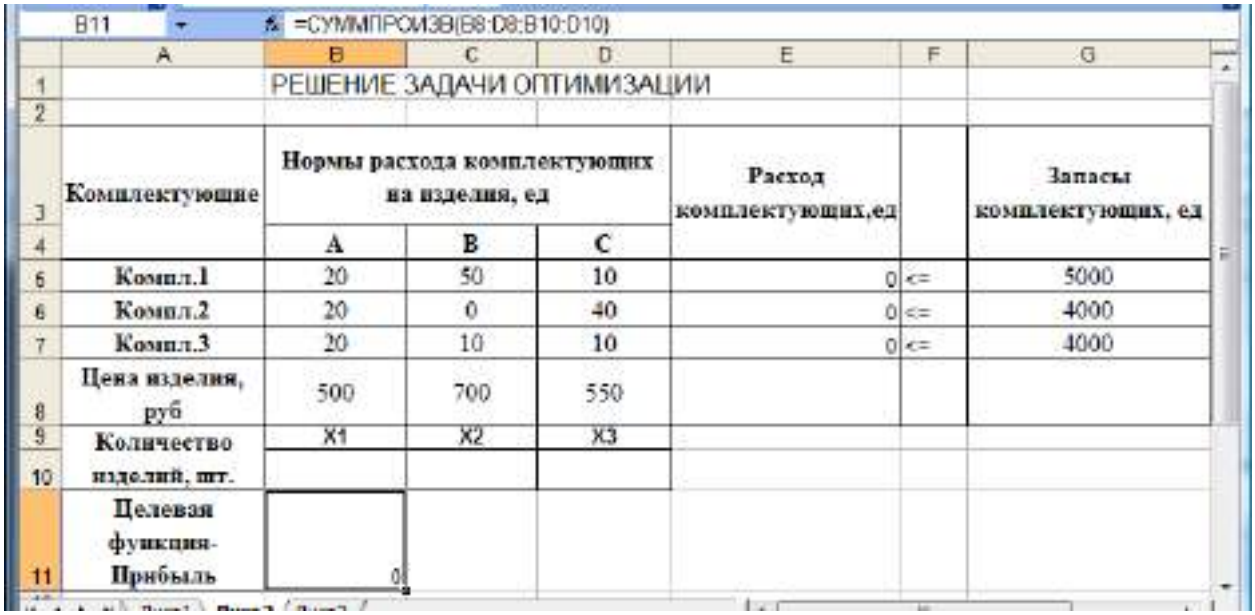
  $20\ X1+10\ X2+10\ X3 \leq 4000$ – ограничение по компл.3.

  По количеству выпускаемой продукции.

  $X1 \geq 0;\ X2 \geq 0;\ X3 \geq 0$ –количество выпускаемых изделий не может быть отрицательным.

  X1; X2; X3 – целое – выпускаемые изделия неделимые (целые).

2. По исходным данным и математической постановке задачи создается таблица для решения.



В ячейки B10:D10 Excel выведит найденные количества изделий A, B, C.

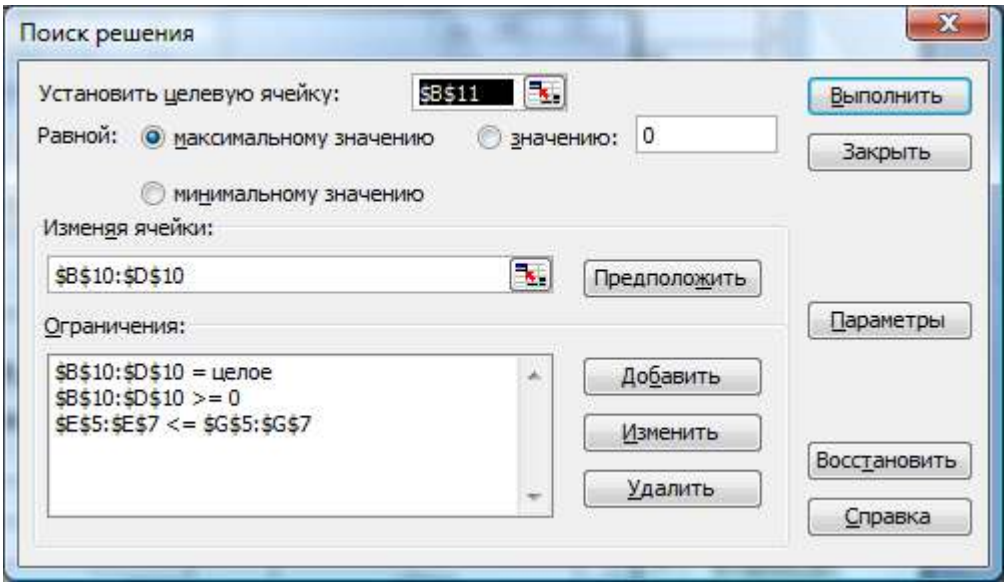
Целевая функция – это сумма произведений *Количества изделий и Цены изделий*, т.е. в ячейке B11 формула =СУММПРОИЗВ(B8:D8;B10:D10).

Правая часть ограничения по расходу комплектующих записана в ячейках E5:E7. Формула, например, в ячейке E5 имеет вид =СУММПРОИЗВ(B5:D5;$B$10:$D$10). Эту формулу скопировать в ячейки E6:E7.

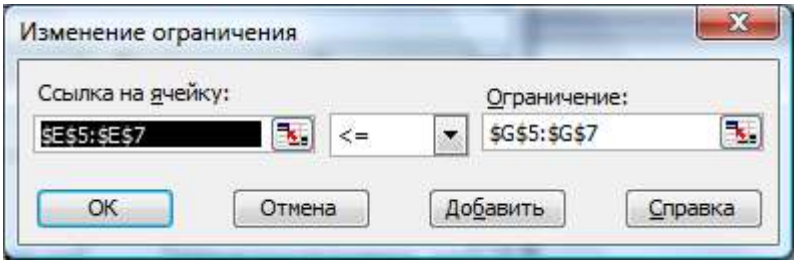
3. Решение задачи средствами Excel.

Установите курсор в ячейку B11 и выполните команду **СЕРВИС – Поиск решения**.

В диалоговом окне «Поиск решения»:



- В поле «Установить целевую ячейку» адрес ячейки B11.
- В поле «Равной» установить на максимальное значение.
- В поле «Изменяя ячейки» дать ссылку на ячейки с искомыми X1, X2, X3, то есть на ячейки B10:D10.
- В поле «Ограничения» добавим ограничения нажав на кнопку ДОБАВИТЬ. В появившемся диалоговом окне указать, например, для ограничения по комплектующим в левом поле адреса ячеек с расходами комплектующих, в правом поле адреса ячеек с запасами комплектующими, в средем поле из списка выбрать соответствующий знак логического отношения – ДОБАВИТЬ.



Таким образом задать все ограничения. Далее в окне «Поиск решения» нажать на кнопку ПАРАМЕТРЫ и установить флажок на опции Линейная модель. Затем **Выполнить.**

В итоге получим результат оптимизации.

	A	B	C	D	E	F	G
1	РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ						
2							
3	**Комплектующие**	**Нормы расхода комплектующих на изделия, ед**			**Расход комплектующих,ед**		**Запасы комплектующих, ед**
4		**A**	**B**	**C**			
5	**Компл.1**	20	50	10	5000	<=	5000
6	**Компл.2**	20	0	40	4000	<=	4000
7	**Компл.3**	20	10	10	3960	<=	4000
8	**Цена изделия, руб**	500	700	550			
9	**Количество**	X1	X2	X3			
10	**изделий, шт.**	180	26	10			
11	**Целевая функция-Доход**	113700					

Выводы: Из данного запаса комплектующих можно изготовить изделий вида А – 180 шт., изделий типа В – 26 шт., изделий типа С – 10 шт. Комплектующие 1 и 2 типов будут израсходованы полностью, 3 комплектующего останется 40 ед. При этом при реализации изделий будет получен максимально возможный доход 113700 рублей.

Работа 7.2. Задачи для самостоятельного решения

Решить ниже приведенные задачи, используя **Поиск решения.**

ЗАДАЧА 1

В одной из туристических фирм, на Черноморском побережье в каждом заезде запланирован пеший поход в горное селение, находящееся на высоте 2,5 км от моря. В селение ведут три тропы, две из которых имеют вторую категорию сложности, а третья – четвертую катего-

рию. Для четвертой категории сложности требуется специальное медицинское заключение и, таким образом, сужается круг участников похода. Для похода по второй категории сложности требуется 1 сопровождающий на 10 отдыхающих; для похода по четвертой категории сложности требуется 1 сопровождающий на 5 отдыхающих. Стоимость похода для каждого отдыхающего по второй категории сложности равен 200 руб. в день, а по четвертой – 350 руб. Для похода по первому маршруту требуется 6 дней, по второму – 5; а для похода по четвертой категории сложности – 2 дня. В одном из заездов в поход пожелало пойти 54 человека. После мед. проверки, в случае выхода похода по четвертой категории сложности остался 21 человек. Определите выбор маршрутов при условии максимальной финансовой выгоды для туристической фирмы, если фирма имеет пять туристических имнструкторов.

ЗАДАЧА 2

Озеро можно заселить двумя видами рыб: A и B. Средняя масса рыбы вида A равна 2 кг, а вида B – 1 кг. В озере имеется два вида пищи P1 и P2. Средние потребности одной рыбы вида A составляют 1 ед. корма P1 и 3 ед. корма P2 в день. Аналогичные потребности для рыбы вида B составляют 2 ед. и 1 ед. Ежедневный запас пищи поддерживается на уровне 500 ед. P1 и 900 ед. P2. Как следует заселить озеро рыбами, чтобы максимизировать общую массу рыб?

ЗАДАЧА 3

Имеется четыре типа железорудных концентратов с содержанием железа Fe_i (i = 1, 2, 3, 4) и содержанием серы S_i (i=1, 2, 3, 4). Необходимо составить шихту для окомкования так, чтобы содержание в ней серы было минимальным, а содержание железа $Fe_{min} \le Fe \le Fe_{max}$.

Исходные данные:

Плановое задание: Fe_{max} =63%; Fe_{min} =61%.

Содержание железа в концентратах Fe_1 = 62%; Fe_2 = 60%; Fe_3 = 63%; Fe_4 = 64%.

Содержание серы в концентратах S_1 =0,3%; S_2 =0,2%; S_3 =0,4%; S_4 =0,2%;

Дополнительные ограничения X1 = 0,1; X2 ≥ 0,2.

Указание: количество каждого типа концентрата в шихте определять в долях единицы.

7. Решение задач оптимизации

8. РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ OFFICE

Работа 8.1. Документ «Обогатительная задача».

ЗАДАНИЕ

1. Загрузите WORD. **Пуск – Программы – Microsoft Office – Microsoft Word**.
2. Выведите на экран Панели Инструментов (ПИ) «**Стандартная**», «**Форматирования**» (если их нет). Добавьте на ПИ «Форматирования» кнопки «**нижний и верхний индекс**».
3. Кнопками ПИ «Форматирования» установите: шрифт –

, выравнивание **по ширине**, межстрочный интервал 1,5.
4. Установите размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, левое 3 см, правое 1,5 см.
5. Наберите 1–4 абзацы приведенного текста «Обогатительная задача».
6. Вставьте **Надпись**, наберите внутри его текст, с параметрами форматирования: высота 16; жирный курсив, с выравниванием по центру, граница с тенью.
7. Наберите последующий текст с формулами. Однострочные формулы набирайте символами, остальные, используя редактор формул.
8. Поместите курсор в месте расположения рисунка и создайте рисунок схемы.

Обогатительная задача.

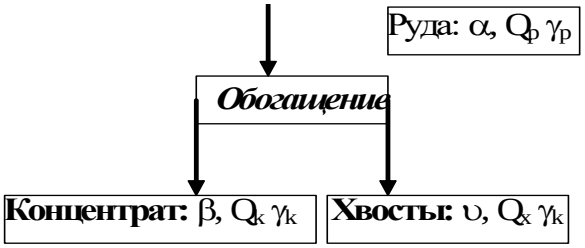
На обогатительную фабрику поступает руда, характеризуемая количеством Q_p и качеством – массовой долей полезного компонента в руде. В результате обогащения руда разделяется на два продукта концентрат и отходы (или на несколько продуктов в зависимости от типа руды, например полиметаллические руды, содержат несколько извлекаемых компонентов, поэтому в результате обогащения получается несколько концентратов).

Концентрат характеризуется количеством Q_K и качеством β– массовой долей полезного компонента в концентрате.

Отходы (на технологическом жаргоне отходы называются «хвосты») характеризуется количеством Q_x и качеством υ–массовой долей полезного компонента в отходах.

Процессы обогащения подчиняются законам *материального баланса*, суть которого заключается в следующем:

Сколько продукта вошло в операцию обогащения,
Столько же должно выйти из операции обогащения.



Закон материального баланса можно пояснить на примере простой схемы:

γ_p γ_k γ_x – выход соответственно руды (он всегда равен 100%), концентрата и хвостов.

Уравнения материального баланса:

$100 = \gamma_к + \gamma_x$; (1)

$$100\alpha = \gamma_к \beta + (100 - \gamma_к)\upsilon \quad (2)$$

Из уравнений материального баланса определяется выход хвостов $\gamma_x = 100 - \gamma_к$ выход концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha - \upsilon}{\beta - \upsilon} * 100$ (3) и извлечение $\varepsilon = \gamma_к \frac{\beta}{\alpha}$ (4)

Количество концентрата $Q_k = Q_p \gamma_k$, количество отходов $Q_x = Q_p(100 - \gamma_k)$

Обычно результаты расчета технологического баланса сводятся в таблицу.

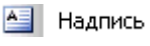
9. В этом же документе создайте таблицу, заполните её информацией и отформатируйте: установите соответствующие шрифты, обрамление и заливку. В «шапке» выравнивание по центру. Обрамление и заливку осуществите кнопками ПИ «Границы и заливка».

Результат технологического баланса

Наименование продукта	Выход	Количество продукта	Массовая доля полезного компонента
Концентрат	γ_k	Q_k	β
Отходы (хвосты)	$100-\gamma_k$	Q_x	υ
Руда	100	Q_p	α

10. Предъявите работу преподавателю и оформите отчет.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. Вывод на экран ПИ. Подключить панели инструментов – **ВИД – Панели Инструментов –**отметьте нужные панели, для добавления кнопок на ПИ выполните далее **Настройка –** вкладка **Команды –** категория **Формат** – найдите нужную кнопку и мышью перетащите на ПИ.
2. Установить размеры полей **ФАЙЛ – Параметры страницы –** вкладка **Поля –…**
3. Ввод символов, отсутствующих на клавиатуре **ВСТАВКА – Символ …**мышью выбираете символ, затем кнопка ЗАКРЫТЬ.
4. Ввод индексовь – «нажимаете» мышью кнопку «**индекс**» на ПИ и вводите нужный символ, затем кнопку «отжимаете».
5. Вставить **Надпись – ВСТАВКА – Надпись** или кнопка 

6. Обвести границу – выделить объект **– ФОРМАТ – Границы и заливка –** вкладка **Границы – Тень – Тип линии – Цвет** и др.
7. Ввод формул **ВСТАВКА – Объект – Microsoft Equation** и далее используя ПИ редактора формул, выбираете соответствующие кнопки со структурами формул или символов. Формула создается как единое целое. Выйти из редактора – (1ЩЛЧК) вне окна формулы, вернуться к набору или исправлению формулы (2ЩЛЧК) на формуле.
8. Создать рисунок **ВСТАВКА – Объект – Рисунок Microsoft** и затем, используйте инструменты ПИ Рисования: линия; толщина линий, вид стрелок; надпись; цвет и др. Текст набирается только в **Надпись**. Завершите рисунок командами **Восстановить границы рисунок, Обтекать текстом, Закрыть**.
9. Создание таблицы – кнопка «**Нарисовать таблицу**» или команду **ТАБЛИЦА – Добавить таблицу…,** укажите число строк и столбцов.

Заполнение таблицы – обычный ввод текста. Перемещение по таблице – (ЩЛЧК) мышью или клавиша **Tab**.

Работа 8.2. Расчет материального баланса при обогащении с использованием EXCEL.

ЗАДАНИЕ 1

1. Создайте таблицу «**1. Исходные данные**». В «шапке» таблицы ячейки «**№ секции**», «**Руда**», «**Концентрат**», «**Отходы**» объедините. Текст в них выровняйте по центру. Введите числовые данные в столбец «**№ смены**» Автозаполнением, в столбцы «**Мас.доля, %**» и «**Количество, т/час**» как приведено в таблице.
2. Обрамите таблицу и залейте по приведенному образцу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		*1. Исходные данные*									
3		Руда		Концентрат				Отходы			
4	№	Количество, т/ч	Мас. доля, %	Количество, т/ч	Мас. доля, %	Выход, %	Извлечение, %	Количество, т/ч	Мас. доля, %	Выход, %	Потери, %
5	1	100	16,5		60,5				5		
6	2	150	16,2		67,9				5,3		
7	3	170	15,9		54,9				4,4		
8	4	200	14,8		61,4				6,2		
9	5	180	16,8		54,9				7,9		
10	6	150	17,6		56,9				4,2		
11	7	140	18		60,3				5,1		
12	8	170	17,5		62,5				4,3		

3. Скопируйте таблицу «**1. Исходные данные**», назовите копию «**2. Результаты расчета**».
4. В ячейки D17, F17, G17, H17, J17, K17 введите формулы (по правилам Excel), начиная с ячейки F17 «Выход» концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha - \upsilon}{\beta - \upsilon} * 100$, G17 «Извлечение» концентрата $\varepsilon = \gamma_к \frac{\beta}{\alpha}$, J17 «Выход» отходов $\gamma_x = 100 - \gamma_к$, K17 «Потери» с отходами $\varepsilon_x = 100 - \varepsilon_k$, D17 «Количество концентрата» $Q_k = Q_p \gamma_k$, H17 «Количество отходов» $Q_{отх} = Q_p - Q_k$, где

α– количество руды, т/ч; Q_p– масс. доля руды, %; Q_k– количество концентрата, т/ч; β– масс. доля концентрата, %; γ_k– выход концентрата, %; ε_k– извлечение концентрата, %; Q_k– количество отходов, т/ч; ν– масс. доля отходов руды, %; γ_x– выход отходов, %; ε_x– потери с отходами, %;

6. Скопируйте формулы из ячеек D17, F17:H17, J17:K17 в нижележащие до строки 24

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
14	*2. Результаты расчета*										
15		Руда		Концентрат				Отходы			
16	№	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Извлече-ние, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Потери, %
17	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
18	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
19	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
20	4	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
21	5	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
22	6	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
23	7	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
24	8	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
25	**Итого**	1260	16,59	260	59,53	20,65	74,11	1000	5,41	79,35	25,89

9. Оформите строку **Итоги**. В ячейку B25 – введите формулу $Q_{cp} = \sum Q_i$, используя функцию СУММ(B17:B24), затем скопируйте её в ячейки D25, H25. В ячейку C25 введите формулу $\alpha_{cp} = \sum(Q_i \cdot \alpha_i) / \sum Q_i$, используя функцию СУММ-ПРОИЗВ(B17:B24;C17:C24) и СУММ(B17:B24), затем скопируйте формулу в ячейки E25, I25. В ячейки F25:G25, J25, K25 скопируйте формулы из вышестоящих ячеек.

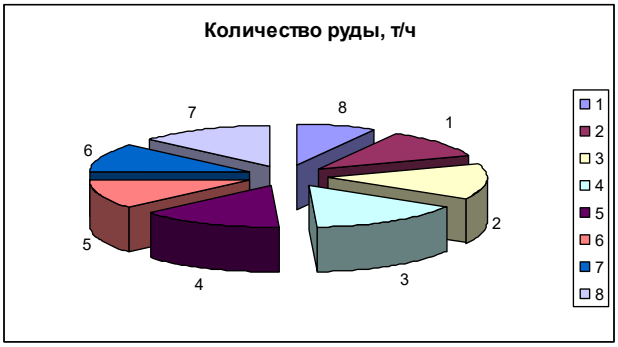
10. Постройте круговую диаграмму и график, с двумя осями ординат, оформите её соответствующими надписями.

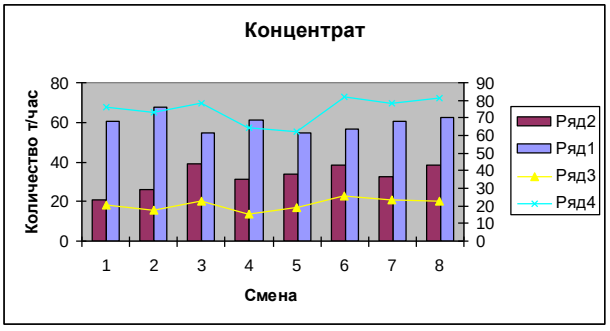
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- Объединить ячейки: **ФОРМАТ – Ячейки** – вкладка **Выравнивание – Объединить ячейки – Выравнивание по центру**;
- Обрамление и заливка: **ФОРМАТ – Ячейки** – вкладка **Граница, вкл. Вид**;
- Копирование: **ПРАВКА – Копировать**, курсор в ячейку A15, **ПРАВКА – Вставить**;
- **Ввод формул**: наберите =, мышью указывайте адреса нужных ячеек, вводите знаки арифметических действий, скобки и функции, используя МАСТЕР ФУНКЦИЙ.
- **Копирование формул**: выделите фрагмент, мышью зацепите Маркер заполнения и переместите до нужной ячейки.
- **Построение графиков**. Выделите диапазон ячеек с исходными данными с шапкой таблицы, включите **Мастер Диаграмм** ,

на вкл. **Параметры** введите название диаграммы, выберите место размещения.

- Построение графика с двумя осями. Выделите диапазон ячеек с данными для построения первого графика (диаграммы) (D17:D24), – **МАСТЕР ДИАГРАММ – Тип Диаграмм – Гистограмма – Далее –** вкладка **Ряды – Добавить** (переключитесь на таблицу) –в поле **Имя** установите ссылку на ячейку E16 , в поле **Значения** – укажите диапазон ячеек E17:E24. Нажмите кнопку **НАЗАД –** вкладка **Нестандартные,** выберите **График Гистограмм 2**, вновь перейдите на вкладку ряды и добавьте аналогично данные для построения других графиков – **ДАЛЕЕ –** вкладка **Параметры –**введите название графика и Осей – **ДАЛЕЕ** –Выберите место расположения.
- Для редактирования и форматирования диаграммы или её фрагментов выделите её, а затем используйте команды меню **ДИАГРАММА** или команды **Контекстного меню (КМ).**





ЗАДАНИЕ 2

1. Загрузить файл с таблицы «обогатительная задача»
2. Изменить значение в таблице «массовая доля в руде», посмотрите как изменился результат
3. Переместите графики на отдельные листы; переименуйте рабочие листы с графиками.
4. Таблицу «Результаты расчета» скопировать на другой рабочий лист, присвоив имя этому рабочему листу «Сортированный»
5. Добавте в начало таблицы столбцы «Дата», «Смена».
6. Отделите заголовок от таблицы пустой строкой.
7. Добавьте перед Итоговой строкой 10 пустых строк.
8. Добавте 7 новых записей в таблицу используя встроенную Форму.
9. Скопируйте новую таблицу с листа «Сортированный» на новый рабочий лист, присвоив ему имя «Фильтрованный».
10. На листе «Сортированный» отсортируйте таблицу, выбрав первым параметром сортировки «количество руды» по возрастанию и вторым параметром «массовую долю в руде» по убыванию.
11. На листе «Фильтрованный» отфильтруйте таблицу, вводя только записи для тех смен, в которые «извлечение» больше 65% и меньше 80%; окрасте записи одним цветом; отмените автофильтр.
12. На листе «Сортированный» подведите промежуточные итоги для каждой смены: 1, 2 и 3, подсчитав суммы для полей: количество руды, концентрата и отходов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

- Для перемещения графика на отдельный лист, выделите график и используйте **Контекстное меню–Рамещение–Отдельный лист**
- Для переименования листа **Контекстное меню** ярлыка рабочего листа**–Переименовать**
- Для вставки строк/столбцов **ВСТАВИТЬ – Строки/Столбцы.**
- Для добавления новой записи. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ–Форма–Добавить –** ввести данные в соответствующие поля, аналогичные тем, что в таблице.

- Сортировка данных в таблице. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполните **ДАННЫЕ – Сортировать –** по возрастанию/по убыванию
- При фильтровании таблицы поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ –Фильтрация** – задать условие фильтрации.
- При подведение промежуточных итогов таблица должна быть отсортирована по соответствующему полю. Поставьте курсор в любую заполненную ячейку таблицы и выполнить **ДАННЫЕ– Итоги,** укажите поле при изменении которого нужно подводить итоги, расположение итоговой строки, математическое действие (сумма) и выбрать имена полей: «количество руды», «количество концентрата», «количество отходов».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				Руда		Концентрат				Отходы			
2	№	Дата	Смена	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Извлече ние, %	Коли-чество, т/ч	Мас. доля, %	Вы-ход, %	Поте-ри, %
3			**Общий итог**	2468		508				1960			
4			**1 Итог**	785		155				630			
5	1	01.09.2007	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
6	7	03.09.2007	1	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
7	10	04.09.2007	1	155	17,3	33	63,5	21,03	77,18	122	5	78,97	22,82
8	13	05.09.2007	1	190	15,8	38	59,6	19,78	74,61	152	5	80,22	25,39
9	4	02.09.2007	1	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
10			**2 Итог**	850		172				678			
11	2	01.09.2007	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
12	8	03.09.2007	2	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
13	11	04.09.2007	2	170	17,5	38	58	22,41	74,29	132	5,8	77,59	25,71
14	14	05.09.2007	2	180	17,0	35	63	19,30	71,52	145	6	80,70	28,48
15	5	02.09.2007	2	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
16			**3 Итог**	833		181				652			
17	6	02.09.2007	3	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
18	9	03.09.2007	3	160	16,0	34	60	21,43	80,36	126	4	78,57	19,64
19	12	04.09.2007	3	163	14,9	26	62,3	16,11	67,34	137	5,8	83,89	32,66
20	3	01.09.2007	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
21	15	05.09.2007	3	190	16,0	44	56	23,08	80,77	146	4	76,92	19,23
22													
23													
24													
25	**Итого**			4151	9,97	429	36,92	20,20	74,75	1696	3,16	79,80	25,25

Таблица рабочего листа «Сортированный» с промежуточными итогами.

Итоговая строка над данными.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1				Руда		Концентрат				Отходы			
2	№	Дата	Смена	Количес-тво, т/	Мас. доля,	Количес-тво, т/	Мас. доля,	Выход, %	Извлече-ние, %	Количес-тво, т/	Мас. доля,	Выход, %	Потери, %
3	1	01.09.2007	1	100	16,5	21	60,5	20,72	75,98	79	5	79,28	24,02
4	2	01.09.2007	2	150	16,2	26	67,9	17,41	72,98	124	5,3	82,59	27,02
5	3	01.09.2007	3	170	15,9	39	54,9	22,77	78,63	131	4,4	77,23	21,37
6	4	02.09.2007	1	200	14,8	31	61,4	15,58	64,63	169	6,2	84,42	35,37
7	5	02.09.2007	2	180	16,8	34	54,9	18,94	61,88	146	7,9	81,06	38,12
8	6	02.09.2007	3	150	17,6	38	56,9	25,43	82,20	112	4,2	74,57	17,80
9	7	03.09.2007	1	140	18	33	60,3	23,37	78,29	107	5,1	76,63	21,71
10	8	03.09.2007	2	170	17,5	39	62,5	22,68	81,00	131	4,3	77,32	19,00
11	9	03.09.2007	3	160	16,0	34	60	21,43	80,36	126	4	78,57	19,64
12	10	04.09.2007	1	155	17,3	33	63,5	21,03	77,18	122	5	78,97	22,82
13	11	04.09.2007	2	170	17,5	38	58	22,41	74,29	132	5,8	77,59	25,71
14	12	04.09.2007	3	163	14,9	26	62,3	16,11	67,34	137	5,8	83,89	32,66
15	13	05.09.2007	1	190	15,8	38	59,6	19,78	74,61	152	5	80,22	25,39
16	14	05.09.2007	2	180	17,0	35	63	19,30	71,52	145	6	80,70	28,48
17	15	05.09.2007	3	190	16,0	44	56	23,08	80,77	146	4	76,92	19,23
18													
19													
20													
21	Итого			2468	16,59	260	59,53	20,65	74,11	1000	5,41	79,35	25,89

Таблица рабочего листа «Фильтрованный».
Цветом выделены строки, удовлетворяющие условию.

Работа 8.3. Рабочая книга расчета заработной платы.

ЗАДАНИЕ

Разработать рабочую книгу расчета Заработной Платы.
Она должна включать следующие Рабочие листы:
Лист1 – **Общий**, Лист2 – **Январь**, Лист3 – **Февраль**, Лист4 –**Март**
Лист Общий содержит таблицы: «Исходные данные» и «Итоговые данные» – информацию об итоговых показателях за расчитанные месяцы.
Листы Январь, Февраль и Март содержат расчетную информацию о Заработной плате коллектива сотрудников.
Порядок выполнения работы:

1. Переименуйте лист1, присвоив ему имя Общий. Для этого щелкните ярлык Лист1 и в Контекстном меню (КМ) выберите команду **Переименовать**, введите новое имя «Общий».
2. Создайте табличку, приведенную ниже. Заполните столбец Месяц Автозаполнением: введитев ячейку Январь и потяните за маркер заполнения
3. Обрамите таблицу и залейте первые строку и столбец, используя кнопки ПИ или команды **ФОРМАТ – Ячейки…–Рамка (Вид)**. При редактировании таблицы используйте команды меню **Правка, Вставка**.
4. Перейдите на Рабочий Лист2, переименуйте его в Январь и выполните на нем расчеты в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.
5. Скопируйте рабочий лист Январь, переименуйте копию в Февраль и выполните на нем действия (редактирование) в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.
6. Скопируйте рабочий лист Февраль, переименуйте копию в Март и выполните на нем действия (редактирование) в соответствии с последующими указаниями. Проверьте результаты расчетов по заданию.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Исходные данные**				**Итоговые данные**			
2	год	2002						
3	Месяц	Кол.раб.дней в месяце	Мин.ЗП.		Месяц	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог
4	Январь	21	100		Январь	3423	3423	445
5	Февраль	21	110		Февраль	4066	7489	529
6	Март	22	110		Март	3558	11047	463
7	Апрель	22			Апрель			
8	Май	21			Май			
9	Июнь	22			Июнь			
10	Июль	22			Июль			
11	Август	23			Август			
12	Сентябрь	22			Сентябрь			
13	Октябрь	23			Октябрь			
14	Ноябрь	22			Ноябрь			
15	Декабрь	23			Декабрь			

7. На листе «Общий» создайте таблицу «Итоговые данные». Заполните столбец Месяц автозаполнением. Названия 2,3,4 столбцов заполняйте как формулы, беря соответствующие значения из таблиц Листов Январь, Февраль, Март

8. Измените в листах Февраль, Март данные в столбце Кол.отработанных дней. Посмотрите результат в Итоговой таблице.
9. Измените размер Мин.зарплаты, посмотрите результат в Итоговой таблице.
10. Исследуйте различные ячейки с помощью инструментов панели **Зависимости:**

Влияющие ячейки, Зависимые ячейки, Окно информации, в котором выведите все сведения о ячейке.

Рабочий лист «Январь». Порядок выполнения работы.

1. Создайте таблицу. Приведенную ниже. Для этого:
   столбец «№» заполните автозаполнением как арифметическую прогрессию – через КМ или **Правка – Заполнить – Прогрессия** или используя маркер заполнения.
   столбец «ФИО» заполните автозаполнением, предварительно создав Список Пользователя **СЕРВИС – Параметры – Списки,** кнопка **Добавить**, в окно Элементы списка ввести Фамилии. Вставить список в таблицу – набрать первое ФИО и потянуть маркер вниз.

столбцы «Разряд», «Тариф.коэф», «Раб.дни» – данные относящиеся к конкретному работнику заполняются числами приведенными в таблице.

При заполнении столбца **«Тариф.коэф»** проверьте установку **СЕРВИС – Параметры – Првка – Фиксированный десятичный формат при вводе –** разрядов **–2**

Значение других столбцов и строки **«Итого»** вычисляются.

2. Вычислить значения полей для первой строки: «Зар.пл.»– заработанная плата; «Зар.пл. с РК» – Зарплата с районным коэффициентом; «Зар.пл. итогом» – это зарплат наращенным итогом с начала года; «Налог», «Начислено» – это «Зар.пл. с РК» минус «Налог».

   «Зар. пл.» = (Тариф.коэф. * Раб.дни * Мин.Зар.пл) / Кол.рабочих дней в месяце; например в ячейке F3 формула **=D3*E3*Общий!$C$4/Общий!$B$4.**

   «Зар. пл. с РК» = 1,15 * Зар.пл.; формула в G3 **=1,15*F3.**

   «Зар. пл. итогом» за Январь = Зар. пл. с РК; формула в H3 **=G3.**

   «**Налог**» **=** Если Зар. пл. итогом <12000, то Налог = 0,13 * Зар. пл. с РК, иначе Налог = 0,2 * Зар. пл. с РК; формула в I3 **=ЕСЛИ(H3<12000;0,13*G3;0,2*H3).**

   «Начислено» = Зар. пл. с РК – Налог; формула в J3 **=G3–I3.**

3. Скопировать формулы из интервала ячеек первой строки таблицы в интервалы второй – пятой строк таблицы используя Маркер заполнения.
4. Вычислить итоговые показатели, используя кнопку **Автосуммирования** Σ или **МАСТЕР ФУНКЦИЙ.**

Рабочий лист Январь

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за январь 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	21	584,00	671,60	671,60	87,31	584,29
4	2	Петров П.П.	12	6,25	21	625,00	718,75	718,75	93,44	625,31
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	15	525,71	604,57	604,57	78,59	525,98
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	20	540,00	621,00	621,00	80,73	540,27
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	21	702,00	807,30	807,30	104,95	702,35
8		Итого				2976,71	3423,22	3423,22	445,02	2978,20

5. Подготовьте рабочий лист **Февраль**.

Рабочий лист «Февраль». Порядок выполнения работы.

1. Проверьте значения в поле «Раб. Дни» для каждого работника.
2. Скорректируйте формулы в столбцах: «**Зар. пл.**» и «**Зар. пл. итогом**» = Зар. пл. с РК за январь + Зар. пл. с РК за февраль;

Зар. пл. =D3*E3*Общий!$C$5/Общий!$B$5

Зар. пл. итогом =G3+Январь!G3

3. Скопируйте скорректированные формулы вниз по соответствующему столбцу.

В остальных столбцах формулы остаются неизменными. Проверьте это, активизируя различные ячейки и анализируя вид формулы.

4. Подготовьте рабочий лист **Март.**

Рабочий лист Февраль

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за февраль 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	21	642,40	738,76	1410,36	96,04	642,72
4	2	Петров П.П.	12	6,25	21	687,50	790,63	1509,38	102,78	687,84
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	21	809,60	931,04	1535,61	121,04	810,00
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	21	623,70	717,26	1338,26	93,24	624,01
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	21	772,20	888,03	1695,33	115,44	772,59
8		Итого				3535,40	4065,71	7488,93	528,54	3537,17

Рабочий лист Март. Порядок выполнения работы.

1. Откорректируйте формулы в ячейках «**Зар. пл.**» и «**Зар. пл. итогом**». К последней прибавьте Зар. пл. с РК за январь и февраль;

Зар. пл. =D3*E3*Общий!$C$6/Общий!$B$6

Зар. пл. итогом =G3+Январь!G3+Февраль!G3

Рабочий лист Март

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	**Расчет заработной платы за март 2002г.**									
2	№	ФИО	Разряд	Тариф.коэф.	Раб.дни	Зар.пл.	Зар.пл. с РК	Зар.пл.итогом	Налог	Начислено
3	1	Ивнов И.И.	10	5,84	22	642,40	738,76	2149,12	96,04	642,72
4	2	Петров П.П.	12	6,25	22	687,50	790,63	2300,00	102,78	687,84
5	3	Сидоров С.С.	15	7,36	10	368,00	423,20	1958,81	55,02	368,18
6	4	Егоров Е.Е.	9	5,67	22	623,70	717,26	2055,51	93,24	624,01
7	5	Афанасьеф А.А.	14	7,02	22	772,20	888,03	2583,36	115,44	772,59
8		Итого				3093,80	3557,87	11046,80	462,52	3095,35

Вероника Всеволодовна Тимухина, доц, канд. техн. наук,
Алексей Владимирович Дружинин, доц, канд. техн. наук,
Тамара Григорьевна Завражина, доц, канд. техн. наук,
Раиса Александровна Мезенцева, инженер,
Тамара Александровна Самакаева, инженер,
Светлана Михайловна Колмогорова, инженер.

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине «Прикладное программное обеспечение»
для студентов технологических специальностей
очной и заочной форм обучения

Корректура кафедры информатики.
Подписано к печати
Формат бумаги 60 х 84 1/16
Печ. л. 7,18 Тираж 200 экз.

Издательство ГОУ ВПО УГГУ
Екатеринбург, ул. Куйбышева 30
Уральский государственный горный университет
лаборатория множительной техники

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

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА
БАЗА ДАННЫХ. ACCESS 2013

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 –«Горное дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург – 2018

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

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
институт мировой
экономики

«___» _____ 2018 г.
Председатель комиссии
_____ проф., Л. А. Мочалова

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА
БАЗА ДАННЫХ. ACCESS 2013

Учебно-методическое пособие

по дисциплине «Информатика» для студентов всех технологических специальностей направления подготовки 21.05.04 –«Горное дело»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

УДК 004.9 (072)
Б83

Рецензент: *Ю. С. Петров*, канд. техн. наук, доцент кафедры информатики УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании
кафедры информатики « 27 » декабря 2017 г.
(протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ

Боровков В. А., Колмогорова С. М.

Б83 ИНФОРМАТИКА. БАЗА ДАННЫХ. ACCESS 2013: учебно-методическое пособие по дисциплине «Информатика» для студентов всех технологических специальностей направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения / В. А. Боровков, С. М. Колмогорова; Урал.гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 66 с.

Учебно-методическое пособие является руководством для выполнения лабораторных работ по информатике с использованием приложения MICROSOFT ACCESS 2013 с учетом новой концепции интерфейса, а так же в нем приведены 30 заданий для самостоятельного освоения рассмотренного материала. В конце учебно-методического пособия приведен список рекомендуемой литературы. Объем пособия 66 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех технологических специальностей направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения, а так же будет полезно др. специалистам, осваивающим работу базу данных Access 2013.

© Боровков В. А., Колмогорова С. М., 2018
© Уральский государственный горный университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 10
Создание таблиц базы данных «Реализация товаров» 10
Создание файла базы данных Access 10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 18
Работа с простыми запросами 18
Конструирование запросов на выборку с условием отбора 18
Вычисляемые поля в запросах 20
Параметры в запросах 23
Групповые операции в запросах 25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 28
Работа с многотабличными запросами 28
Запросы на изменение 31
Задание для самостоятельной работы 33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 35
Работа с формами 35
Условное форматирование элементов управления 36
Создание разделенной формы 38
Многотабличные формы 38
Создание многотабличной формы с помощью мастера 39
Одиночная многотабличная форма 41
Задание для самостоятельной работы 44
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 45
Работа с отчетами 45
Задание для самостоятельной работы 47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 48
Создание главной кнопочной формы 48
с использованием макросов 48
Создание управляющих кнопок на экране 50
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ 54
Указания к выполнению работы 54
Варианты заданий 54
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 65

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 нормализацией 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 accdb-файле 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 процедурами 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, работа-

ющих 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, видео. 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 от-

крыть 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.

ЛАБОРАТОРНАЯ 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).

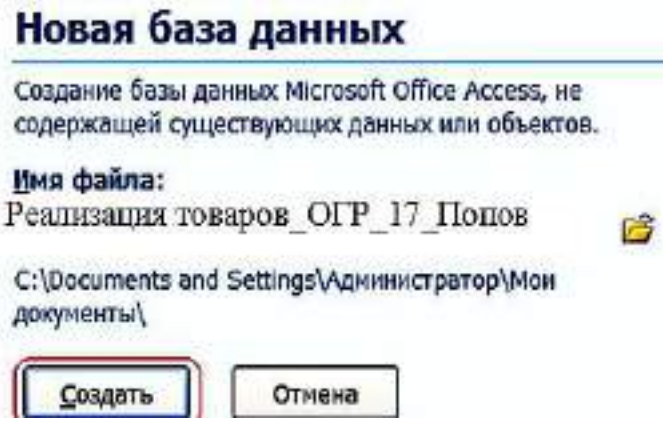


Рис. 1.1. Определение имени и местоположения файла новой базы данных

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.**

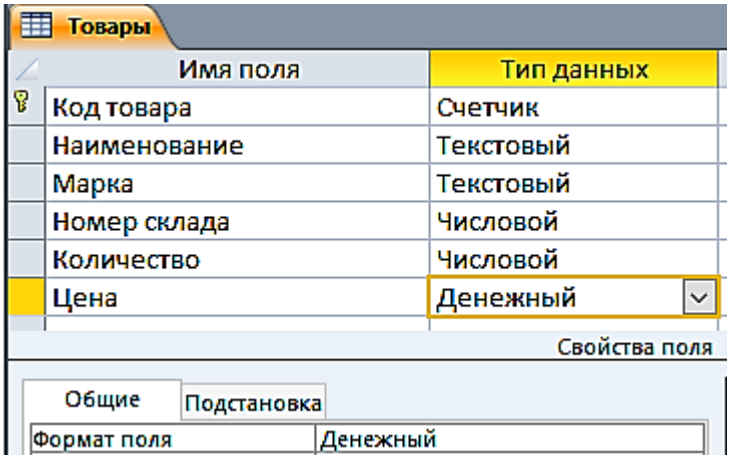


Рис. 1.4. Таблица «Товары» в режиме «**Конструктор**»

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**»

Фирмы

Код фирмы	Название	Адрес	Телефон	Контактное лицо	Должность
1	ООО "Геомар Недра"	Москва, Ленина, 80	(495)618-05-10	Долженко И.М.	заведующий
2	ООО "Навгеоком"	Екатеринбург, Народной воли, 65	(343)253-53-55	Васильева З.О.	начальница
3	ООО "А-ГЕО"	Белгород, Мокроусова, 7	(904)095-70-45	Ашихмин Р.Ю.	кладовщик
4	ГеоСтройПрибор	Воронеж, Жукова, 3	(473)271-21-44	Яковлева Ю.К.	менеджер

Рис. 1.8. Таблица «Фирмы» в режиме таблицы

Задание 3. Создание таблицы «Склады»

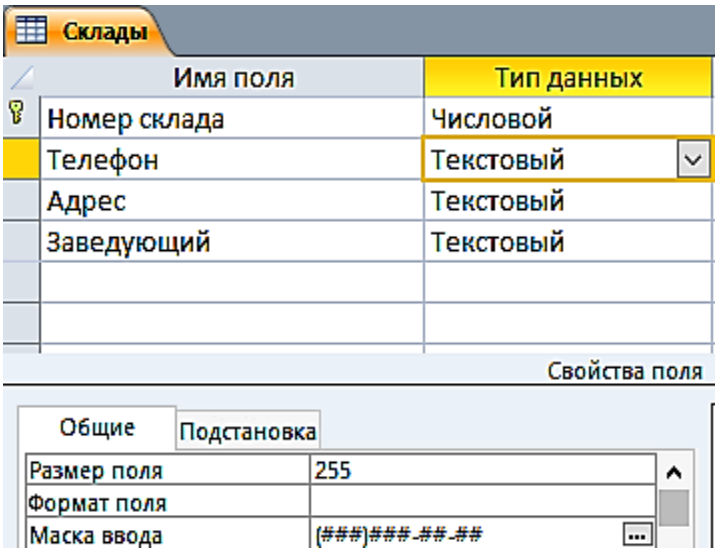


Рис. 1.9. Таблица «**Склады**» в режиме «**Конструктор**»

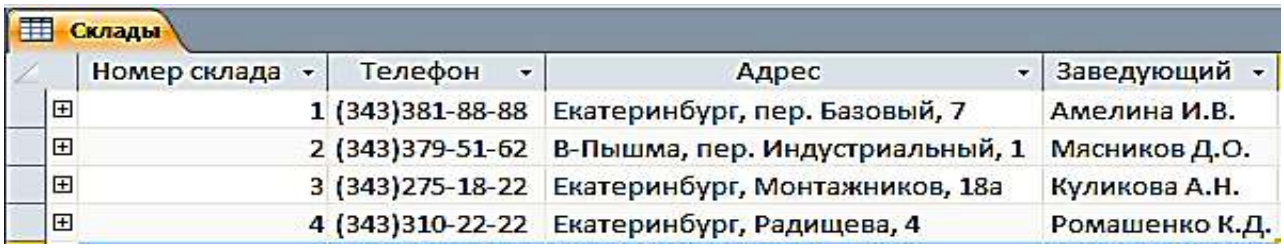


Рис. 1.10. Таблица «**Склады**» в режиме «**Таблицы**»

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 элемента управления**, 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».

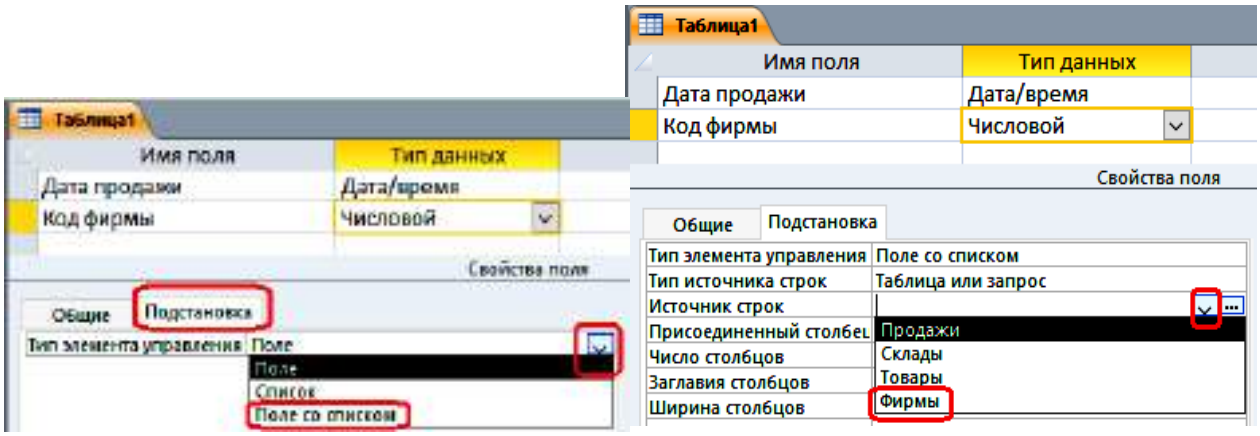


Рис. 1.11. Окно таблицы с подстановкой в режиме «**Конструктора**»

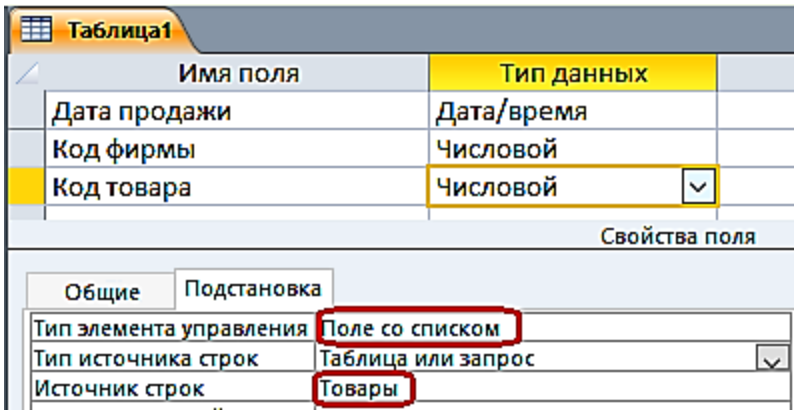


Рис. 1.12. Окно таблицы с выбором источника строк

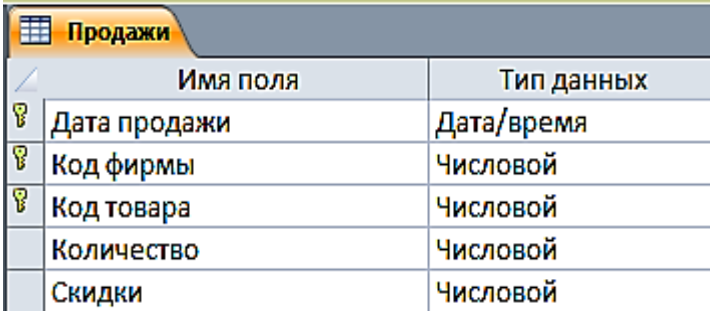


Рис. 1.13. Окно таблицы «**Продажи**» в режиме «**Конструктора**»

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).

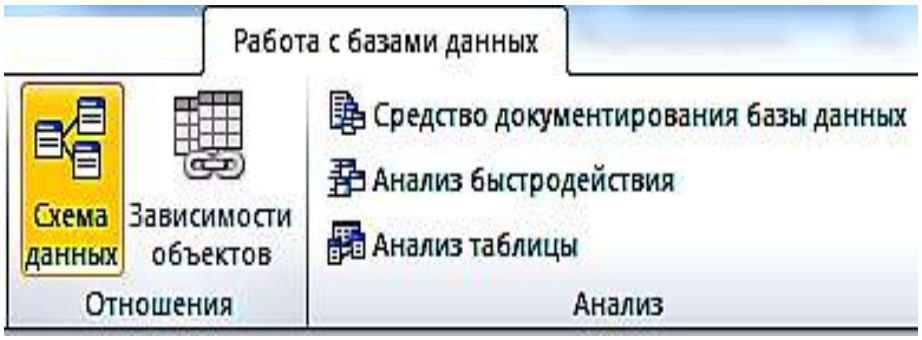


Рис. 1.15. Вкладка ленты **Работа с базами данных**

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).

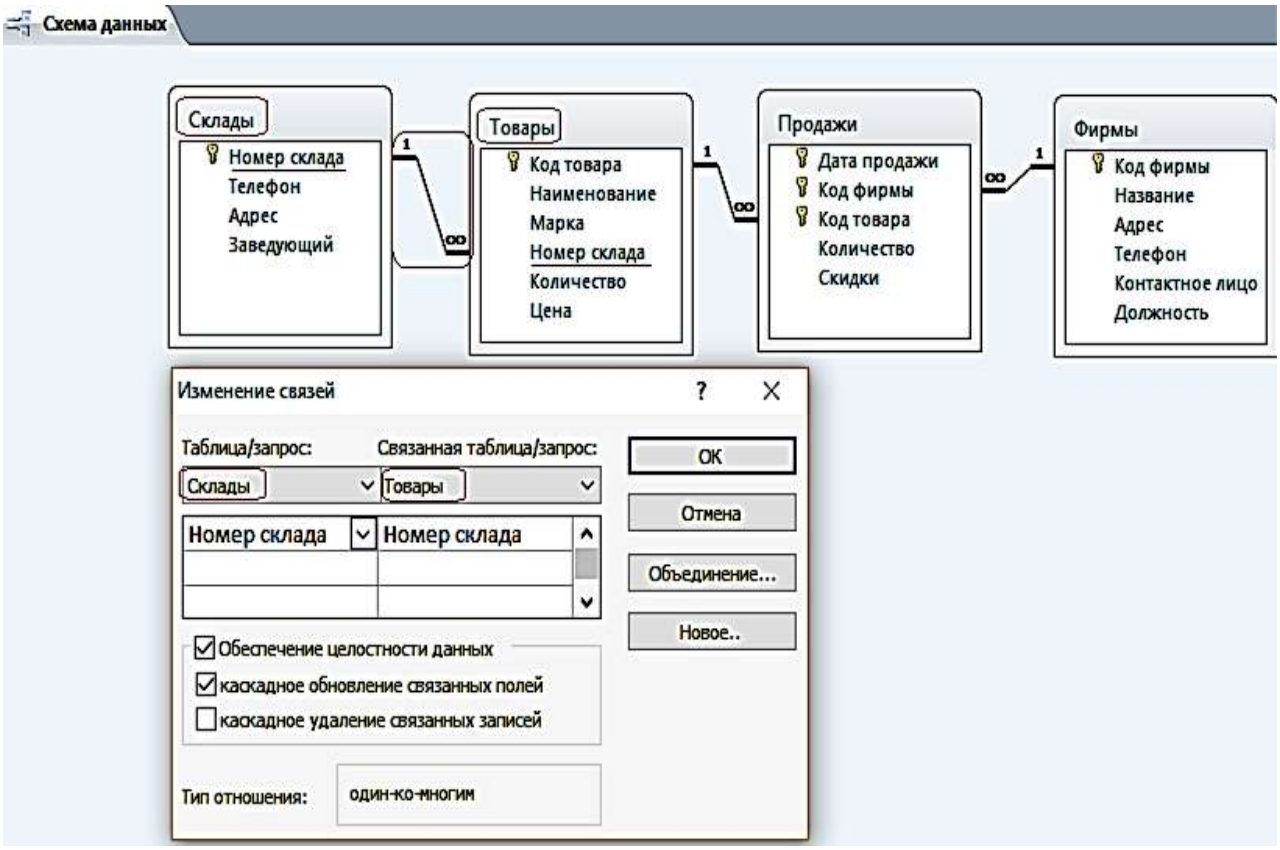


Рис. 1.16. Схема данных БД «**Реализация товаров**»

ЛАБОРАТОРНАЯ 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.

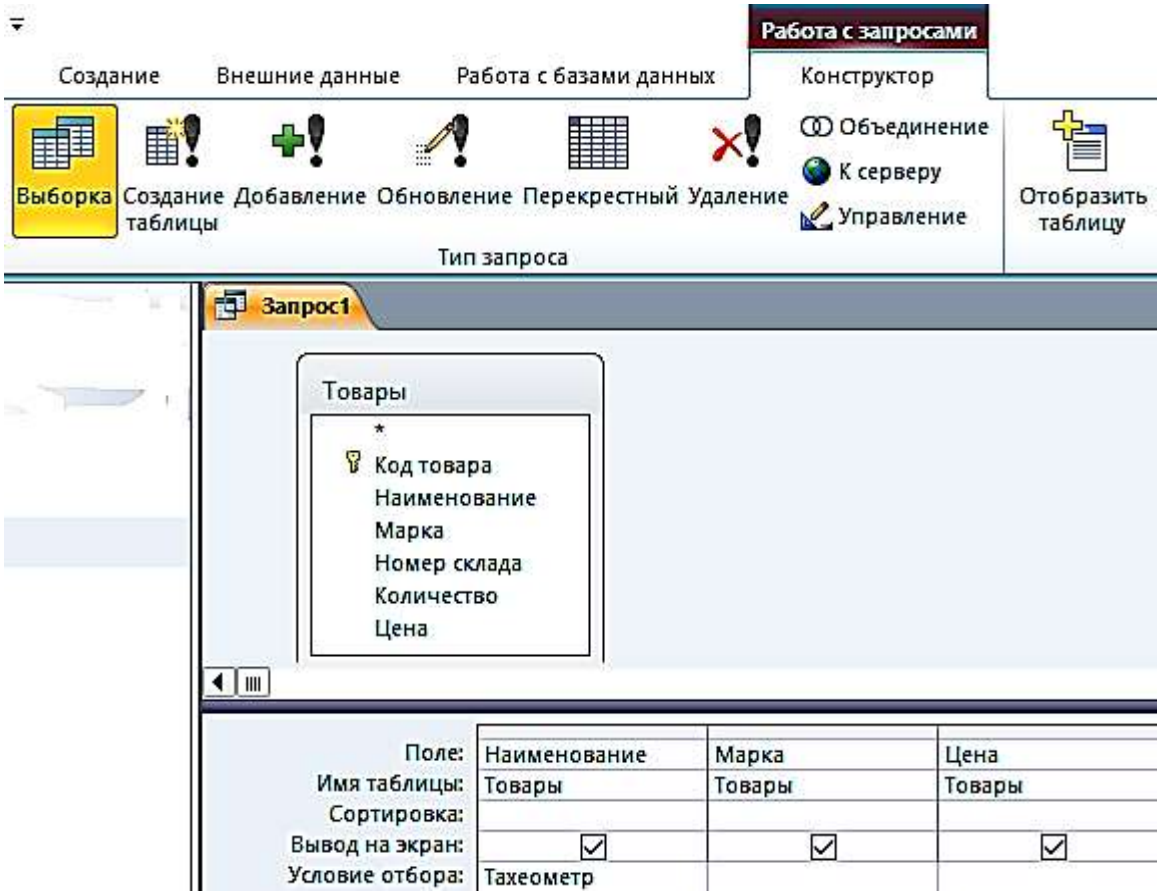


Рис. 2.1. Окно конструктора запроса на выборку

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).

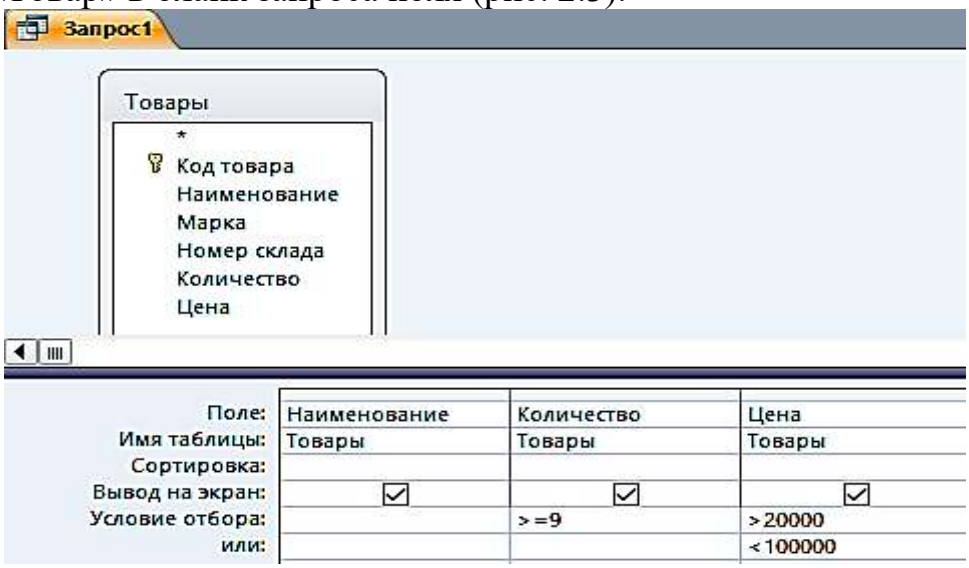


Рис. 2.3. Окно конструктора запроса на выборку с логическими операциями в условии отбора

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

3_Дата_скидка

Дата прода	Код фирмы	Скидки
25.01.2018	2	10
30.01.2018	3	10
05.02.2018	4	10
10.02.2018	3	10
15.02.2018	3	10

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).

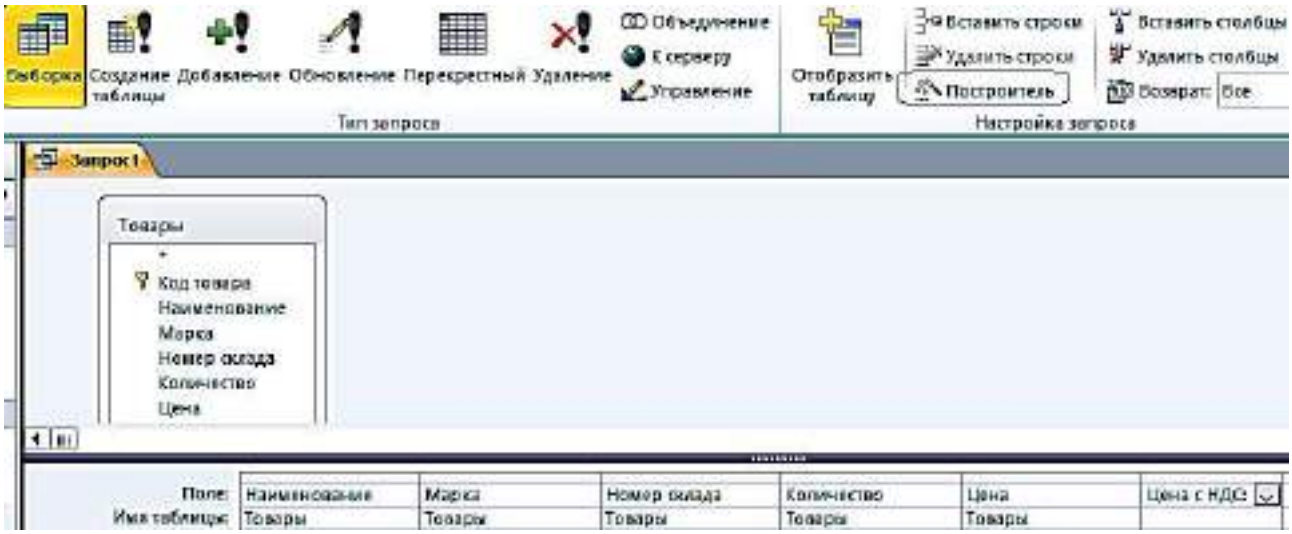


Рис. 2.7. Запрос с вычисляемым полем

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).

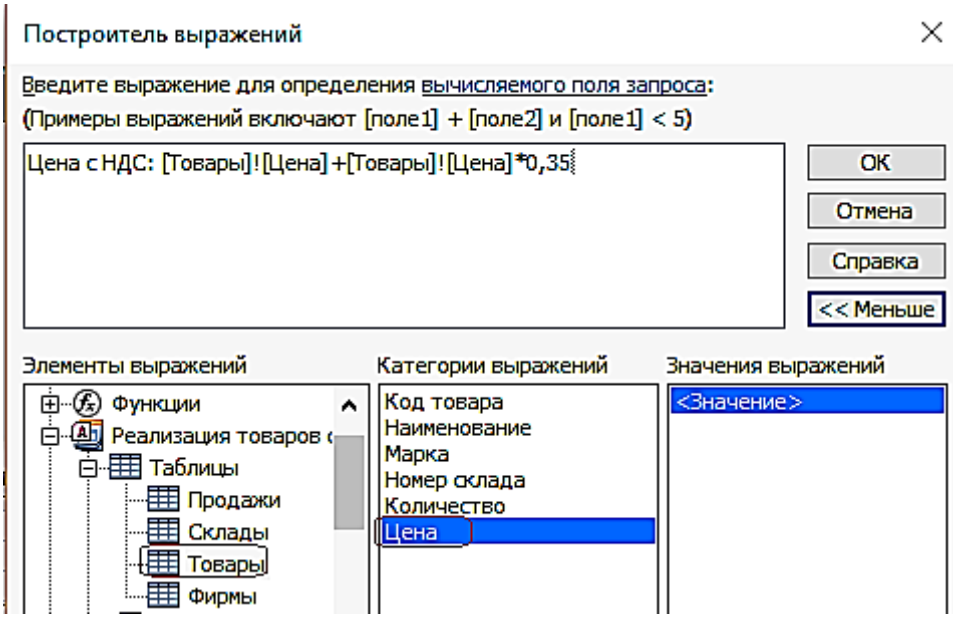


Рис. 2.8. Построитель выражений

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 щелч-

ком 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).

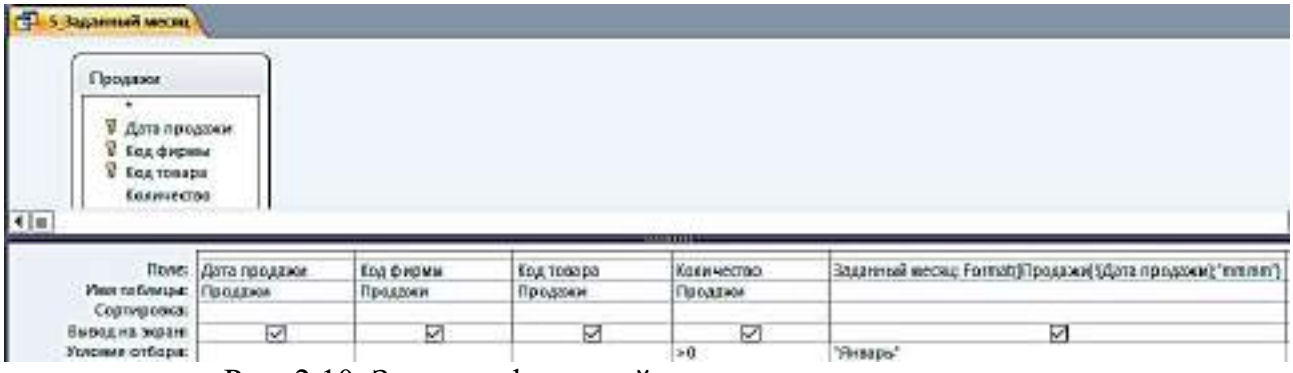


Рис. 2.10. Запрос с функцией выделения из даты полного названия месяца в вычисляемом поле

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.

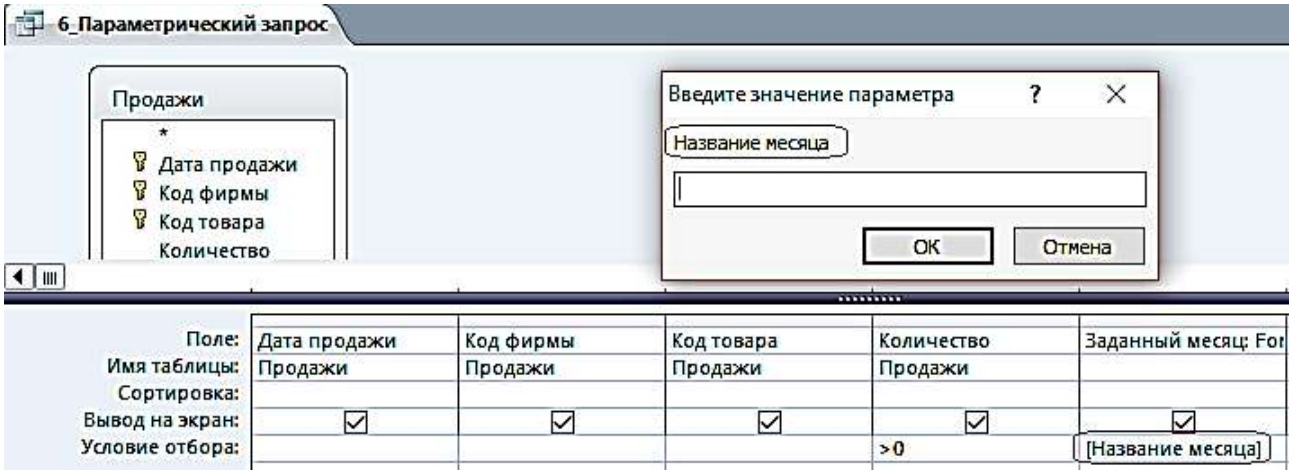


Рис. 2.12. Диалоговое окно ввода значения параметра

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).

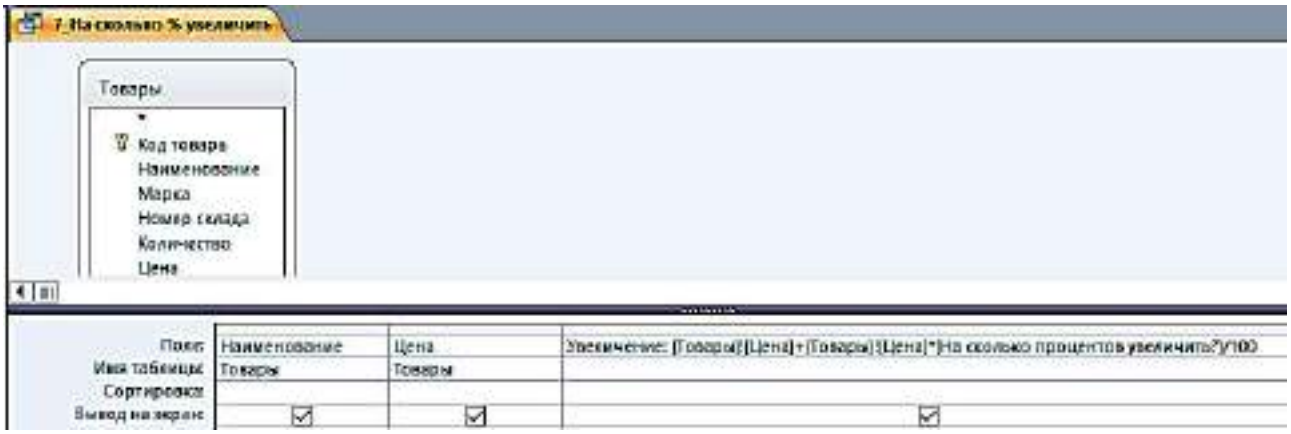


Рис. 2.13. Использование параметра в выражении вычисляемого поля

Задание 8. Скопируйте запрос «**7_На сколько % увеличить**» и переименуйте его в «**8_Проценты**» (рис. 2.14)

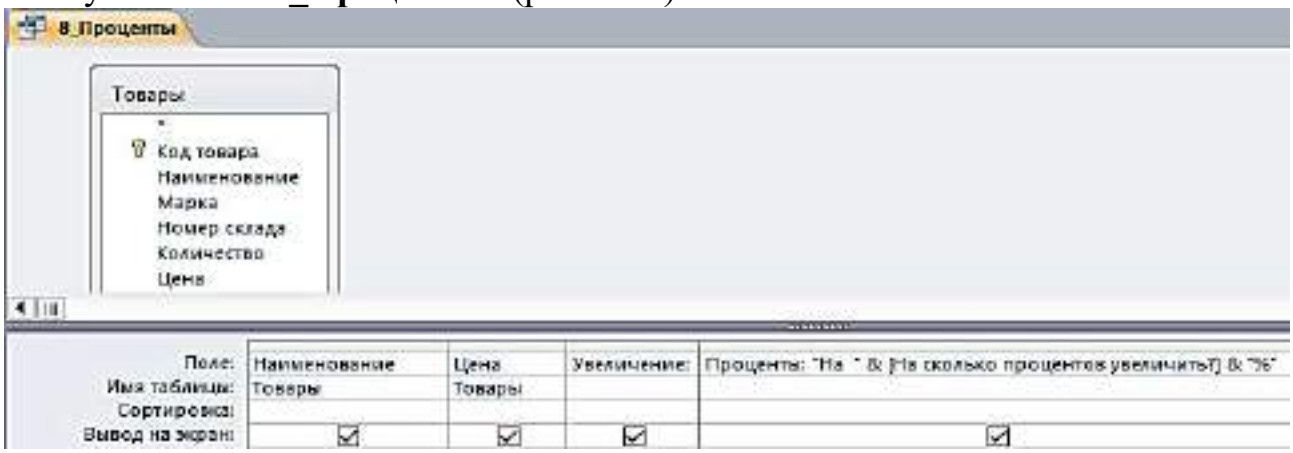


Рис. 2.14. Использование параметра в выражении вычисляемого поля «**Проценты**»

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. Статистические 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).

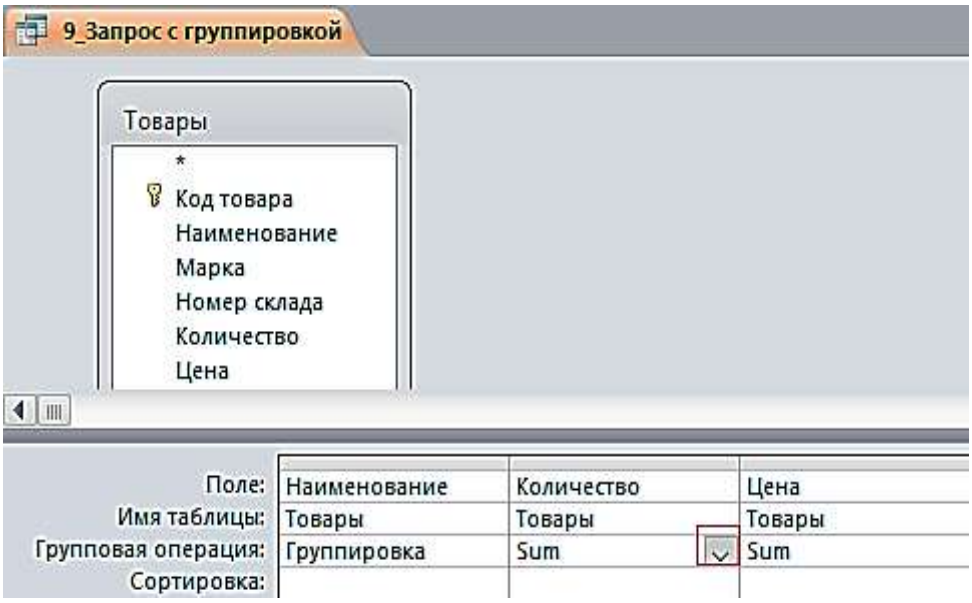
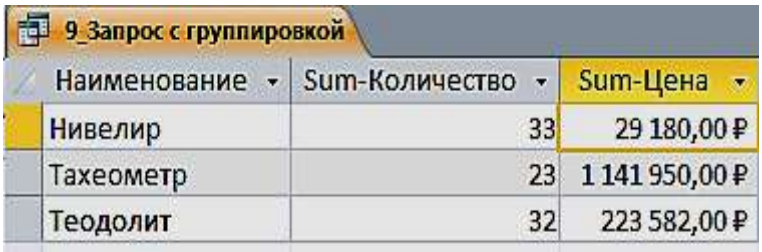


Рис. 2.16. Запрос с группировкой по коду товара и суммированием количества и цены в группе

6. Для отображения результата запроса (рис. 2.17) щелкните по кнопке **Выполнить** в группе **Результаты**.



Наименование	Sum-Количество	Sum-Цена
Нивелир	33	29 180,00 ₽
Тахеометр	23	1 141 950,00 ₽
Теодолит	32	223 582,00 ₽

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).

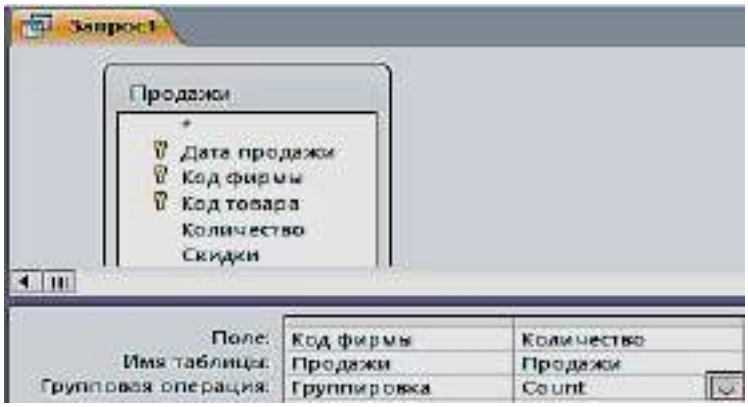


Рис. 2.18. Запрос для подсчета количества товара по коду фирмы

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).

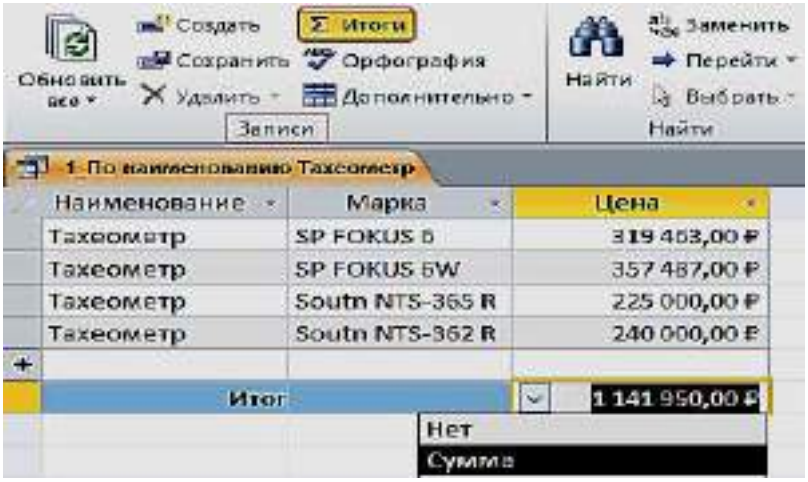


Рис. 2.20. Результат отображения строки итогов с расчетом суммы по столбцу

3. Для того, чтобы скрыть строку итогов, повторно выполните команду **Итоги**.

ЛАБОРАТОРНАЯ 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).

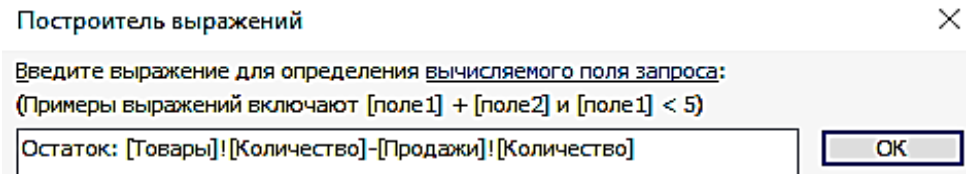


Рис. 3.1. Построитель выражений

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).

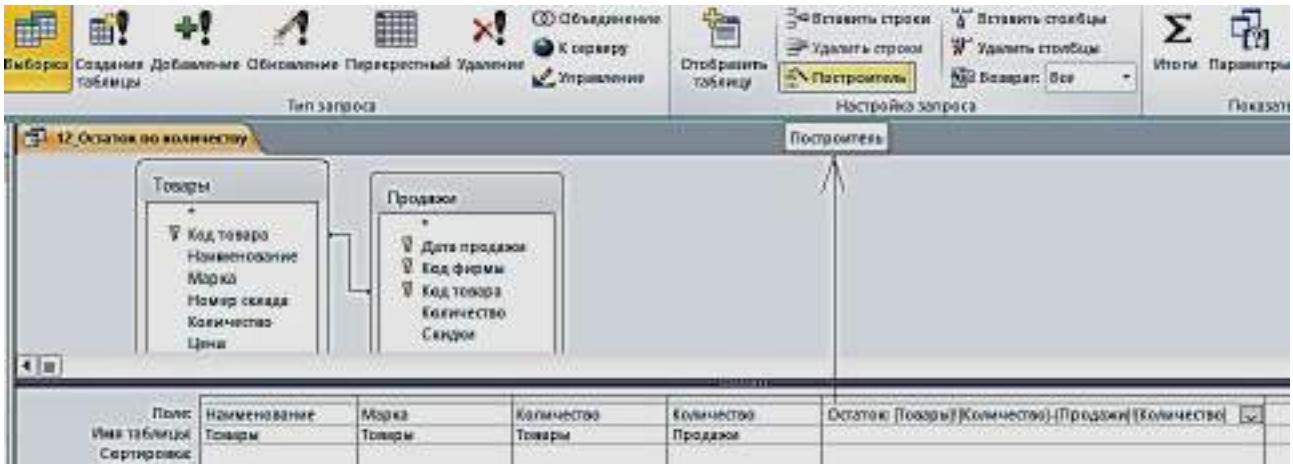


Рис. 3.2. Запрос с вычисляемым полем

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 «**Построитель выражений**» 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).

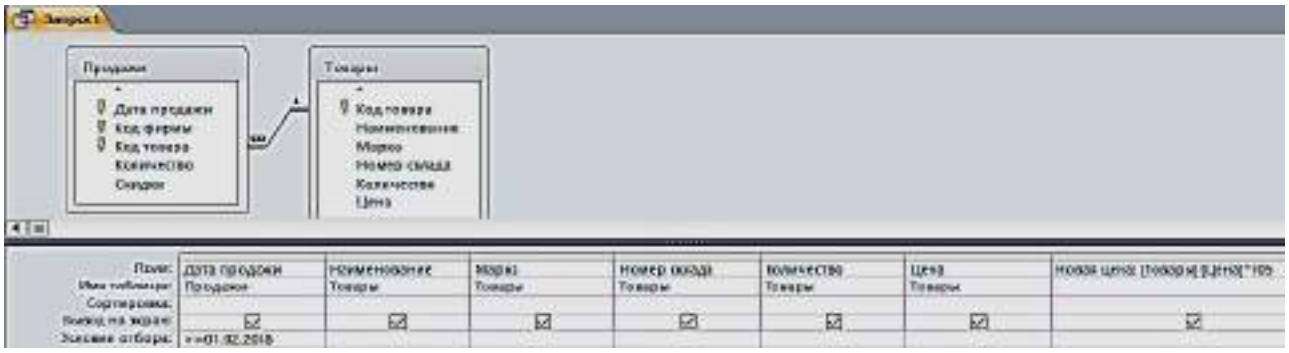


Рис. 3.4. Запрос «**Новая цена**» в режиме конструктора

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	South 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)

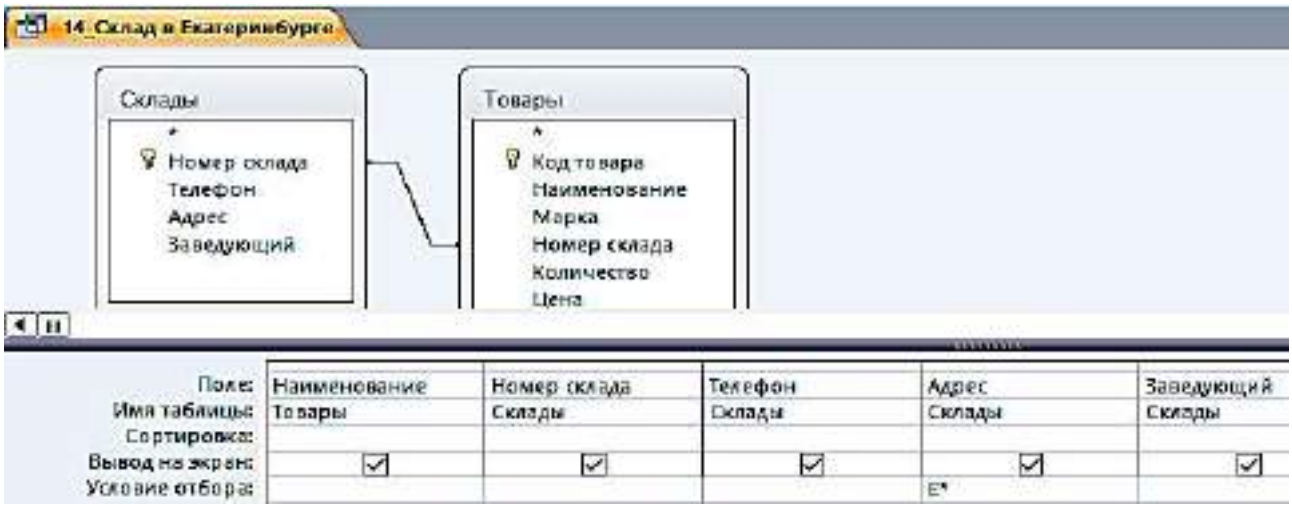


Рис. 3.6. Запрос «**Склад в Екатеринбурге**» в режиме Конструктора

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)

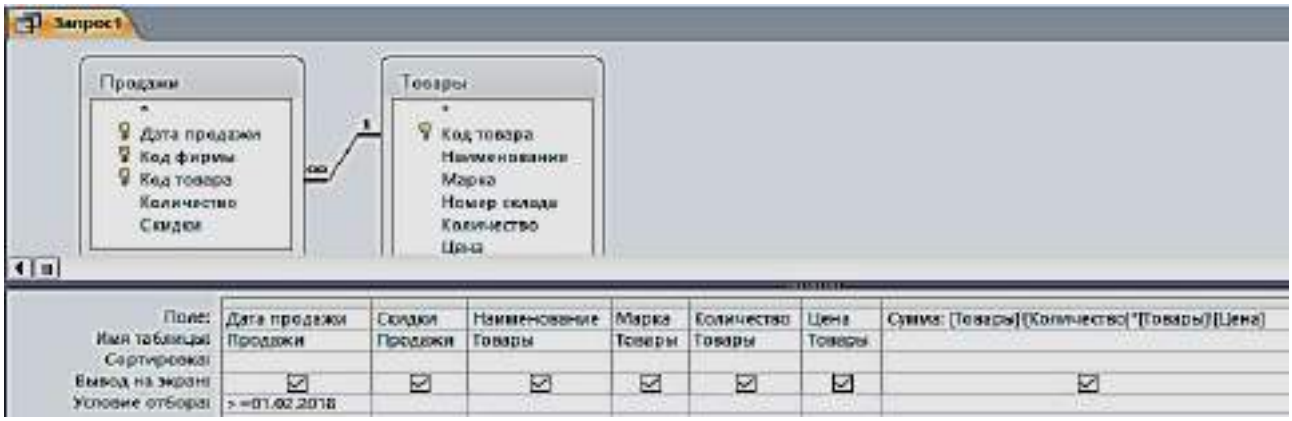


Рис. 3.8. Запрос «**Стоимость**» в режиме Конструктора

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)

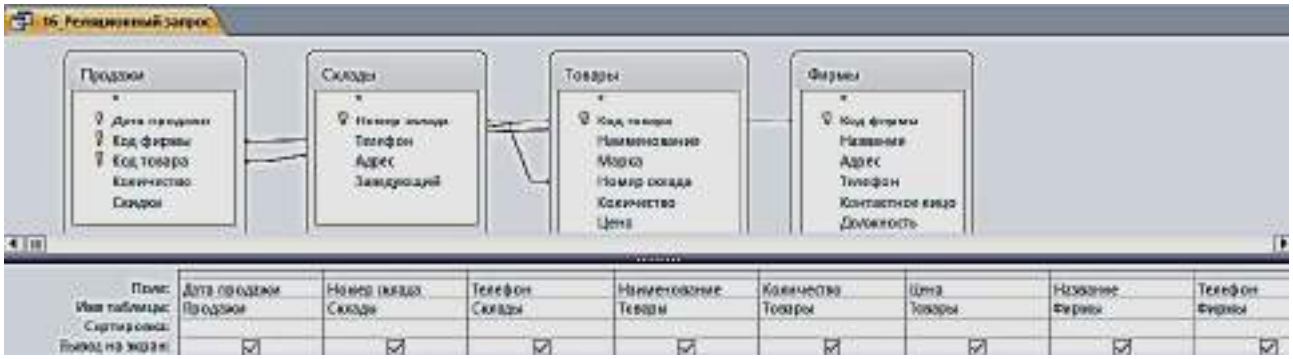


Рис. 3.10. Реляционный запрос в режиме Конструктора

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	333 463,00 ₽	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).

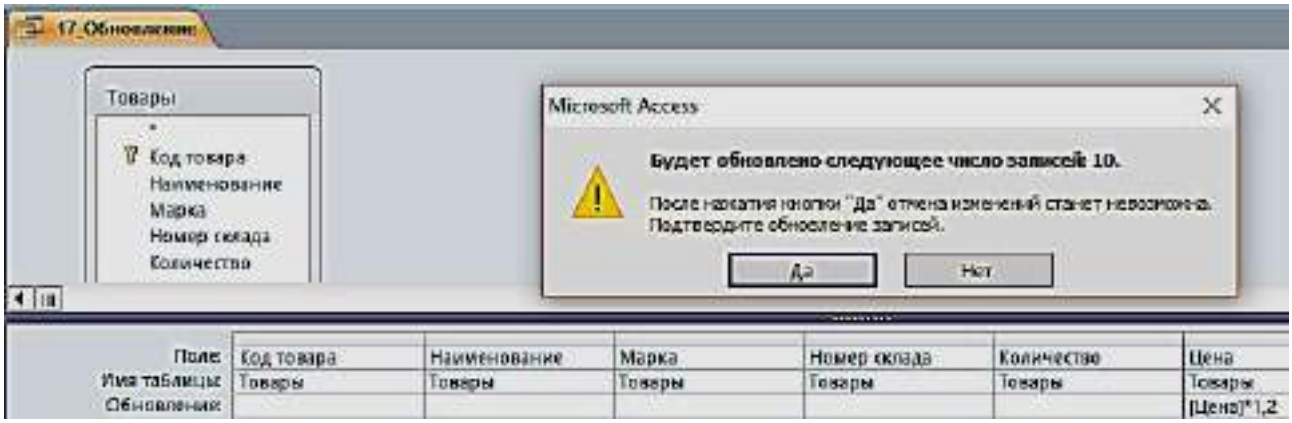


Рис. 3.12. Запрос на обновление в режиме Конструктора

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).

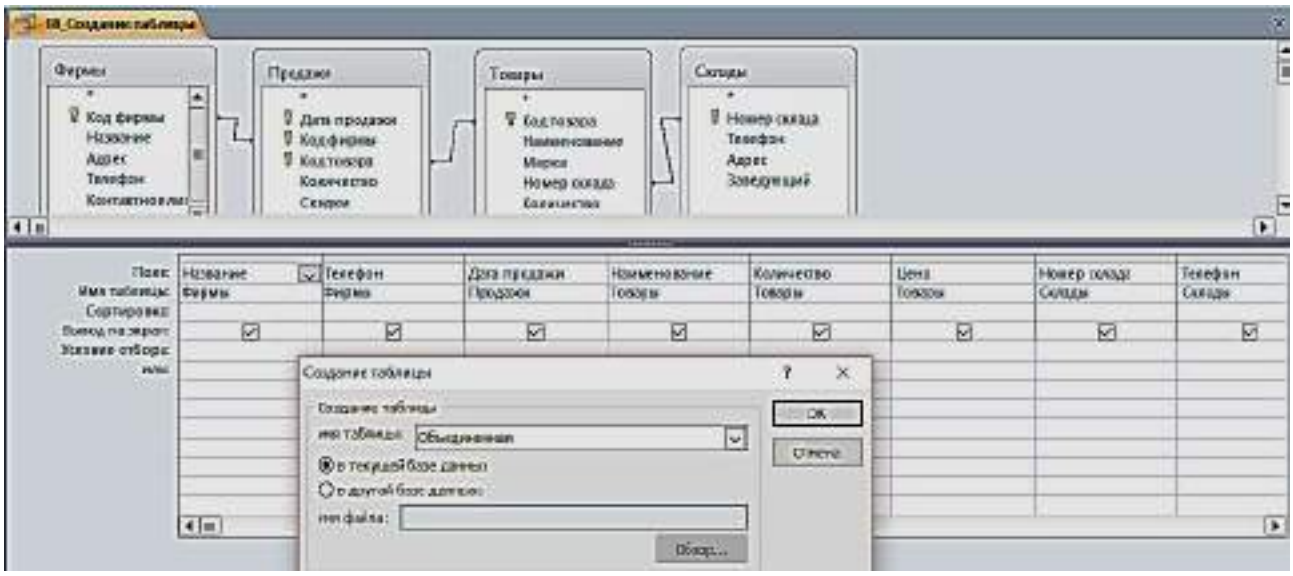


Рис. 3.14. Определение имени таблицы, создаваемой в запросе

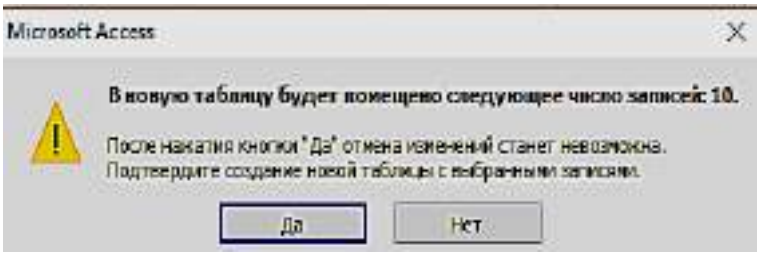


Рис. 3.15. Окно сообщений

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	3433795102
ООО "Навгеоком"	3432535355	02.02.2018	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	2	3433795102
ООО "А-ГЕО"	9040957045	20.01.2018	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	30.01.2018	Теодолит	8	90 750,00 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	10.02.2018	Теодолит	10	30 000,00 ₽	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.

ЛАБОРАТОРНАЯ 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).

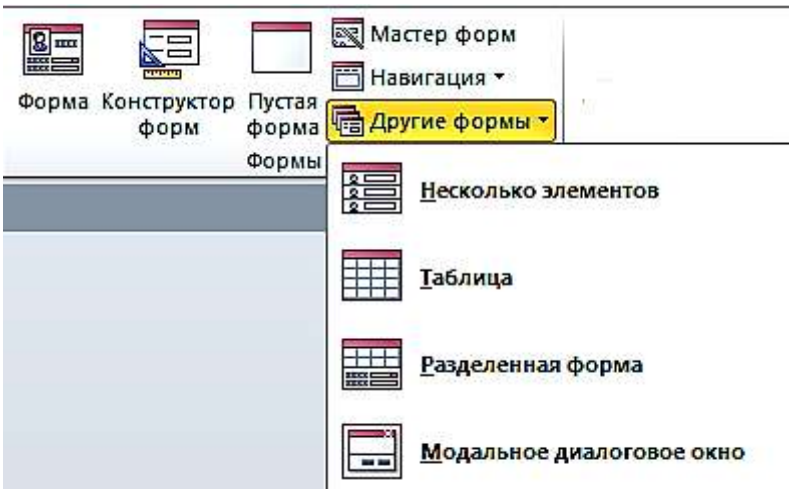


Рис. 4.1. Команды группы формы на вкладке ленты **Создание**

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).

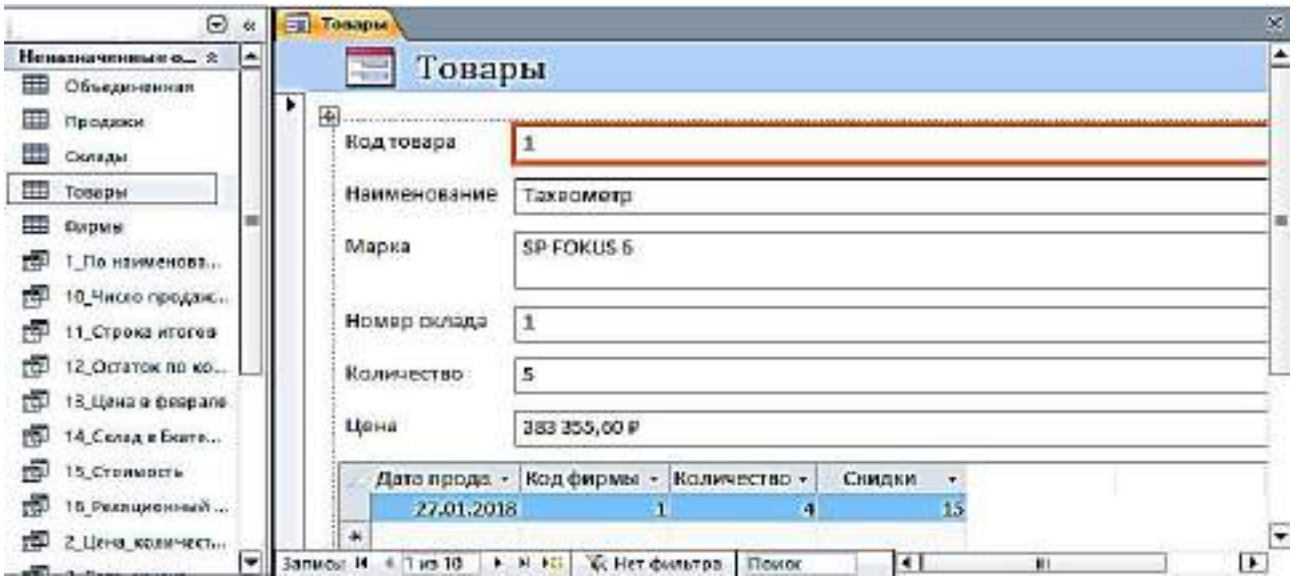


Рис. 4.2. Форма, полученная по команде **Форма**, для работы с таблицей «**Товары**»

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).

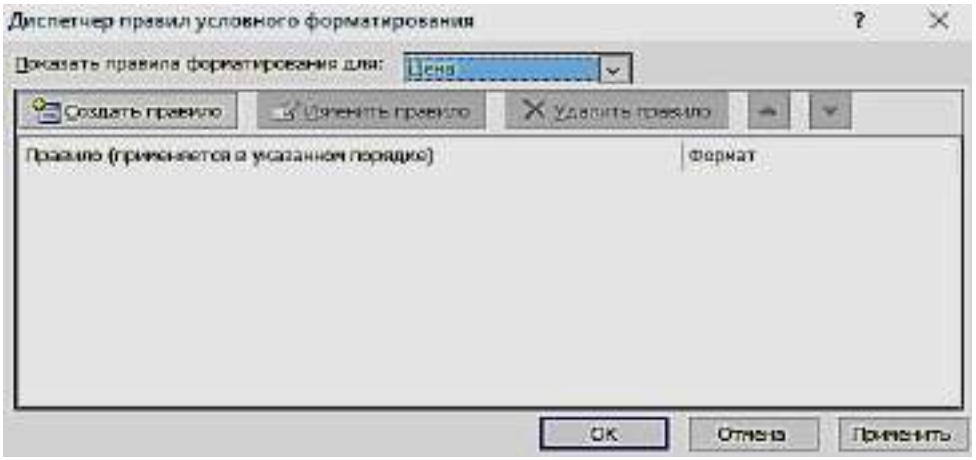


Рис. 4.3. Окно с пустым списком правил форматирования

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).

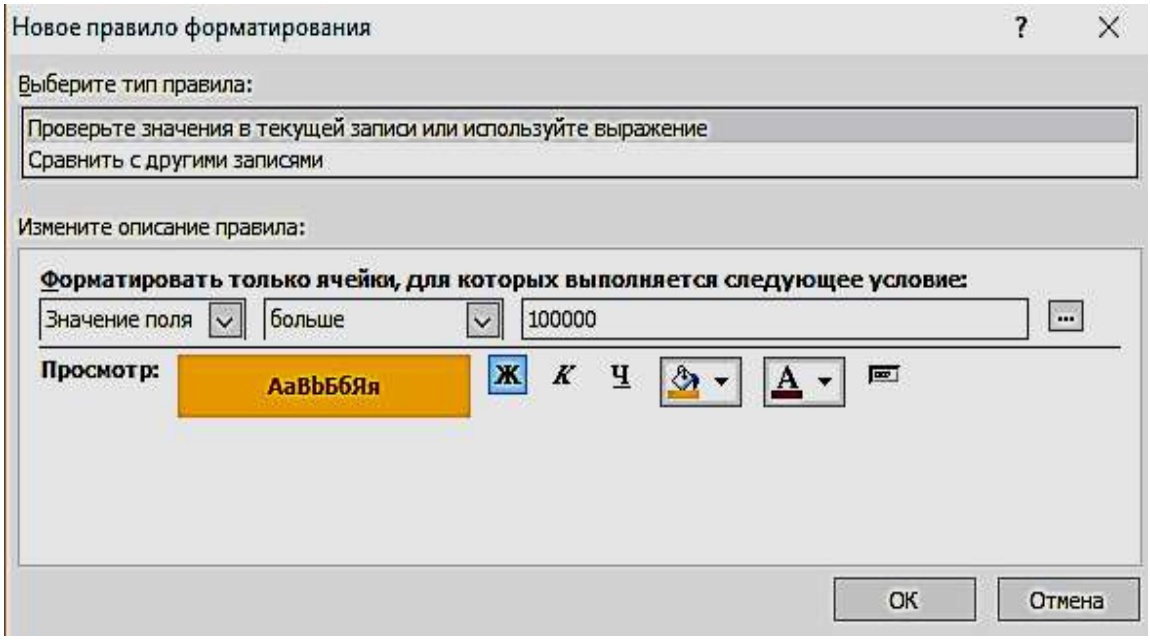


Рис. 4.4. Окно определения условий форматирования

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).

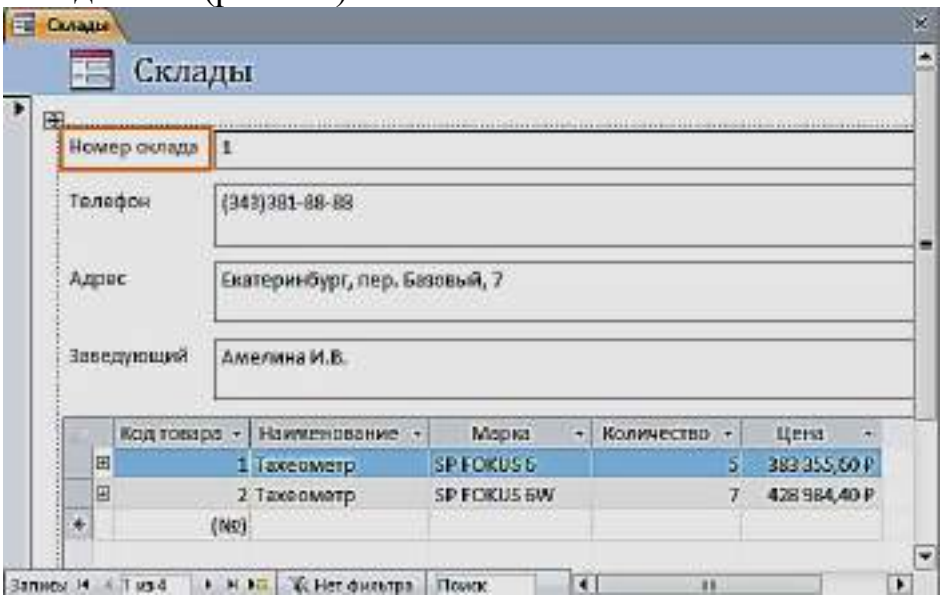


Рис. 4.5. Форма по таблице «**Склады**» с встроенной подчиненной «**Товары**»

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).

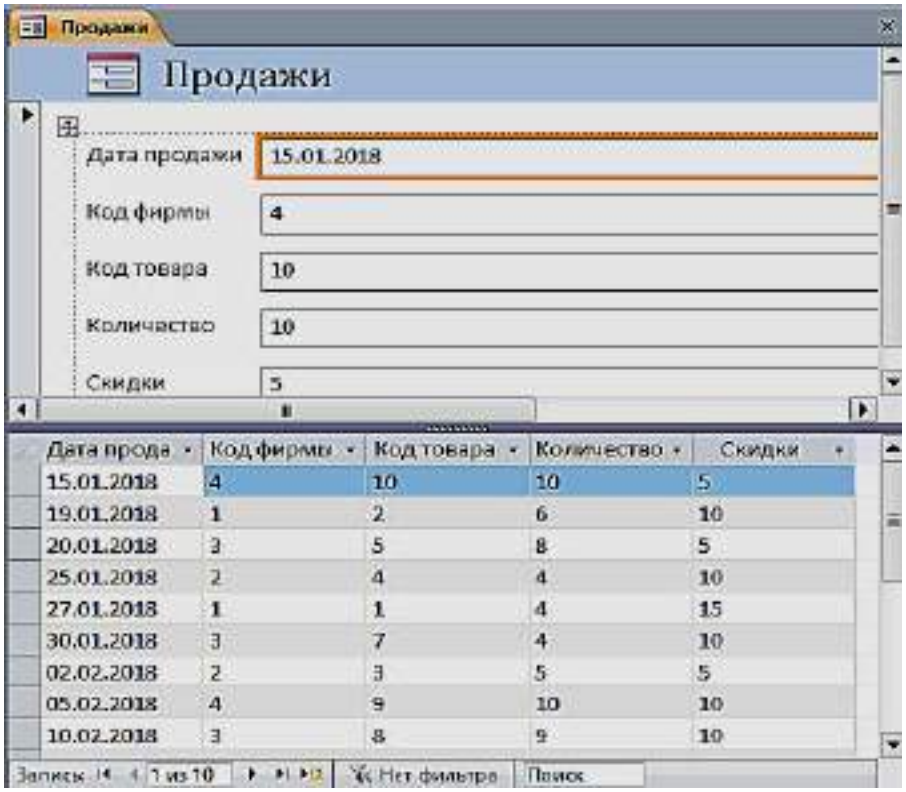


Рис. 4.6. Разделенная форма «**Продажи**»

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.

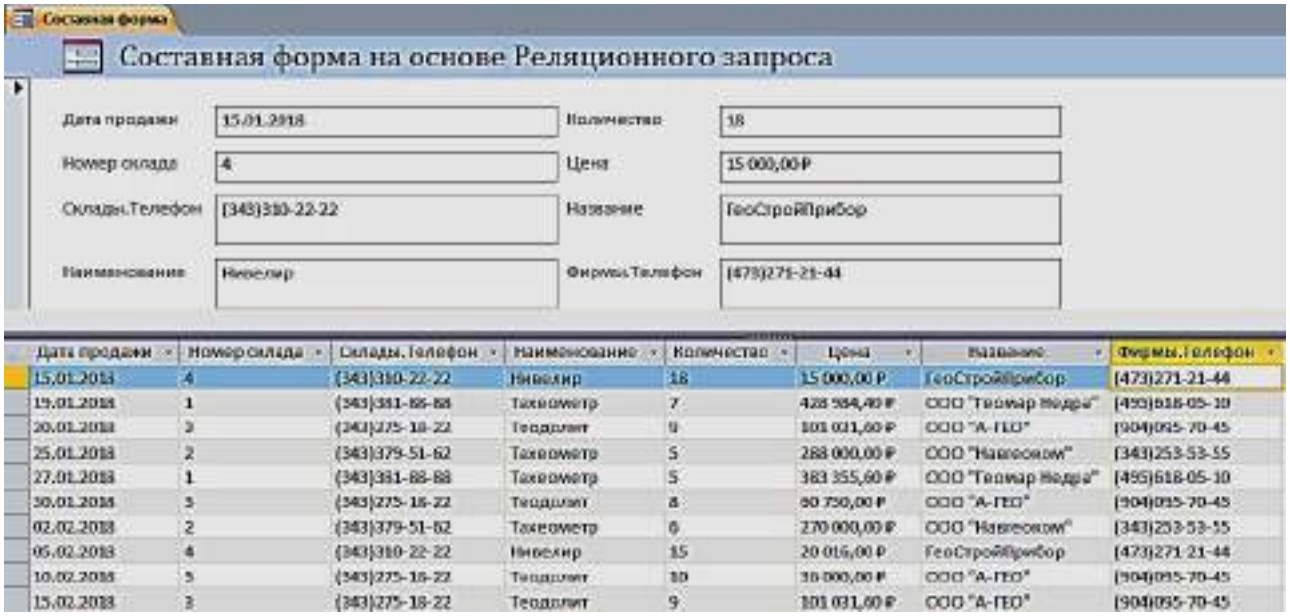


Рис. 4.7. Составная форма

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.

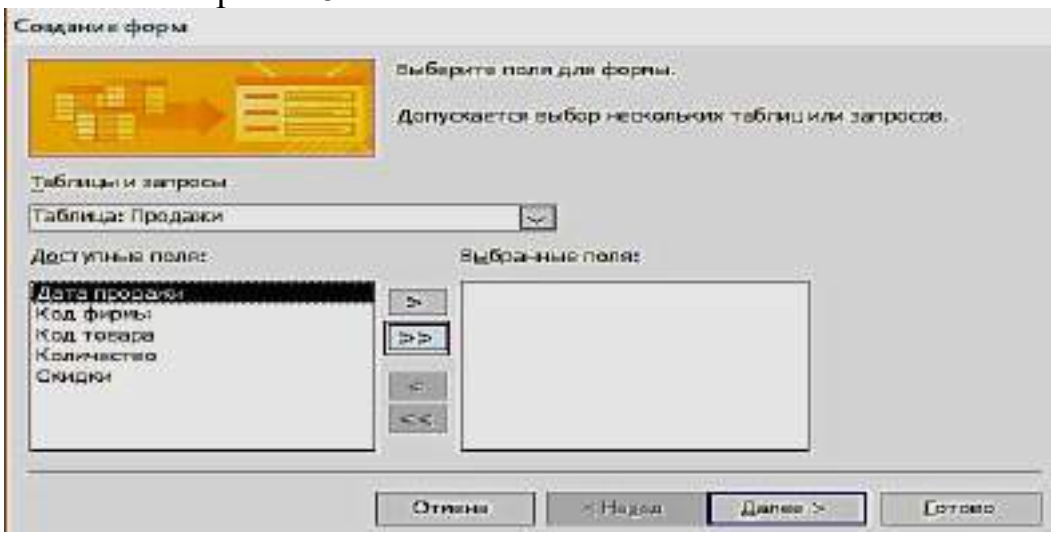


Рис. 4.8. Выбор таблиц и полей для создаваемой формы

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).

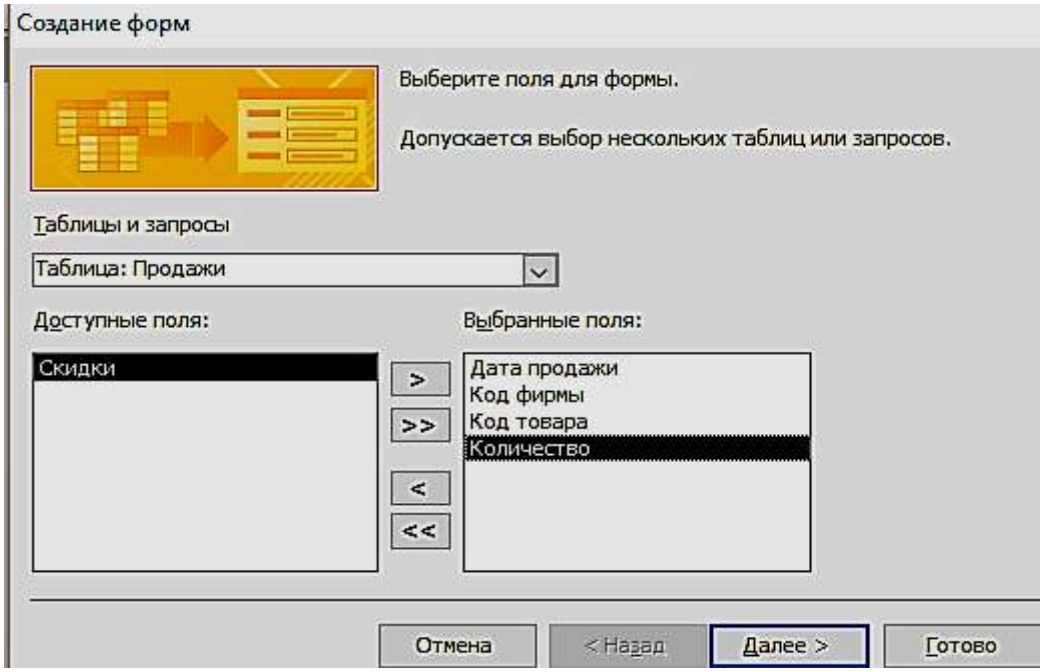


Рис. 4.9. Выбранные поля таблицы «**Продажи**» для создаваемой формы

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).

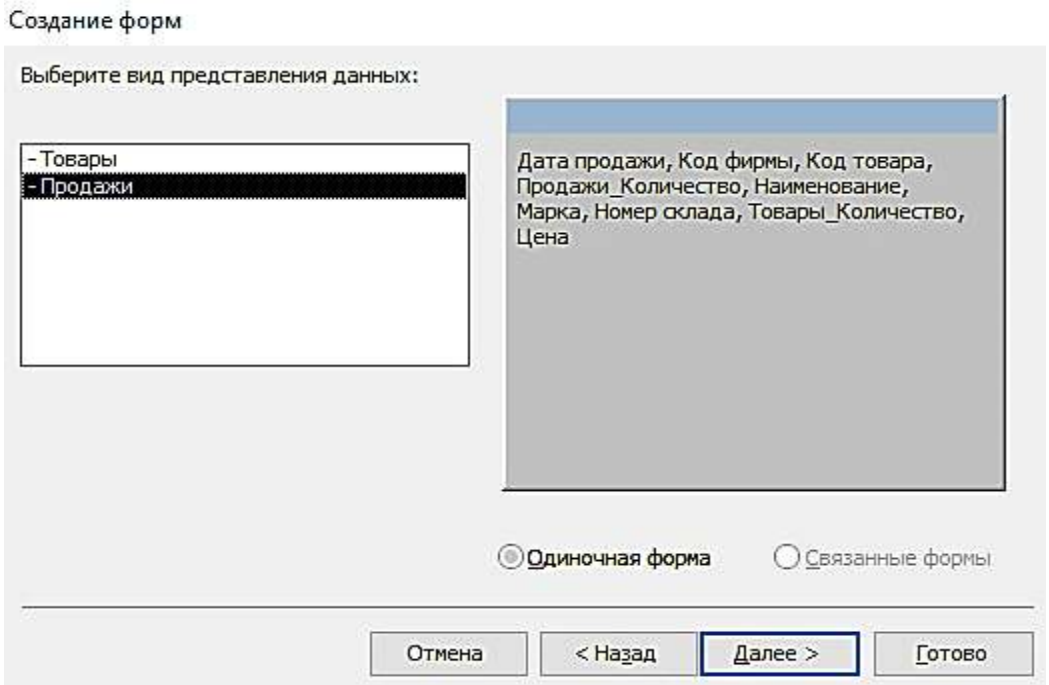


Рис. 4.10. Выбор вида представления данных

В следующем диалоговом окне предоставляется возможность выбрать внешний вид формы и нажать кнопку «**Готово**» (рис. 4.11).

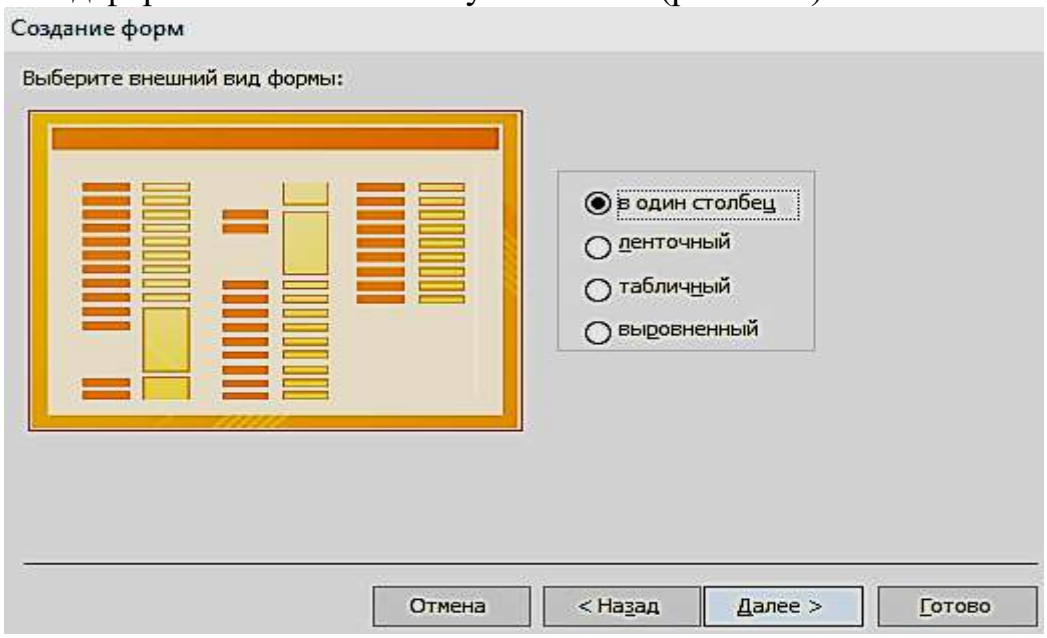


Рис. 4.11. Выбор вида формы в один столбец

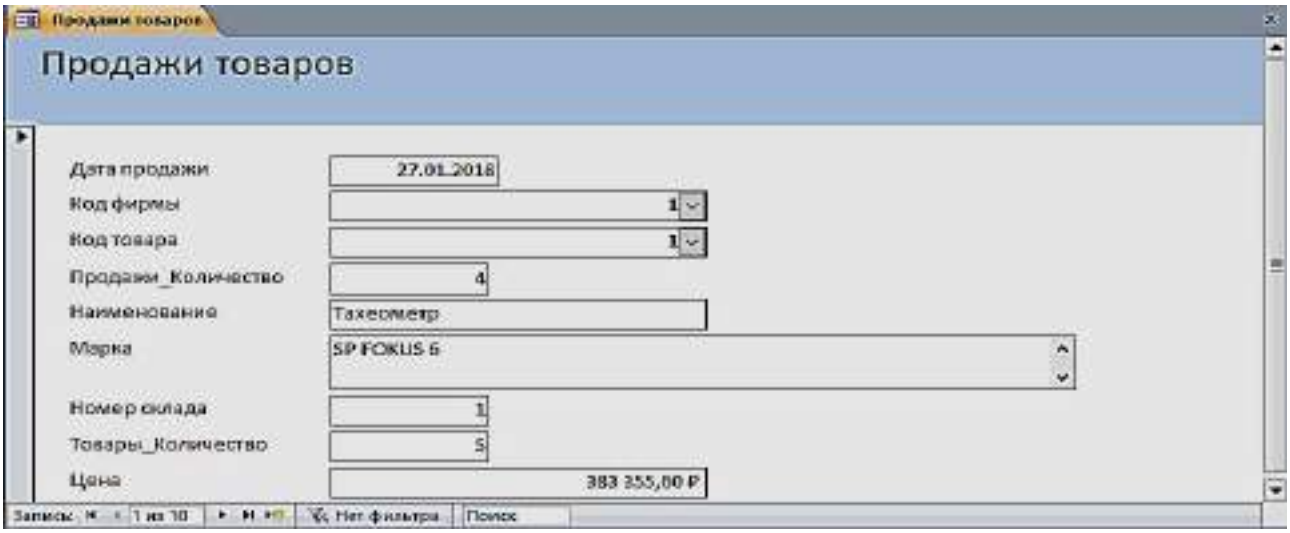


Рис. 4.12. Форма, открытая для просмотра, корректировки и ввода данных

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.

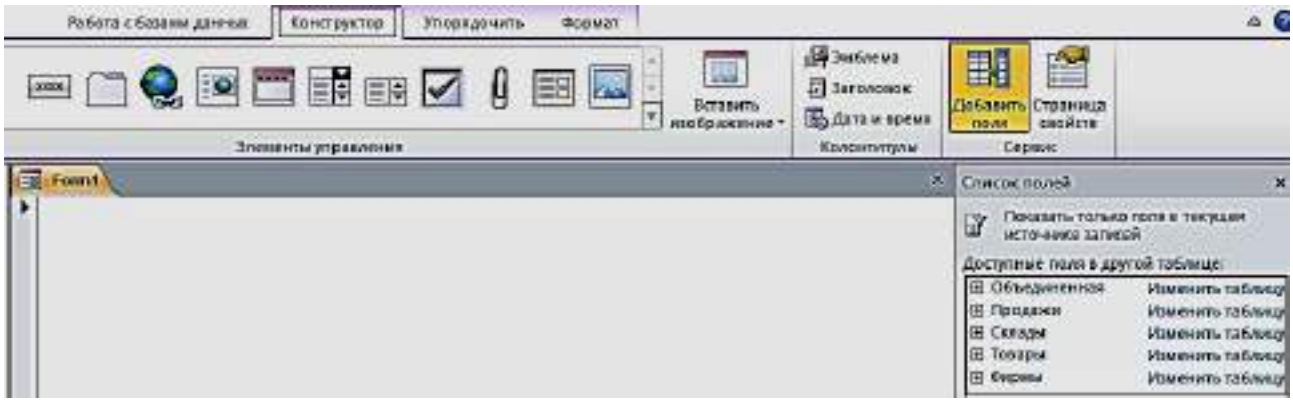


Рис. 4.13. Область **Список полей** при создании одиночной формы

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».

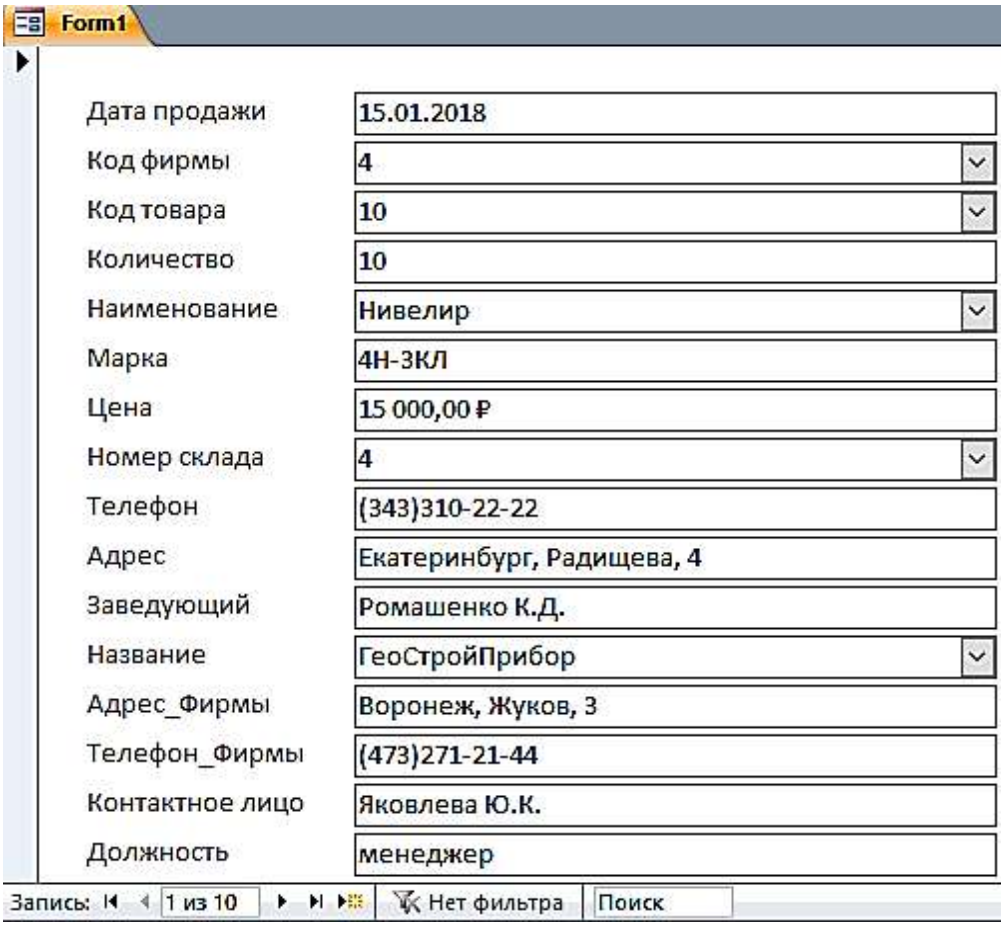
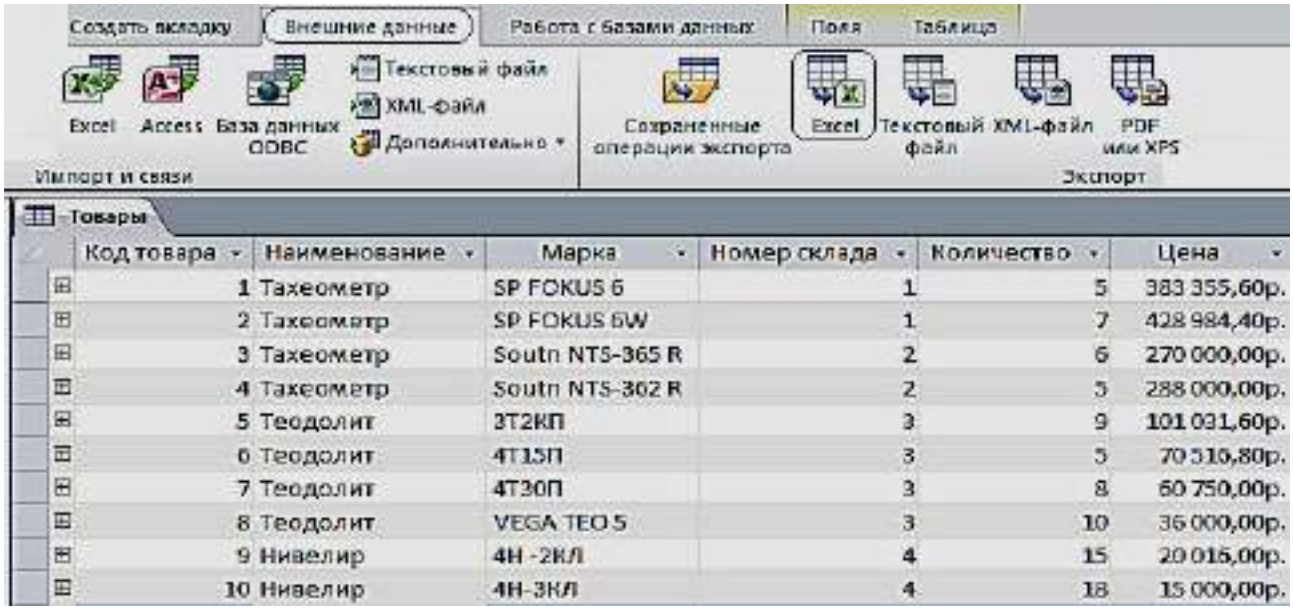


Рис. 4.14. Форма «**Общие данные**», созданная с помощью инструмента **Пустая форма**

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).



Товары

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).

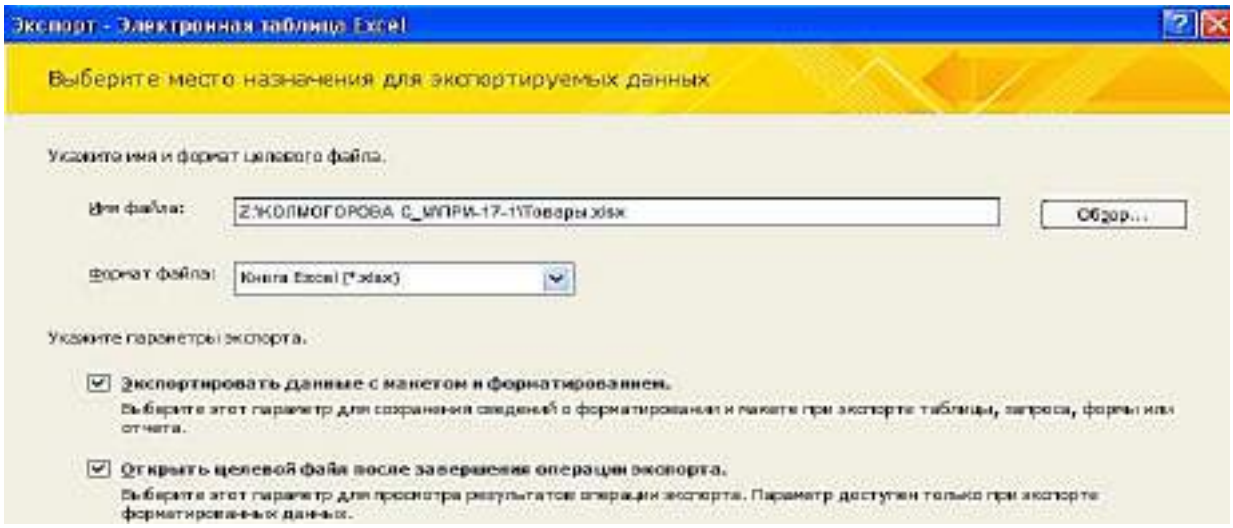


Рис. 4.16. Окно выбора места назначения для экспорта таблицы «**Товары**»

	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).

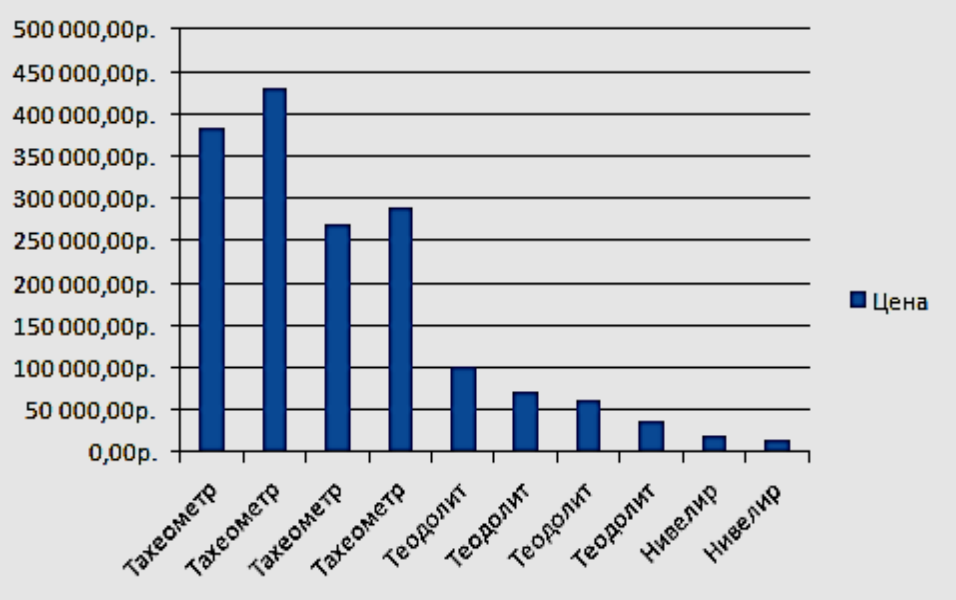


Рис. 4.18. Гистограмма, соответствующая таблице «**Товары**»

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).

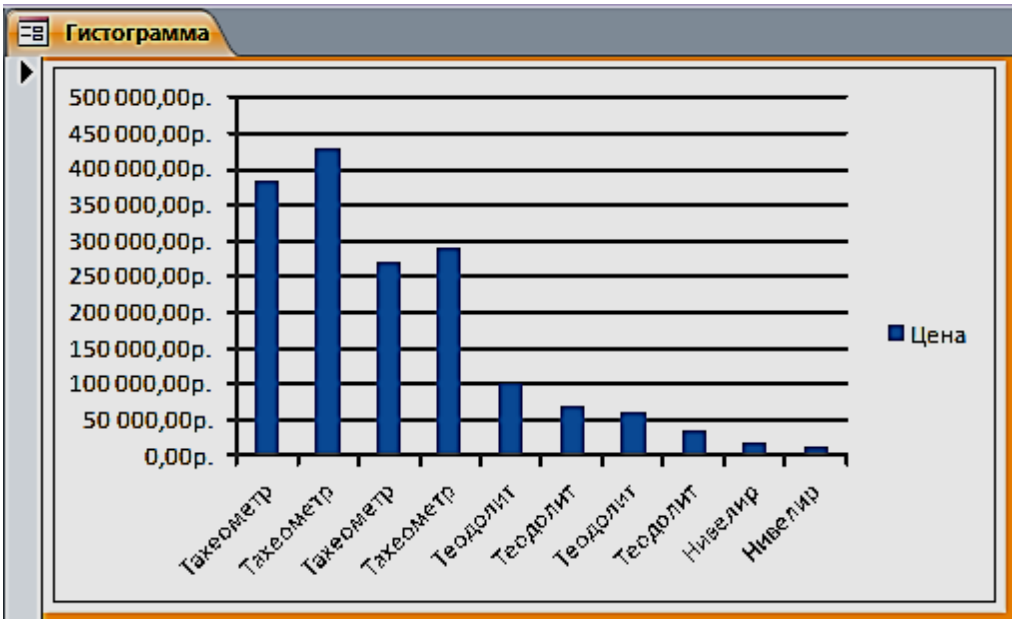


Рис. 4.19. Форма «Гистограмма»

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**».

ЛАБОРАТОРНАЯ 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.

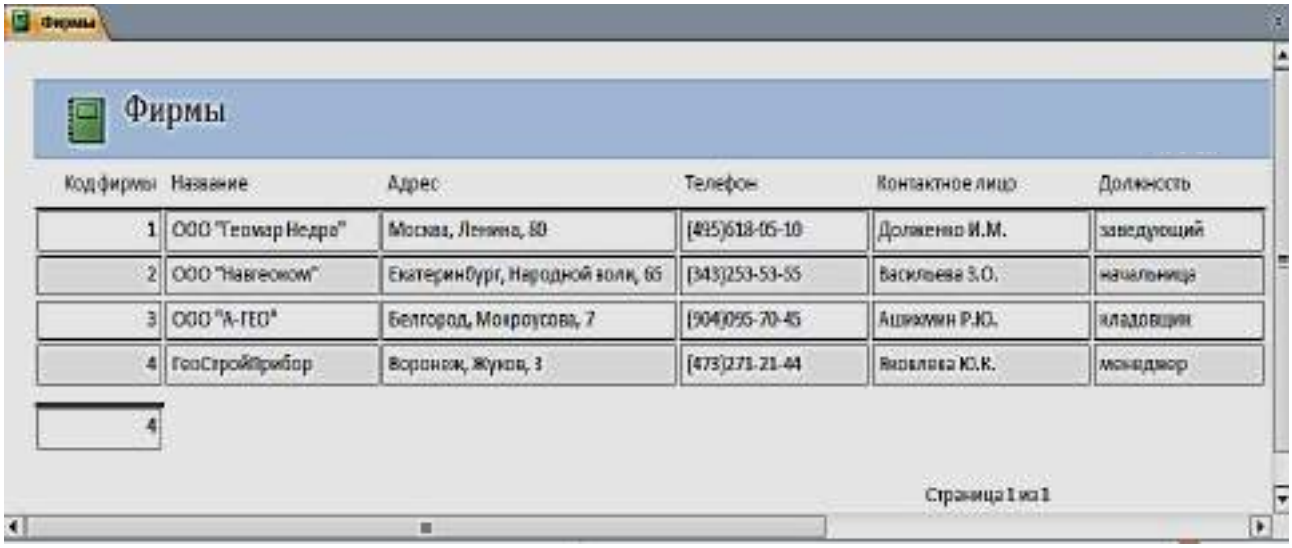


Рис. 5.1. Отчет в режиме «**Макета**»

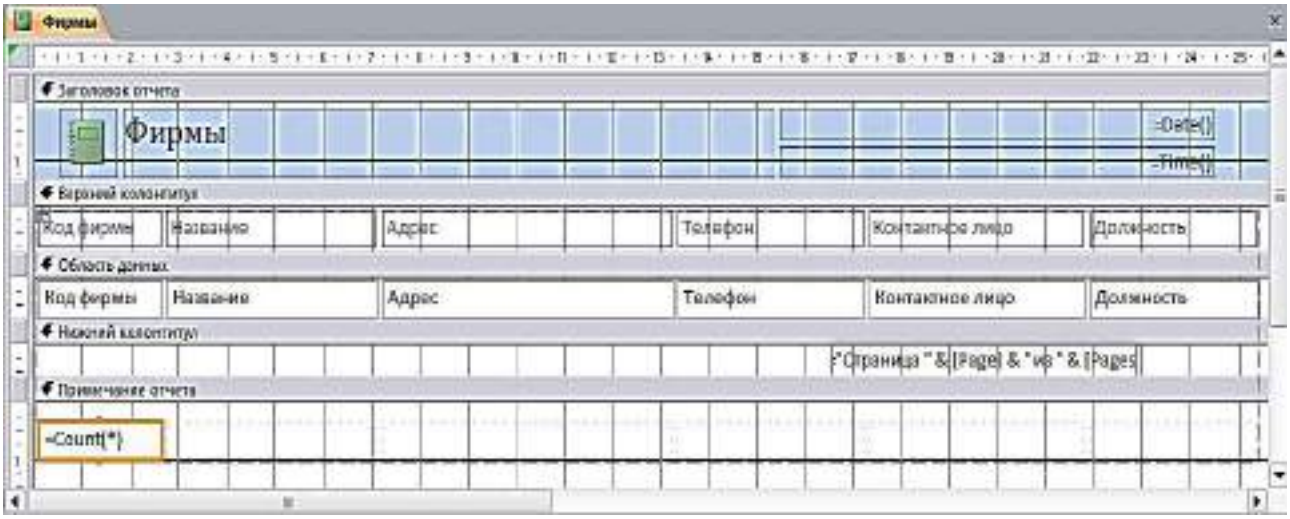


Рис. 5.2. Разделы однотабличного отчета в режиме Конструктора

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).

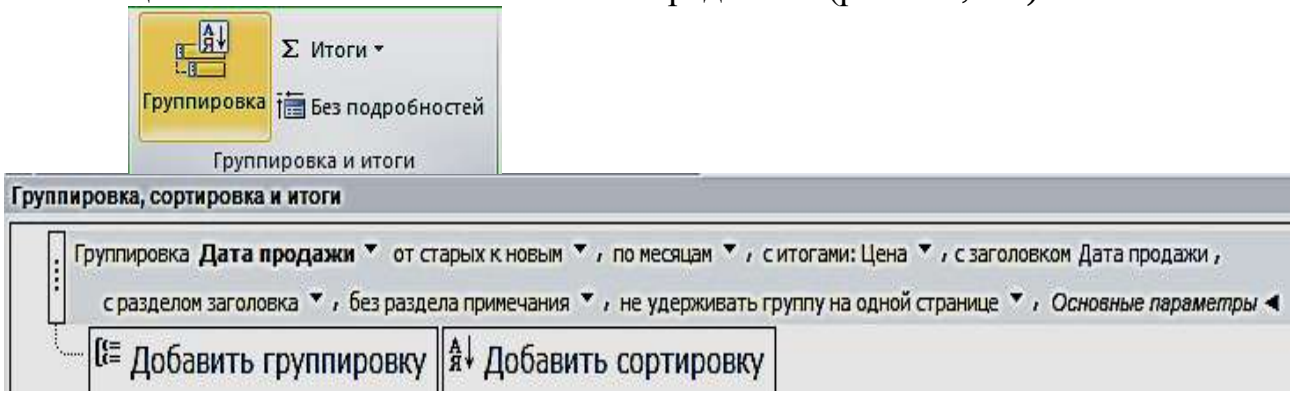
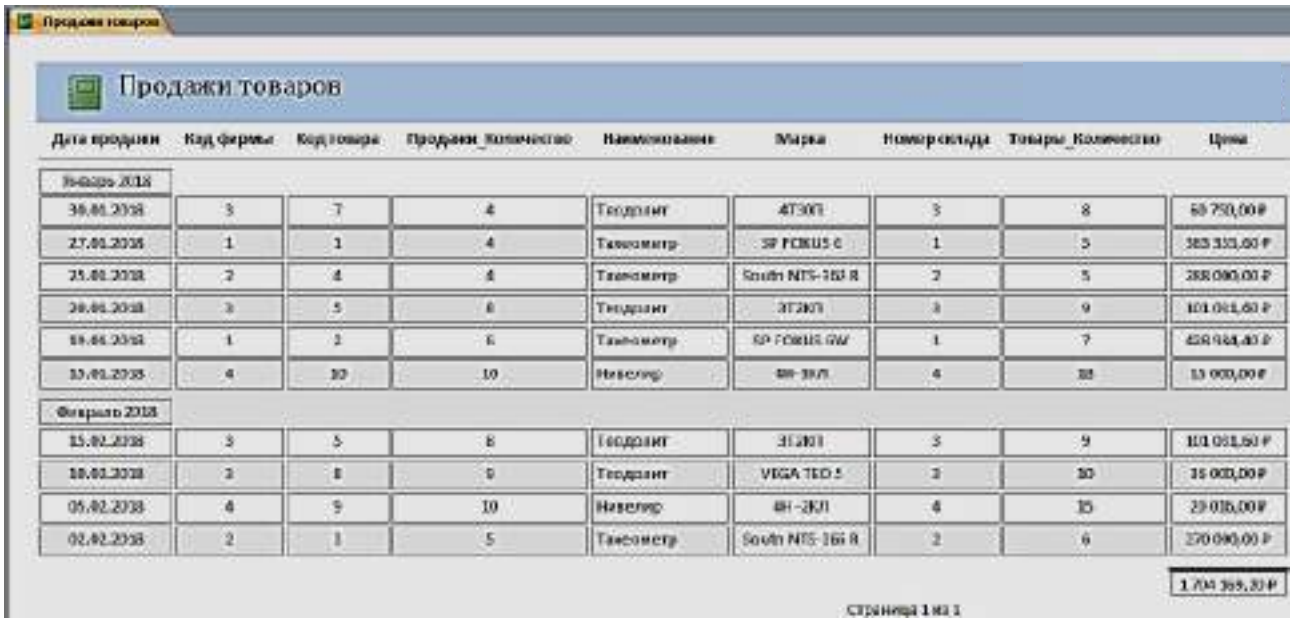


Рис. 5.4. Выбор для поля с датой группировки по месяцам



Продажи товаров

Дата продажи	Код фирмы	Код товара	Продажи_Количество	Наименование	Марка	Номер склада	Товары_Количество	Цена
Январь 2018								
30.01.2018	3	7	4	Теодолит	4T30П	3	8	60 750,00 ₽
27.01.2018	1	1	4	Тахеометр	SP FOCUS 6	1	5	383 835,60 ₽
25.01.2018	2	4	8	Тахеометр	South NTS-362 R	2	5	288 000,00 ₽
20.01.2018	3	5	8	Теодолит	3T30П	3	9	101 031,60 ₽
19.01.2018	1	1	6	Тахеометр	SP FOCUS 6W	1	7	428 984,40 ₽
15.01.2018	4	10	10	Нивелир	8H-2KП	4	15	15 000,00 ₽
Февраль 2018								
15.02.2018	3	5	8	Теодолит	3T30П	3	9	101 031,60 ₽
10.02.2018	3	8	9	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	15 000,00 ₽
05.02.2018	4	9	10	Нивелир	8H-2KП	4	15	23 010,00 ₽
02.02.2018	2	1	5	Тахеометр	South NTS-362 R	2	6	270 000,00 ₽
								1 704 369,20 ₽

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	4732712344	15.01.2018	Нивелир	18	15 000,00 ₽	4	3433102122
	ООО "Геомир Недра"	4556180510	19.01.2018	Тахеометр	7	428 984,40 ₽	1	3433818886
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	20.01.2018	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
	ООО "Навигация"	3432535355	25.01.2018	Тахеометр	5	288 000,00 ₽	2	3433795162
	ООО "Геомир Недра"	4556180510	27.01.2018	Тахеометр	5	383 835,60 ₽	1	3433818886
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	30.01.2018	Теодолит	8	60 750,00 ₽	3	3432751822
Итоги для 'Дата продажи' = 30.01.2018 (6 записей)								
Сумма					51	1 277 121,60 ₽		
Февраль 2018								
	ООО "Навигация"	3432535355	02.02.2018	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	2	3433795162
	ГеоСтройПрибор	4732712344	05.02.2018	Нивелир	15	30 016,00 ₽	4	3433102122
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	10.02.2018	Теодолит	10	30 000,00 ₽	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

ЛАБОРАТОРНАЯ 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).

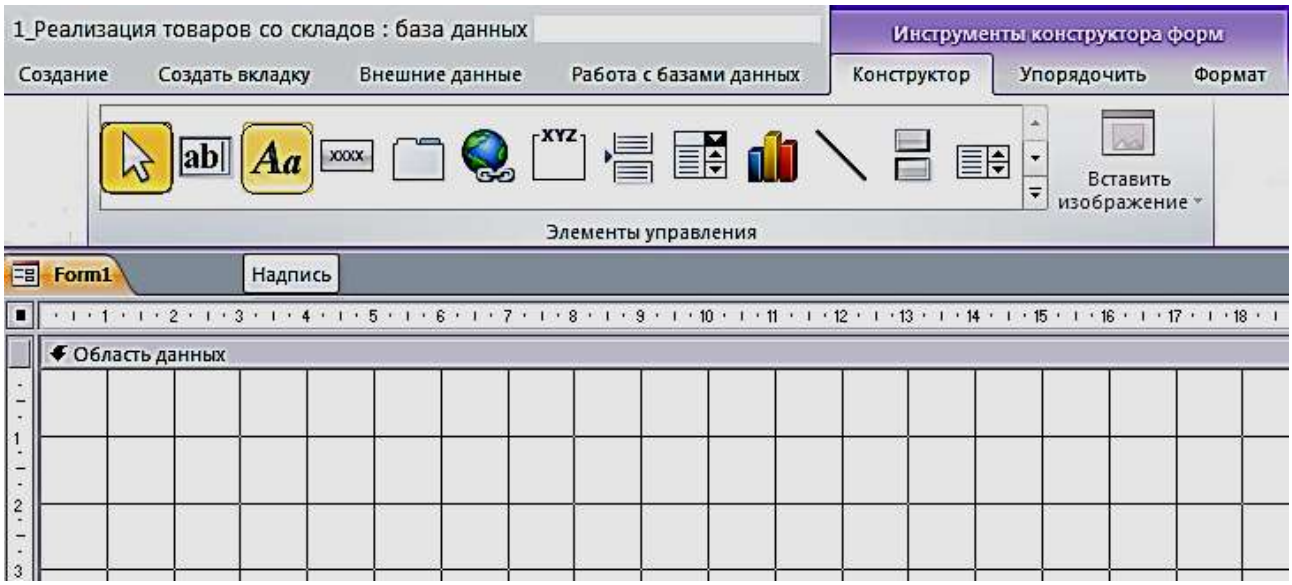


Рис. 6.1. Пустая форма в режиме «**Конструктор**» с элементами управления

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**».

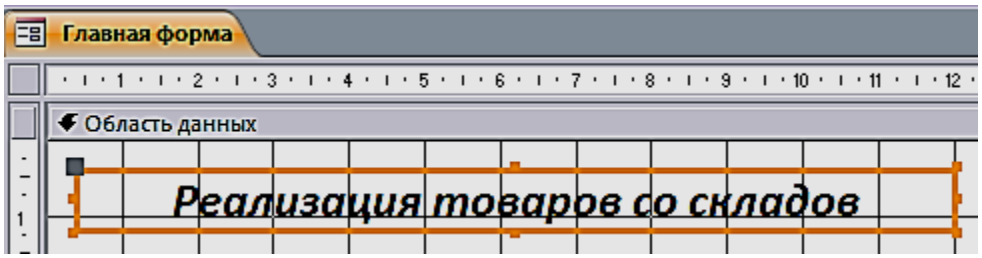


Рис. 6.2. Использование элемента управления **Надпись**

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).

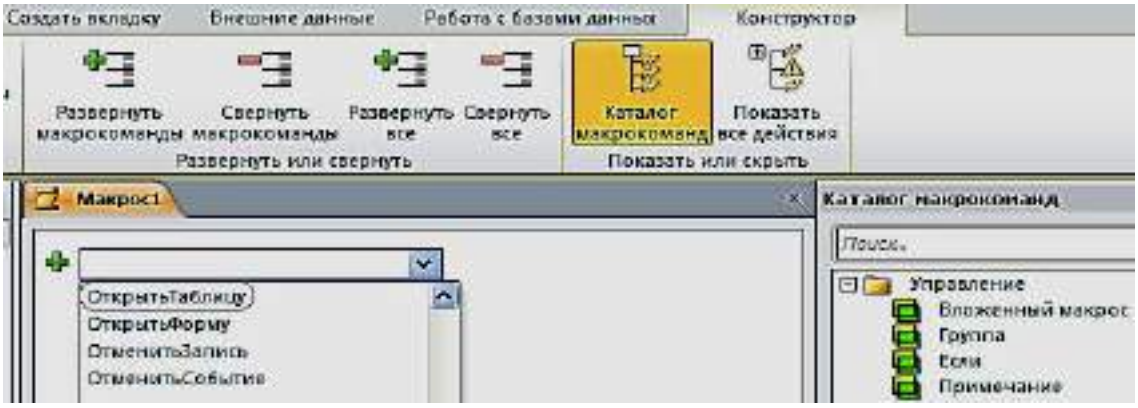


Рис. 6.3. Окно конструирования макроса с Каталогом макрокоманд

3. Создадим первый макрос **Таблицы**, при выполнении которого откроются четыре таблицы: «Продажи», «Склады», «Товары» и «Фирмы». Сохраним его под именем **Таблицы** (рис. 6.4).

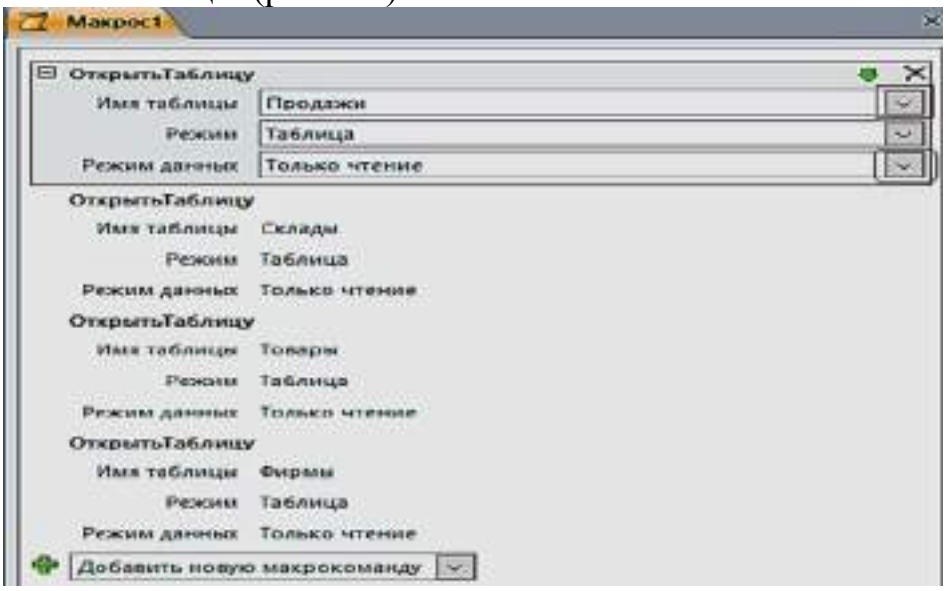


Рис. 6.4. Блок конструирования Макроса «**Таблицы**»

4. Создадим второй макрос, при выполнении которого откроется отчет «Продажи товаров» (рис. 6.5). Сохраним его под именем **Отчет**.

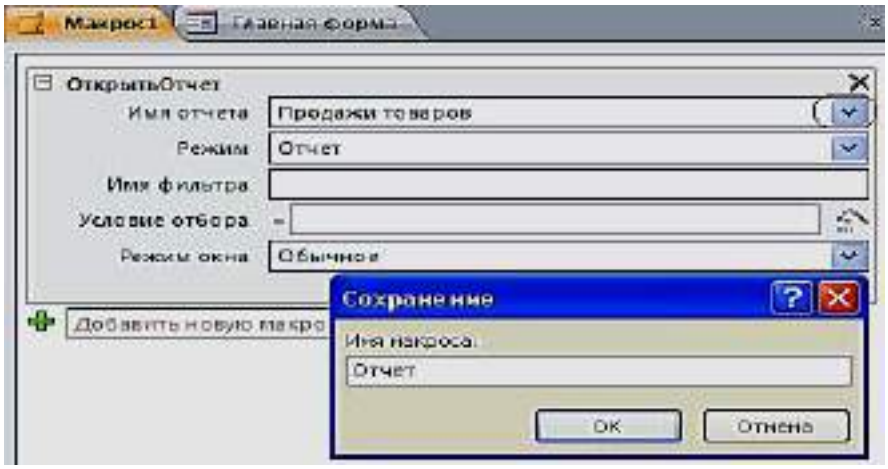


Рис. 6.5. Создание макроса **ОткрытьОтчет**

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).

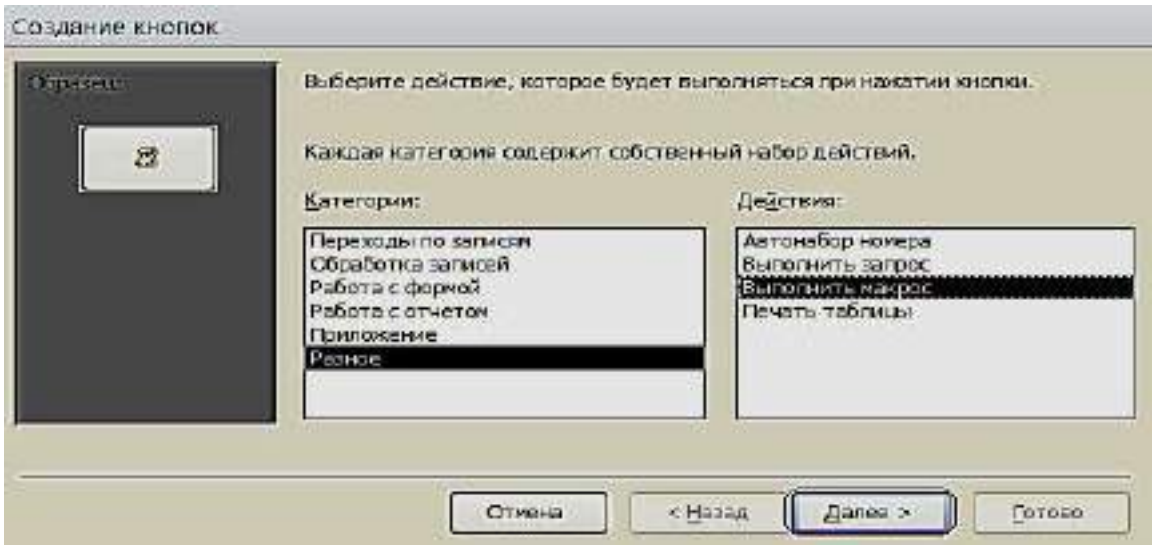


Рис. 6.7. Окно создания кнопок при работе с **Макросами**

2. Выберем соответствующий макрос (рис. 6.8). Разместим текст на кнопке.

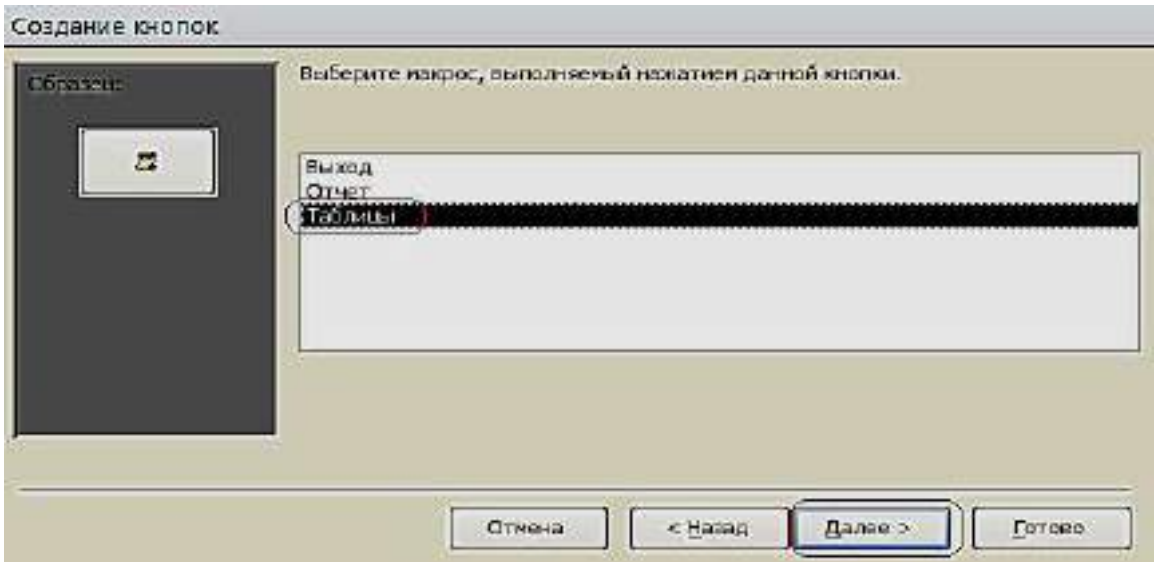


Рис. 6.8. Окно выбора макроса

3. В тексте напишем название **Таблицы** и выполним действия, указанные по кнопке **Далее** (рис. 6.9).

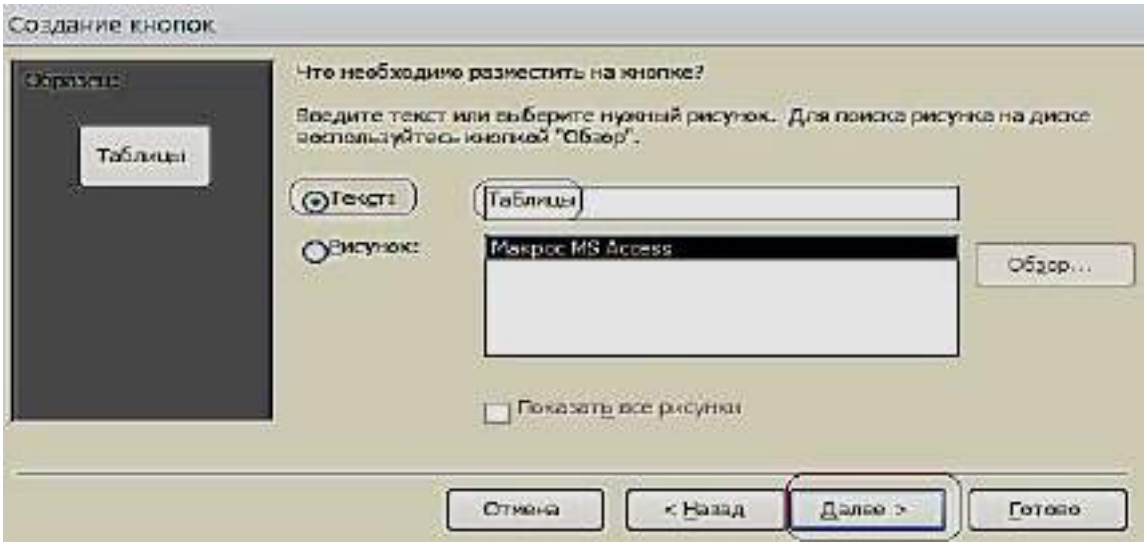


Рис. 6.9. Размещение текста на кнопке

4. Таким образом, создадим все кнопки, которые будут открываться с помощью макросов (рис. 6.10).

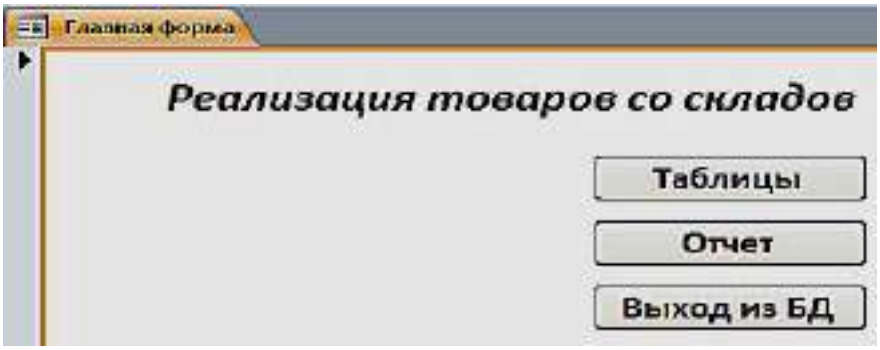


Рис. 6.10. Главная форма в режиме Макета

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).

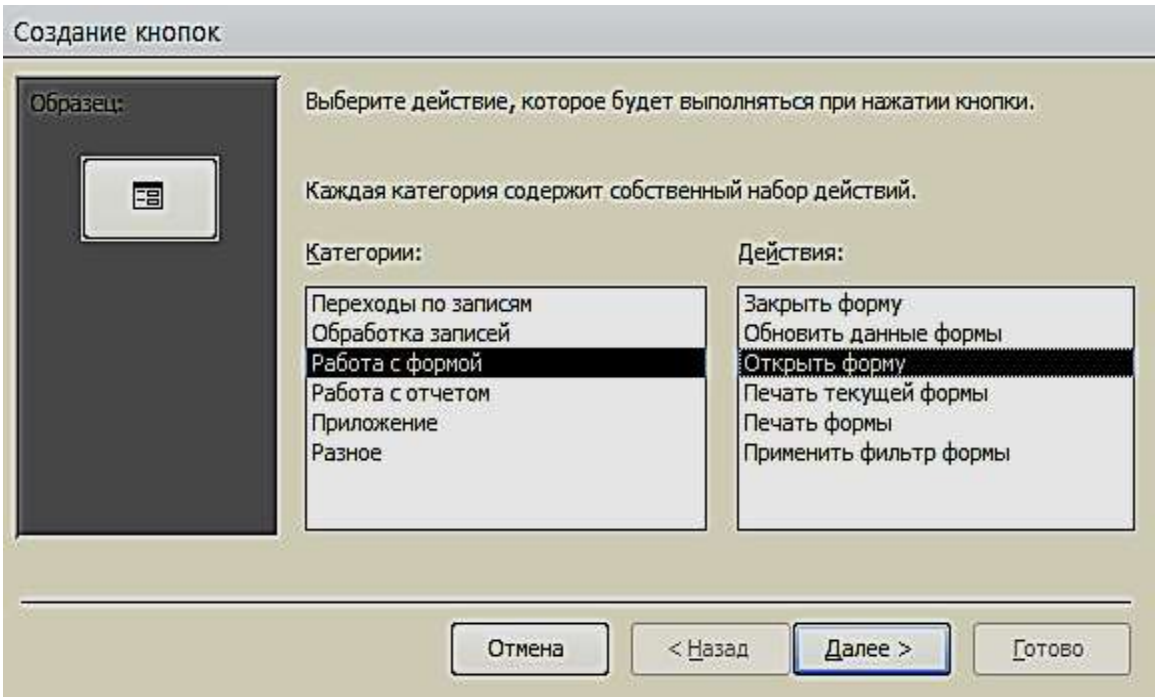


Рис. 6.11. Окно создания кнопок при работе с формами

6. Выберем соответствующую форму (рис. 6.12).

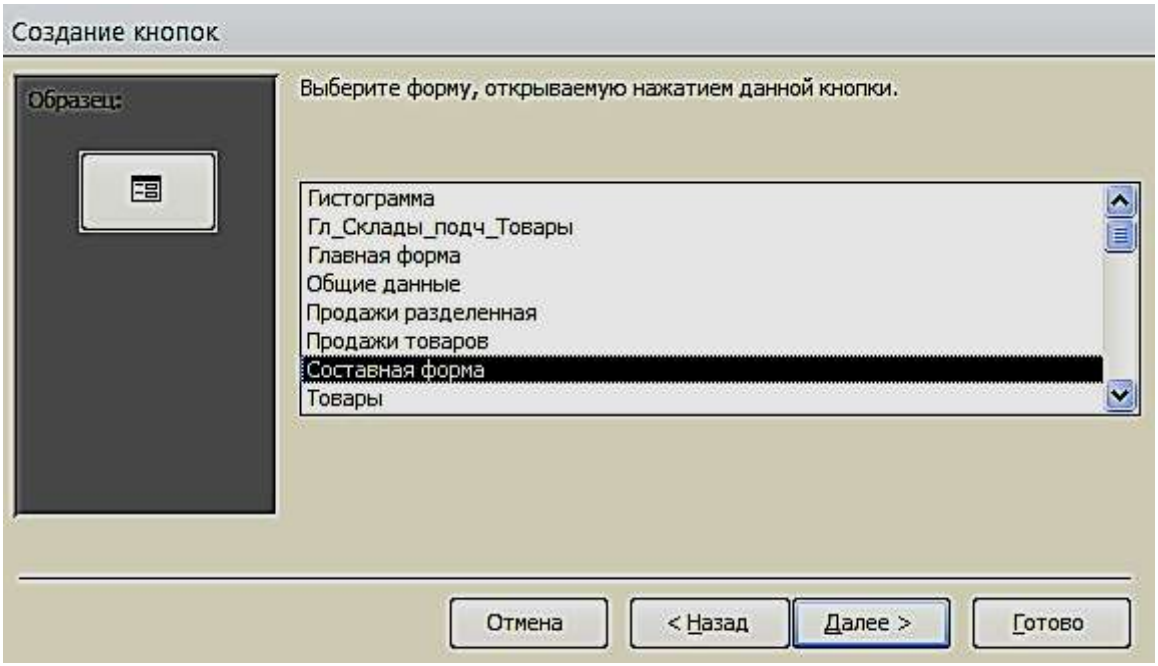


Рис. 6.12. Окно выбора формы

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.

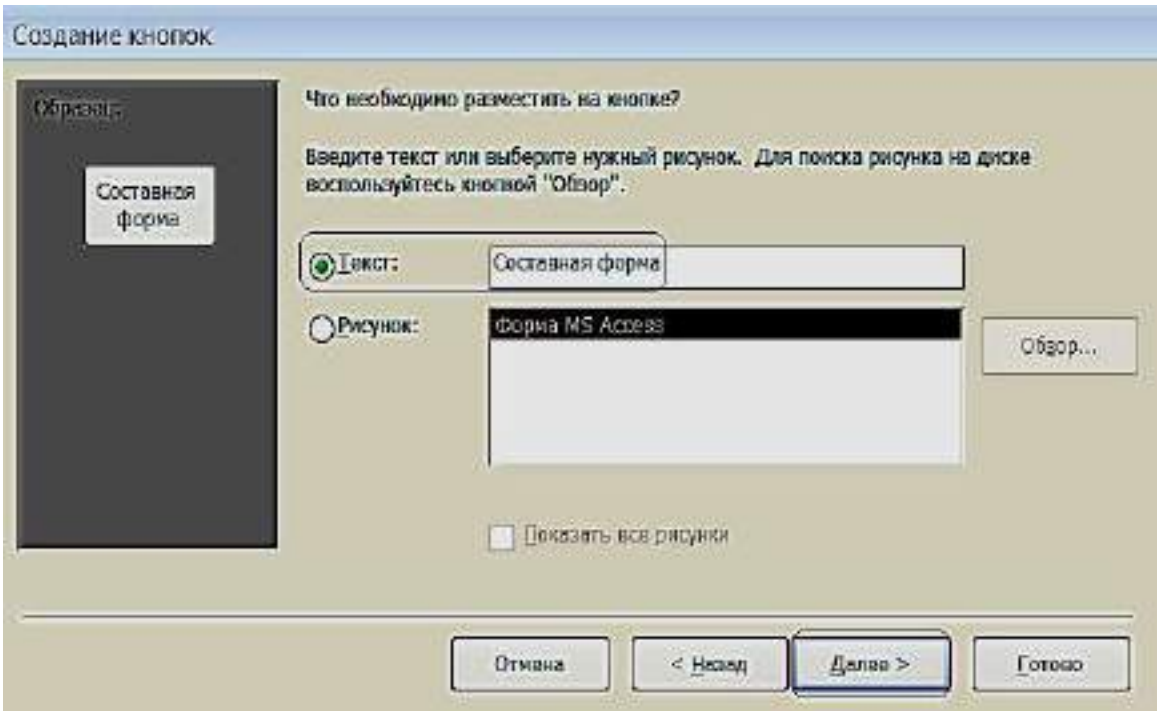


Рис. 6.13. Размещение текста на кнопке

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 заданного 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 заданной 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 город;
  - 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 команды, 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 средний балл всех слушателей заданной дисциплины. Если число их превысит заданное, то отобрать студентов, которые имеют более высокий средний балл успеваемости.

Вариант № 13

Исходные 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 пенсионного 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 заданном 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: М., 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=uCenTUX1QcQ

2. *Домострой А.* MS Access 2013. Таблицы. Урок 2. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=VDuyue8ra2Q

3. *Домострой А.* MS Access 2013. Запросы. Урок 3. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=nSIHUvfBy34

4. *Домострой А.* MS Access 2013. Формы. Урок 4. Режим доступа: https://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-1q4Q6NjY

6. *Домострой А.* MS Access 2013. Создание отчетов. Урок 6. Режим доступа: https://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=Ou0HJtzypOU

8. *Макарова Н. В.* Информатика: учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб: Питер, 2011. 576 с.: ил.

Учебное издание

Валентин Александрович Боровков
Светлана Михайловна Колмогорова

ИНФОРМАТИКА
БАЗА ДАННЫХ. ACCESS 2013

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 – «Горное дело»
очного и заочного обучения

Редактор В. В. Баклаева
Компьютерная верстка В. А. Боровкова

Подписано в печать
Бумага офсетная. Формат 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. Уч.-изд. л. Тираж 100. Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный

горный университет»

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» ***для студентов***
всех технологических специальностей
очного и заочного обучения

Екатеринбург – 2020

Министерство образования и науки РФ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный

горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Института мировой
экономики
«30» января 2020 г.
Председатель комиссии
_____ проф. Л. А. Мочалова

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2020

УДК 004.9 (072)

Б83

Рецензент: *С. Р. Маркс, канд. техн. наук, доцент* кафедры Информатики УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании
кафедры информатики «18 » января 2020 г.
(протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ

Боровков В. А., Колмогорова С. М.

Б83 ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL: учебно-методическое пособие по дисциплине «Информатика» для студентов всех технологических специальностей очного и заочного обучения /
В. А. Боровков, С. М. Колмогорова; Урал.гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 104 с.

В учебно-методическом пособии «ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL» приведены лабораторные работы, а также предложены вопросы для самоконтроля изучаемого материала. В конце учебно-методического пособия приведен список рекомендуемой литературы. Объем учебно-методического пособия 104 с. текста.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех технологических специальностей очного и заочного обучения, а также будет полезно др. специалистам, осваивающим работу с табличным процессором excel 2016.

© Боровков В. А., Колмогорова С. М., 2020

© Уральский государственный горный университет, 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ ... 4
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ... 5
ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ EXCEL ... 6
Интерфейс Excel 2016 ... 6
СОЗДАНИЕ РАБОЧЕЙ ТАБЛИЦЫ ... 11
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ... 19
Лабораторная работа № 1. «Создание таблиц, автозаполнение, использование простых формул» ... 19
Лабораторная работа № 2. «Ввод данных и формул, форматирование, построение диаграмм» ... 22
Лабораторная работа № 3. «Знакомство с абсолютной ссылкой, сортировка, фильтрация» ... 27
Лабораторная работа № 4. «Функция ЕСЛИ, промежуточный итог, сводная таблица и абсолютная ссылка» ... 33
Лабораторная работа № 5. «Функции даты и времени» ... 43
Лабораторная работа № 6. «Использование функций СЧЕТЕСЛИ(), СУММЕСЛИ()» ... 51
Лабораторная работа № 7. «Использование встроенных функций» ... 56
Лабораторная работа № 8. «Знакомство с текстовыми функциями» ... 59
Лабораторная работа № 9. «Смешанные ссылки» ... 64
Лабораторная работа № 10. «Промежуточные итоги, сводная таблица и условное форматирование» ... 69
Самостоятельные задания ... 77
Контрольные вопросы и задания ... 94
Тест на знание Excel с ответами ... 95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ... 102

ВВЕДЕНИЕ

Изучение табличного процессора Excel, входящего в состав пакета программ Microsoft Office Office, является обязательным элементом при освоении курса информатики.

Табличный процессор Microsoft Excel предназначен для обработки данных, представленных преимущественно в виде таблиц. Использование электронных таблиц упрощает работу с данными и дает возможность работать без вычисления расчетов вручную или с использованием программирования.

Поэтому учебно-методическое пособие по изучению курса информатики с использованием табличного процессора Excel соответствует изучению курса информатики по Государственному образовательному стандарту (ГОС) и предназначено для студентов всех технологических специальностей очного и заочного обучения.

В учебно-методическом пособии материал представлен в виде 10 лабораторных работ, 10 самостоятельных работ и 60 контрольных вопросов, позволяющих усвоить работу табличного процессора Excel.

Лабораторные работы состоят из следующих заданий:

- Лабораторная работа № 1. «Создание таблиц, автозаполнение, использование простых формул».
- Лабораторная работа № 2. «Ввод данных и формул, форматирование, построение диаграмм».
- Лабораторная работа № 3. «Знакомство с абсолютной ссылкой, сортировка, фильтрация».
- Лабораторная работа № 4. «Функция ЕСЛИ, промежуточный итог, сводная таблица и абсолютная ссылка».
- Лабораторная работа № 5. «Функции даты и времени»;
- Лабораторная работа № 6. «Использование функций СЧЕТЕСЛИ(), СУММЕСЛИ».
- Лабораторная работа № 7. «Использование встроенных функций».
- Лабораторная работа № 8. «Знакомство с текстовыми функциями».
- Лабораторная работа № 9. «Смешанные ссылки».
- Лабораторная работа № 10. «Промежуточные итоги, сводная таблица и условное форматирование».

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС) студентам очного и заочного обучения по всем технологическим специальностям необходимо уметь работать с использованием табличного процессора Excel и уметь им пользоваться при выполнении курсовых работ и дипломного проектирования.

«Информатика», как учебная дисциплина, дает комплекс знаний, умений и навыков в области информатики и базируется на знаниях, полученных студентами еще в школе при изучении учебной дисциплины «Информатика», и является фундаментом для успешного применения информационных технологий в процессе обучения и последующей профессиональной деятельности.

Базовые знания образуют основу дисциплины. С учетом того, что студенты имеют разный уровень подготовки, то для одних данный материал будет частично повторением школьного курса, поэтому изучение его необходимо ставить на более высокий уровень. Для других – это новый материал, и уже с самого начала необходима четкость в определении всех новых понятий дисциплины.

Технологическая часть дисциплины связана с практическим освоением ПК, приобретением умений и навыков работы в наиболее распространенных программных средах. Дисциплина ориентирована на изучение операционной системы Windows и пакета программ MS Office (в данном разделе это в основном табличный процессор Excel 2016).

В качестве основы для изучения курса следует взять приведенные примеры лабораторных работ и один из учебников. Не следует с первых шагов использовать несколько источников и пытаться ответить на все поставленные вопросы.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ EXCEL

Интерфейс Excel 2016

Загрузить Excel можно несколькими способами.

1. Если у Вас после установки программы на рабочем столе появился значок Excel, то на него ЛКМ (левой клавишей мыши) нажимаем 2 раза.

2. Заходим в меню *Пуск – Все программы – Microsoft Office – Microsoft Excel.* – ЛКМ нажимаем 1 раз.

3. На свободном месте рабочего стола кликнем ПКМ (правой клавишей мыши) 1 раз и в выпавшем диалоговом окне выбираем «Создать», затем из предлагаемого списка выберем «Лист Microsoft Excel» и 1 раз кликнем ЛКМ.

При запуске Excel появляется **Начальный экран**, при помощи которого можно создать новую рабочую книгу, выбрать шаблон или открыть одну из последних книг, рис. 1).

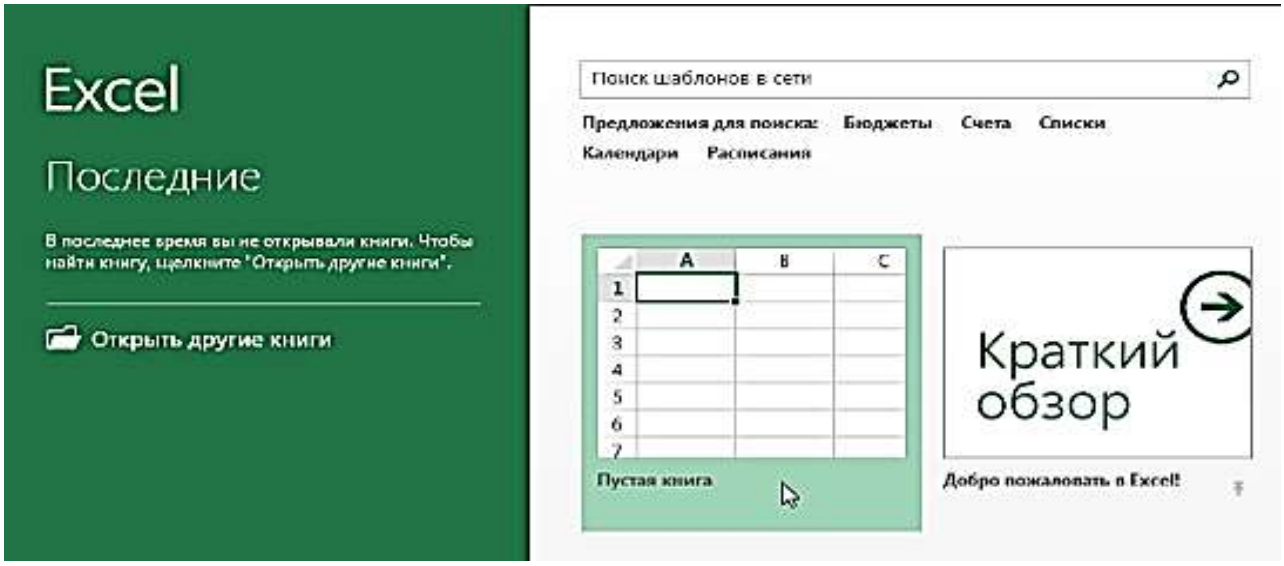


Рис. 1. Начальный экран

Интерфейс Excel 2016 включает в себя следующие элементы:

Заголовок документа – отображает название открытого файла. Если создан новый документ, в заголовке будет указано «**Книга1**», рис. 2.

Рис. 2. Заголовок документа

Лента (строка инструментов) – поле, на котором располагаются элементы управления, на ней собраны и логически структурированы все главные команды, которые будут использованы в работе, рис. 3.

Рис. 3. Поле с элементами управления

Группа команд – содержит блок различных команд. Для применения команды нажмите на необходимый ярлычок. Некоторые группы содержат стрелку в правом нижнем углу, нажав на которую можно увидеть еще большее число команд, рис. 4.

Рис. 4. Группы команд

Панель быстрого доступа, пользователь может сам формировать функции из предложенного списка, нажав на стрелку справа этой панели, рис. 5.

Настройка ленты. *Файл – Параметры – Настроить ленту* и в выпавшем окне вы можете сформировать отдельную вкладку или дополнить существующие дополнительными командами, выбрав нужную команду в левом столбце «часто используемые команды» и добавить в окно правого столбца «основные вкладки», рис. 6.

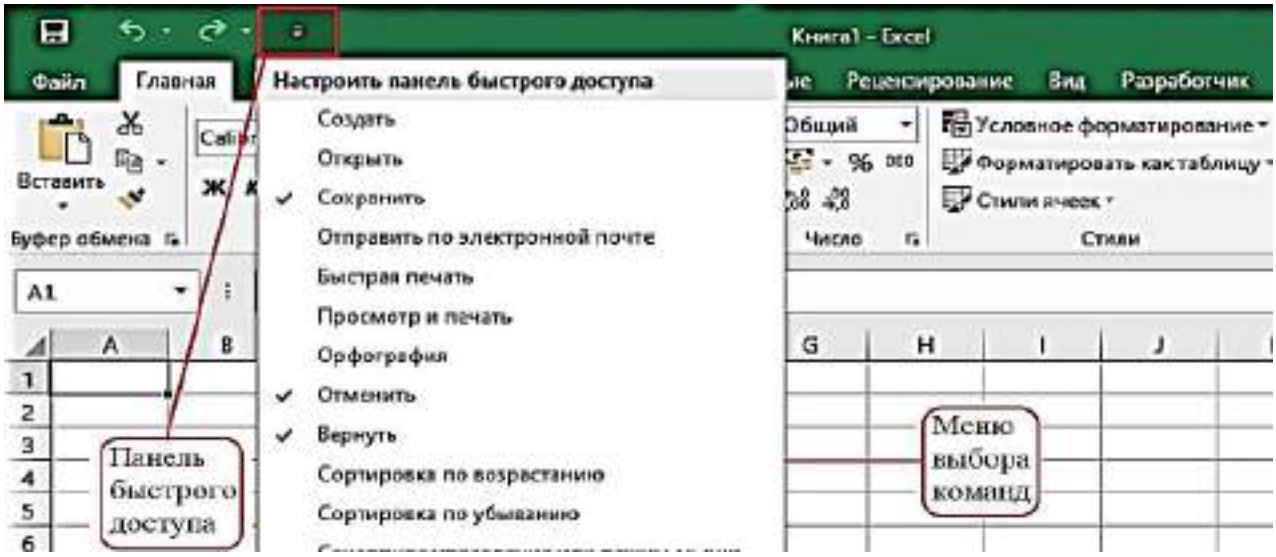


Рис. 5. Панель быстрого доступа

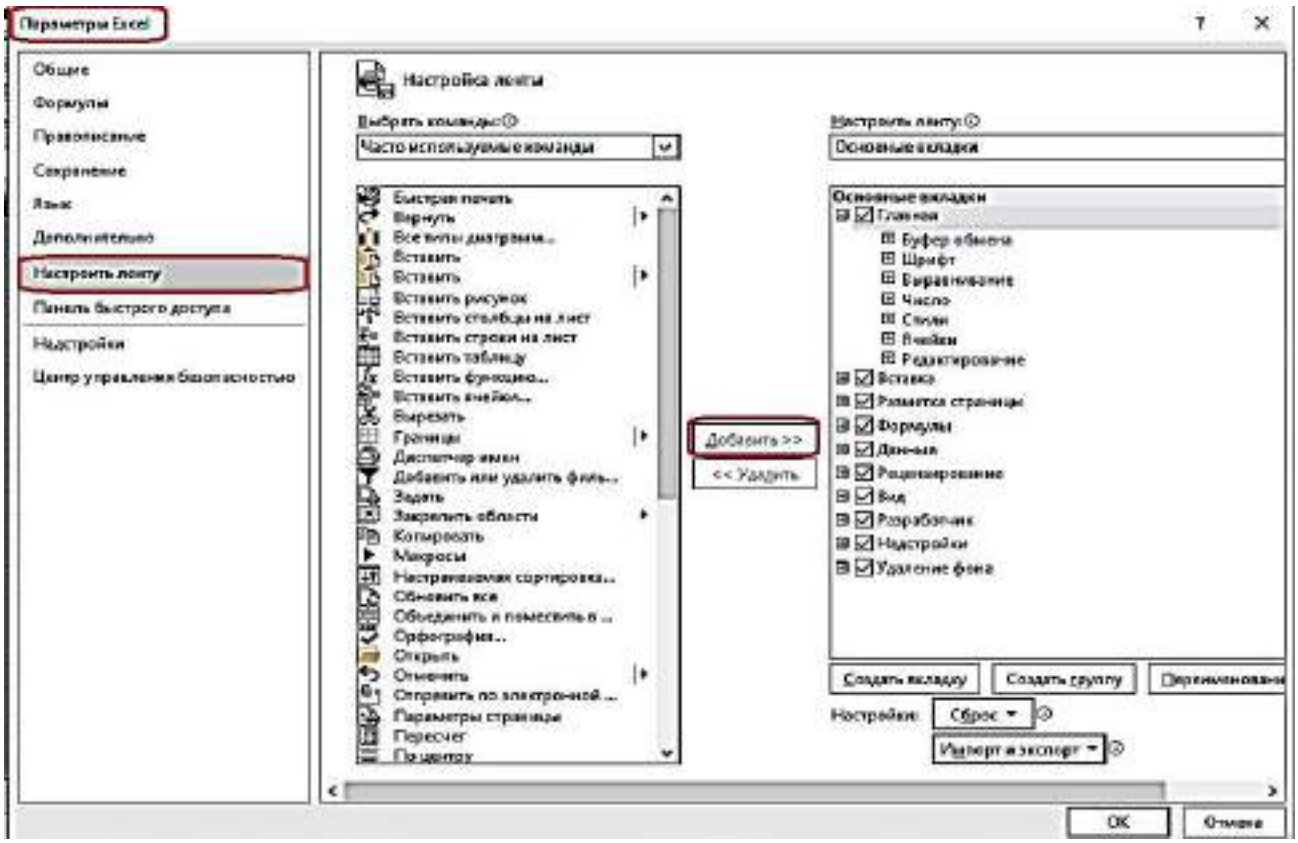


Рис. 6. Окно настройки ленты

Строка формул – отображение значений или формулы, расположена под лентой. Она состоит из трех частей, это адресное окно, окно управления формулами и окно содержания, в котором и отображается содержание активной ячейки, рис. 7.

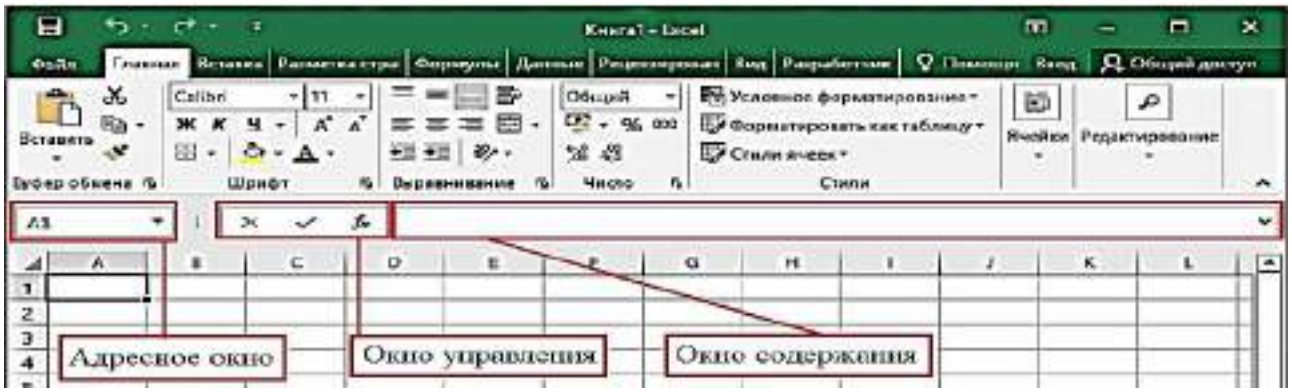


Рис. 7. Строка формул – Окно содержания

Рабочая область **окна** представляет собой совокупность ячеек большой таблицы и называется рабочим листом, рис. 8.

Рис. 8. Окно рабочей области

Панель закладок **рабочих листов**. Добавление листов возможно, нажатием на знак (+) справа, от уже созданного листа. Изменение названия листов, выполняется кликом ПКМ по закладке листа и в выпавшем окне выбираем «Переименовать», рис. 9.

Рис. 9. Окно закладок рабочих листов

Информационная строка состояния, на ней в реальном времени, можно получить информацию с выделенной области рабочего листа, рис. 10.

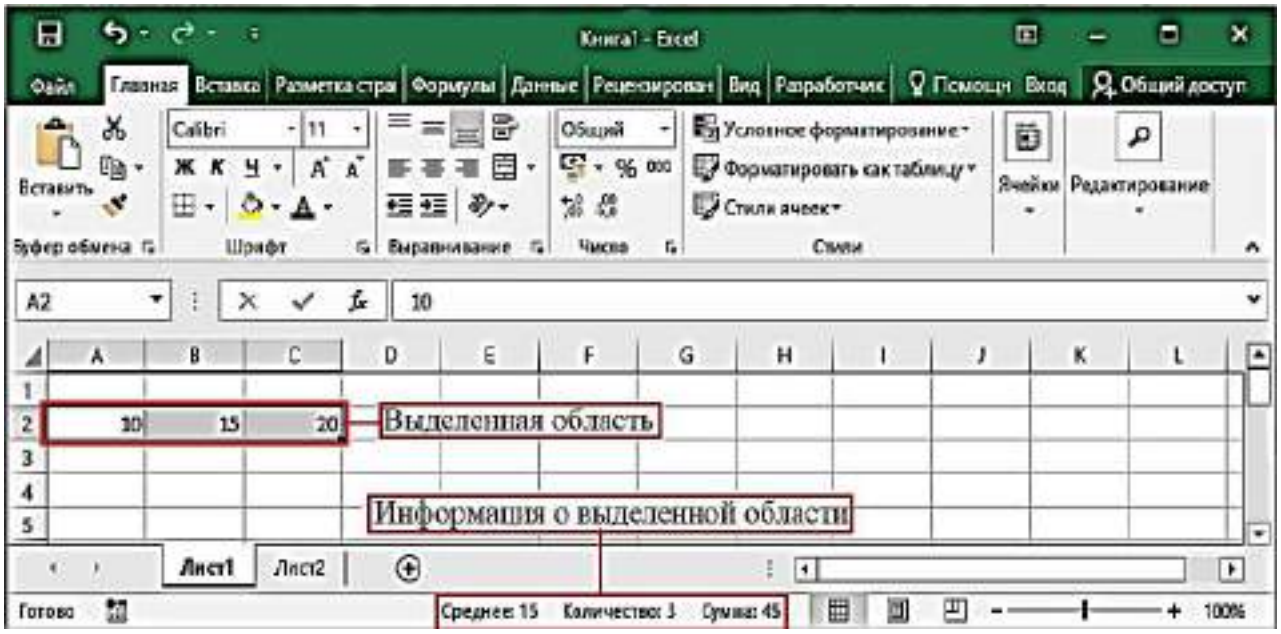


Рис. 10. Окно информационной строки состояния

Режим просмотра страниц. Кнопки вида страниц: «Обычный», «Разметка страницы» и «Страничный». Также в этой строке, имеется ползунок масштаба, достаточно передвинуть ползунок вправо или влево, чтобы изменить масштаб отображения рабочего листа в процентах, рис. 11.

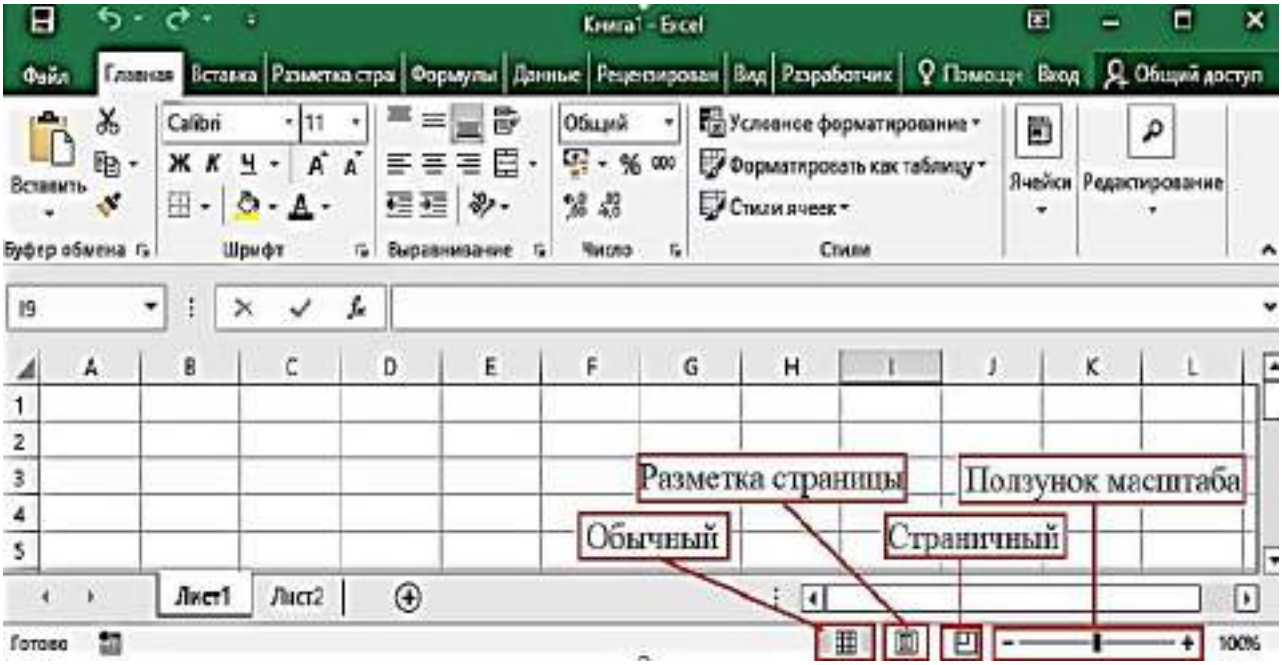


Рис. 11. Окно режима страницы

СОЗДАНИЕ РАБОЧЕЙ ТАБЛИЦЫ

Вид рабочего листа Excel имеет табличную структуру. Основой электронной таблицы является ячейка. Адрес ячейки определяется именем столбца и номером строки, на пересечении которых находится ячейка. Интервал ячеек (блок ячеек) определяется адресом левой верхней ячейки и адресом правой нижней ячейки, например, B1:D4, рис. 12.

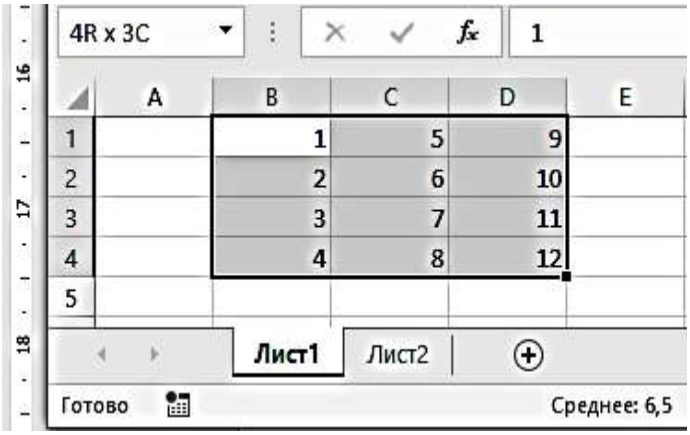


Рис. 12. Окно с выделенным диапазоном ячеек B1:D4

Столбец – это группа ячеек, расположенных в одну колонку. **Строка** – это группа ячеек, расположенная в одну линию слева направо. На листе Excel 2016 допустимое количество столбцов – 16384 шт., количество строк – 1048576 шт. В этом нетрудно убедиться, нажав указателем мыши (ЛКМ) на безадресную ячейку, которая находится выше адреса первой строки (цифра 1) и левее адреса колонки с адресом A. Выше этой ячейки, в адресном поле адреса ячейки, появится цифра 1048576R x 16384C, указывающая на количество ячеек на листе Excel-таблицы.

У ячейки, по умолчанию ширина – 64 пикселя, высота – 20 пикселей. Эти размеры могут регулироваться в зависимости от потребностей пользователя.

1. Ввод данных в ячейки таблицы

Имеются два вида данных: константы и формулы.

Константы: числовые, текстовые, даты/время, логические, значения ошибок, рис. 13.

	Числовые форматы:
1	Общий
2,00	Числовой
$3,00	Денежный
4,00 ₽	Финансовый
5 января 2020 г.	Дата
14:50:10	Время
0,15%	Процентный
21 1/4	Дробный
9,00E+00	Экспоненциальный
январь	Текстовый
00000-0011	Дополнительный

Рис. 13. Числовые форматы ячеек

Константы **ПРИ ВВОДЕ ЧИСЕЛ**. Вид вводимого числа зависит от формата ячейки: обычный, числовой, дробный, процентный, денежный, экспоненциальный (по умолчанию – обычный). При вводе числа в ячейку – ЧИСЛО оказывается прижатым к правой стороне ячейки, например, 2,2.

Константы **ПРИ ВВОДЕ ТЕКСТА**. При вводе текста в ячейку, ТЕКСТ располагается в левой части ячейки, например, Текст 1. Если вводимый текст длинный и не помещается по длине ячейки, то он перекрывает другие ячейки. Но принадлежит той ячейке, в которую он был первоначально введен. Для размещения текста в ячейке можно изменить ширину ячейки или набрать текст в ячейке в несколько строк: *Формат ячеек* – вкладка *Выравнивание* – *Переносить по словам*, рис. 14.

Ввод данных в ячейку осуществляется так: выбрать ячейку, ввести информацию, нажать клавишу **Enter** или стрелку на клавиатуре (**Влево, Вправо, Кверху, Книзу**). Старое значение в ячейке сотрется, а вводимая информация дублируется в строке формул. Курсор (по умолчанию) переместится вниз или вправо.

2. Автозаполнение ячеек

Операцией Автозаполнения можно заполнить ряды дат, времени или выполнить операцию прогрессии: арифметическая (например, номер по порядку) или геометрическая прогрессия, рис. 14.

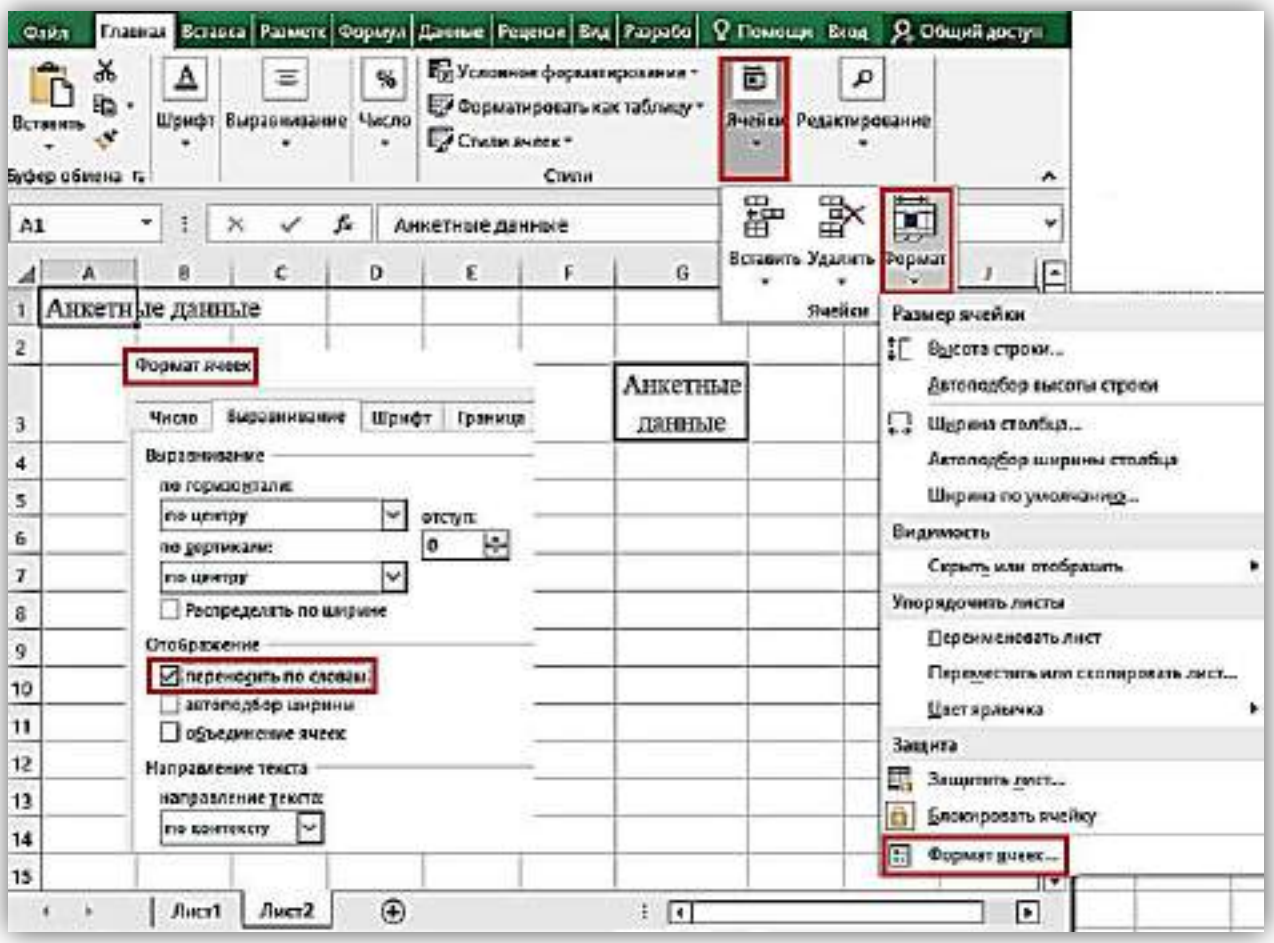


Рис. 13. Окно формата ячеек, вкладка выравнивание

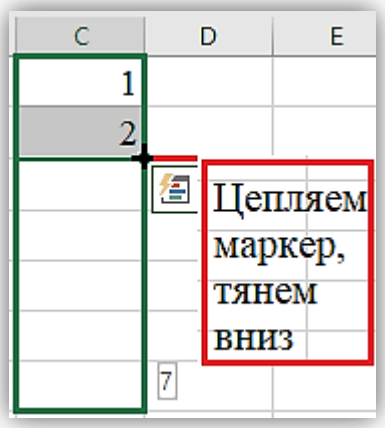


Рис. 14. Пример автозаполнения ряда чисел

3. Ввод формул

Формула вводится в ячейку и её ввод дублируется в строке формул. Формула начинается со ввода в ячейку символа = (равно), и

может содержать константы, адреса ячеек, знаки арифметических действий и функции.

Константы и знаки арифметических действий вводятся с клавиатуры, адреса ячеек указываются щелчком мыши, функции вводятся с использованием *Библиотеки функций*, рис. 15.

Функции – ранее определённые формулы, они имеют такой синтаксис: *Имя_Функции*(аргументы). Имя выбирается из списка функций, аргументами могут быть адреса ячеек, константы, или выражения. Аргумент может отсутствовать, но скобки обязательны.

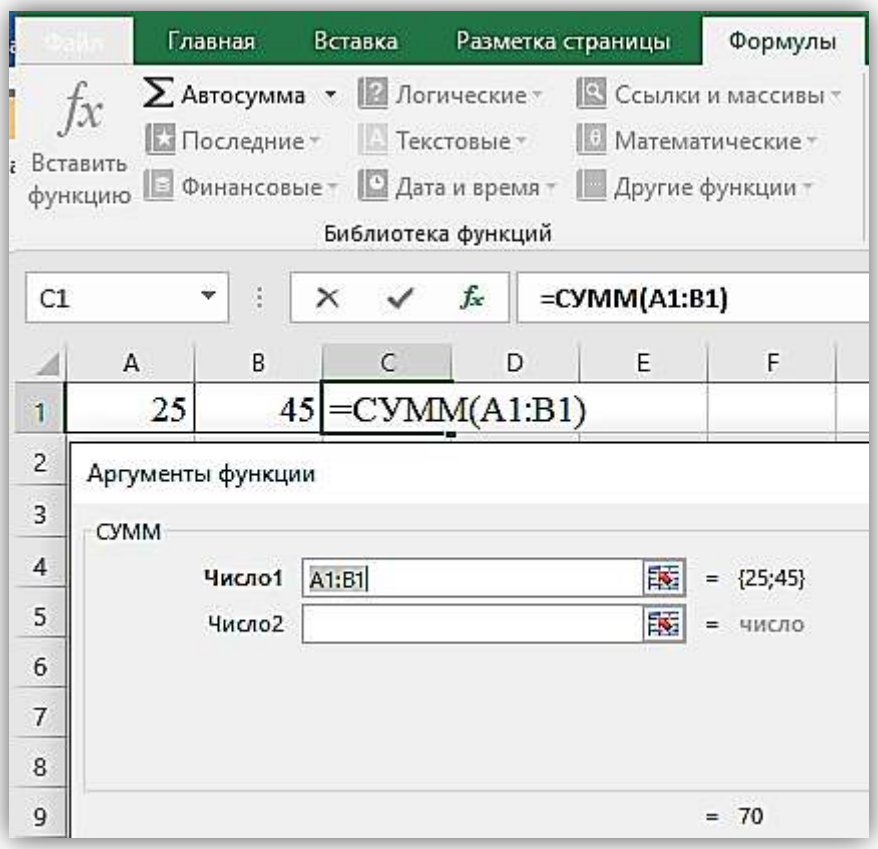


Рис. 14. Пример суммы двух чисел

4. Выделение фрагментов таблицы

Выделение строк – провести указателем мыши, при нажатой левой клавиши, по номерам соответствующих строк.

Выделение столбцов – провести указателем мыши по именам столбцов.

Выделение интервала ячеек – провести указателем мыши от верхнего левого угла интервала до правого нижнего угла.

5. Редактирование: добавление (удаление) строк, столбцов, ячеек, вставить, удалить, удалить лист и т. д.

Команды редактирования применимы к ячейке, интервалу ячеек или к рабочему листу. Для выполнения этих команд необходимо выделить фрагмент (интервал) ячеек и на ленте во вкладке *Главная*, группе *Ячейка* и выбрать соответствующую команду, рис. 15.

Рис. 15. Окно команды Главная, группы Ячейка

6. Форматирование чисел, текста, шрифта, обрамление и заливка ячеек цветом

Используется команда *Главная – Ячейки – Формат – Формат ячеек* и соответствующая вкладка. Для форматирования чисел – вкладка *Число.* Например, для задания нужного количества знаков после запятой: команда *Формат– Ячейки* – вкладка *Число* – формат *Числовой* – число знаков после запятой. Для ввода текста в ячейку в несколько строк: *Формат ячеек* – вкладка *Выравнивание* – *Переносить по словам.*

В окне «Формат ячеек» пробегая по вкладкам, выбираем нужные условия форматирования, рис. 16.

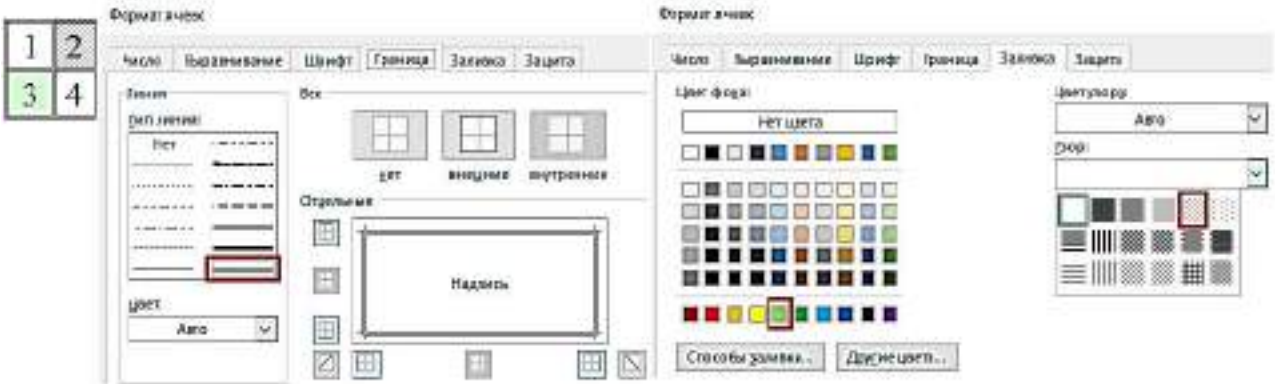


Рис. 16. Формат ячеек, вкладки Граница и Заливка

7. Построение графиков и диаграмм

Выделить столбцы данных с названиями. *Вставка – Диаграммы*. Затем: шаг 1 – выбрать *тип диаграммы*, шаг 2 – исходные данные уже выделены до вызова *мастера,* шаг 3 – указать *элементы диаграммы*, шаг 4 – указать *место размещения диаграммы*: на рабочем листе или на отдельном листе, рис. 17.

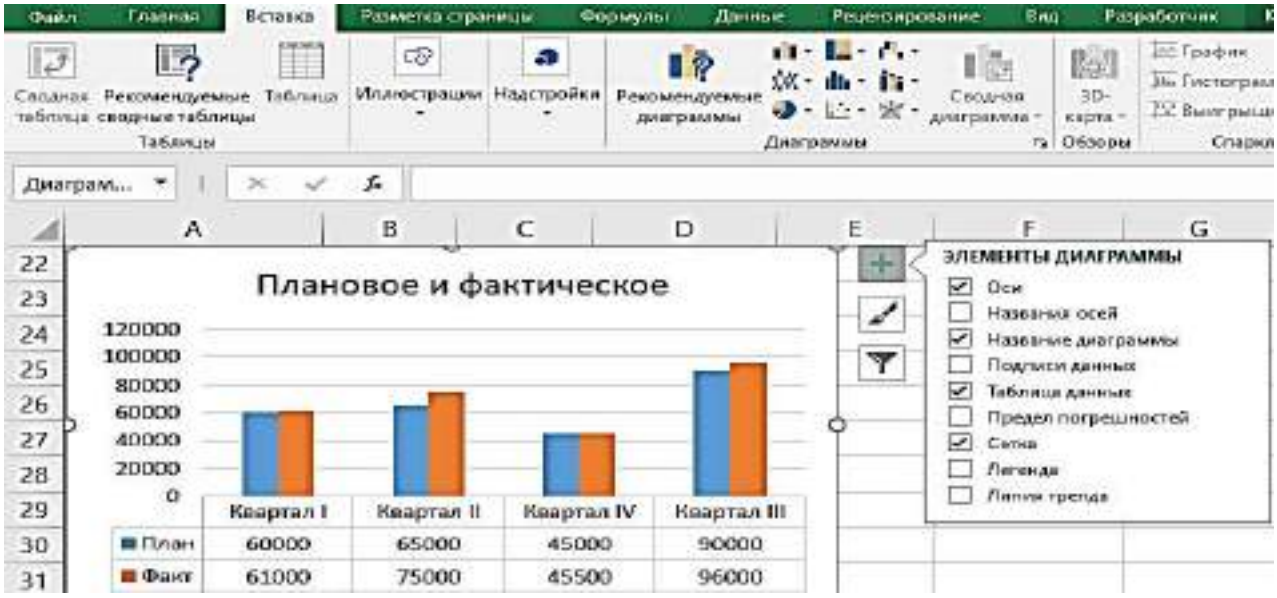


Рис. 17. Пример построения диаграммы

8. Работа с таблицей как с базой данных: сортировка, фильтрация, форма ввода данных, промежуточные итоги

Эти действия выполняются командой меню *Данные.* Для работы с этими командами необходимо:

1. «Шапка» таблицы должна находиться в одной строке.
2. Таблица должна быть отделена от строки названия и строки итогов пустой строкой.
3. Слева и справа от таблицы не должно быть никаких данных.
4. Курсор поставить в любую ячейку таблицы.

- Сортировка – перестановка строк таблицы по возрастанию или убыванию значений выбранного столбца.

Команда *Данные – Сортировка* – выбрать столбец – вид сортировки (по убыванию или по возрастанию), рис. 18.

- Фильтрация – выборка строк таблицы, удовлетворяющих условию.

Команда *Данные – Фильтр – Автофильтр* – задать условие.

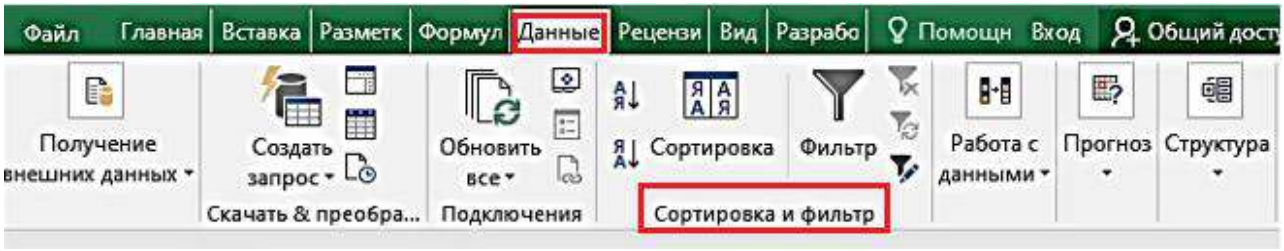


Рис. 18. Окно команды «Данные» группы «Сортировка и фильтр»

- Промежуточные итоги можно получить на предварительно отсортированной таблице по тому параметру, по которому требуется подвести итоги, рис. 19.

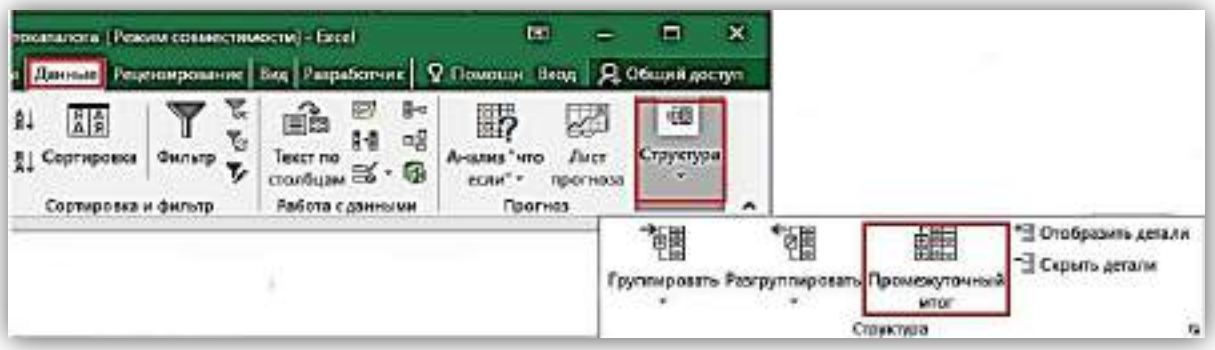


Рис. 19. Окно команды «Данные» группы «Структура»

	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет
5	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый
6	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый
7	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый
8	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный
9	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 000	1991 A	серый
10	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий
11	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый
12	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный
13	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный
14			**2013 Итог**			
15	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1596 M	бежевый
16	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый
17	16	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик
18			**2014 Итог**			
19	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый
20	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый
21	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой
22			**2015 Итог**			
23			**Общий итог**			

Рис. 20. Фрагмент таблицы с использованием промежуточного итога

Команда *Вставка – Данные – Промежуточный итог* – указать имя столбца, по которому была проведена сортировка, выбрать операцию и отметить столбцы, по которым подводить итоги, рис. 20.

9. Сводные таблицы

Позволяют из большой таблицы сделать выборки. Команда *Вставка – Данные – Сводная таблица.* Указать источник данных, место расположения сводной таблицы, указать поля и данные, по которым нужно получить сводку, рис. 21, 22.

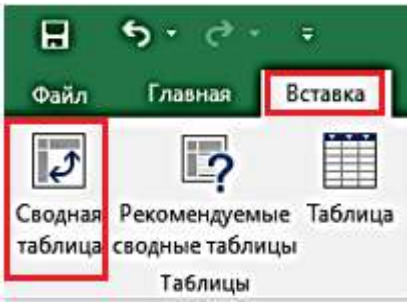


Рис. 21. Окно команды «Вставка», группа «Таблицы»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Модель	(Все)									
2											
3	Сумма по полю Цена	Цвет									
4	Год	бежевый	белый	голубой	коричневый	красный	металлик	серый	синий	черный	Общий итог
5	2013		5455555		936555	869777		1675000	469000	4704000	14108887
6	2014	524000	580000				1975000				3079000
7	2015	519000	2680000	2465000							5664000
8	Общий итог	1043000	8715555	2465000	936555	869777	1975000	1675000	469000	4704000	22851887

Рис. 22. Фрагмент сводной таблицы

10. Специальные инструменты: подбор параметра, поиск решения

Позволяют найти оптимальное (наилучшее) решение. При подборе изменяется один параметр. Лента инструментов – *Данные – Анализ «что, если» – Подбор параметра* – указать ячейку с искомым параметром и изменяющуюся ячейку. При поиске решения можно изменять несколько параметров. Для этого необходимо записать математическую постановку задачи, определив целевую функцию и ограничения, подготовить таблицу и выполнить действия: Лента инструментов – *Сервис – Поиск решения* – задать все параметры. Если функции *Поиска решения* на Ленте инструментов нет, то эту функцию нужно подключить: *Файл – Параметры – Надстройки – Пакет анализа – Поиск решения.*

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1. «Создание таблиц, автозаполнение, использование простых формул»

Задание № 1. Создайте таблицу для подсчета одной единицы товара и общей стоимости товаров. Постройте диаграммы.

Методические указания

1. Запустите редактор электронных таблиц Microsoft Excel и создайте новую электронную книгу. На **Листе1** создайте таблицу для первого задания.

2. Номер по порядку (№ п/п) заполните автозаполнением, для этого в ячейку А3 введите число 1, в ячейку, ниже, число 2, выделите обе ячейки и при помощи маркера автозаполнения (черный крестик в правом нижнем углу ячейки), потяните вниз до нужного значения. Таким же способом заполните столбец В.

	A	B	C	D	E
1	Стоимость товаров				
2	№ п/п	Наименование товара	Цена	Количество	Стоимость
3	1	Товар №1			
4	2	Товар №2			
5					
6					

3. Заполните ниже приведенную таблицу данными.

	A	B	C	D	E
1	Стоимость товаров				
2	№ п/п	Наименование товара	Цена	Количество	Стоимость
3	1	Товар №1	450	20	***9000***
4	2	Товар №2	780	15	
5	3	Товар №3	1200	10	
6	4	Товар №4	2100	40	
7	5	Товар №5	320	12	
8		Итог:	***4850***	***97***	***120540***

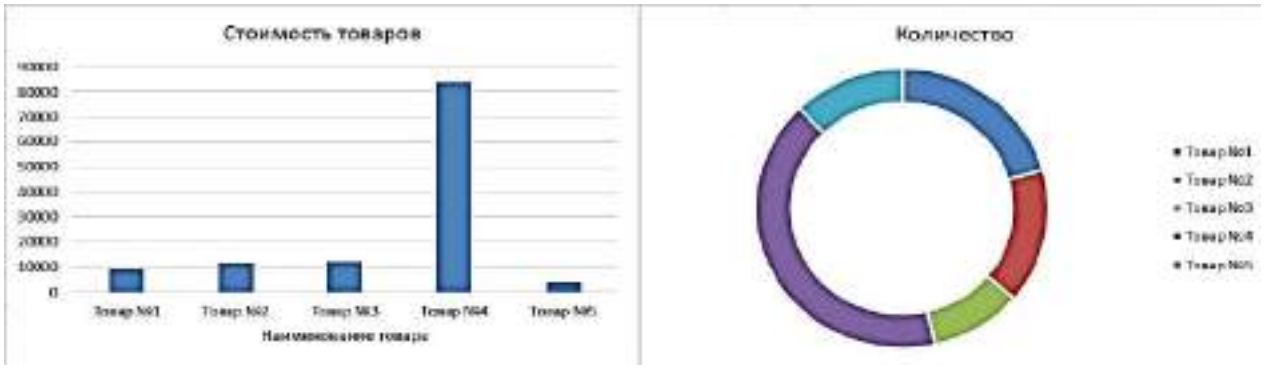
4. Вычислите «Стоимость» (колонка Е), – это произведение «Цены» и «Количества». «Стоимость» = «Цена» * «Количество», затем при помощи маркера автозаполнения, вертикально протянуть указатель мыши до ячейки Е7.

5. Вычислите «Итог» для «Цены», «Количества» и «Стоимости». Например, «Итог» по столбцу «Цена» =СУММ(С3:С7), затем при помощи маркера автозаполнения протянуть указатель мыши от ячейки С8 до ячейки Е8.

6. Для построения Диаграммы 1 выделите ячейки В3:В7, затем нажав кнопку **Ctrl** на клавиатуре, выделите ячейки Е3:Е7, затем выполнить на ленте инструментов следующее: вкладка *Вставка – Диаграммы – Гистограмма с группировкой.*

7. При помощи элементов диаграммы, подпишите название осей, диаграммы, легенды.

8. Для построения Диаграммы 2 выделите ячейки В3:В7, затем, нажав кнопку на клавиатуре **Ctrl**, выделите ячейки D3:D7, затем на ленте инструментов – вкладка *Вставка – Диаграммы – Круговая – Кольцевая*.



Задание № 2. Создайте таблицу «Анализ показателей производства». Вычислите «Итого», «Максимальное», «Минимальное», «Среднее за год», «Итог по месяцам». Найдите количество поставщиков по определенному наименованию. Самостоятельно постройте диаграммы.

Методические указания

1. На **Листе2** создайте таблицу для Задания № 2.

2. Вычислите «Итого». Это произведение «Цены» и «Количества». «Итого» = «Цена» * «Количество». Затем при

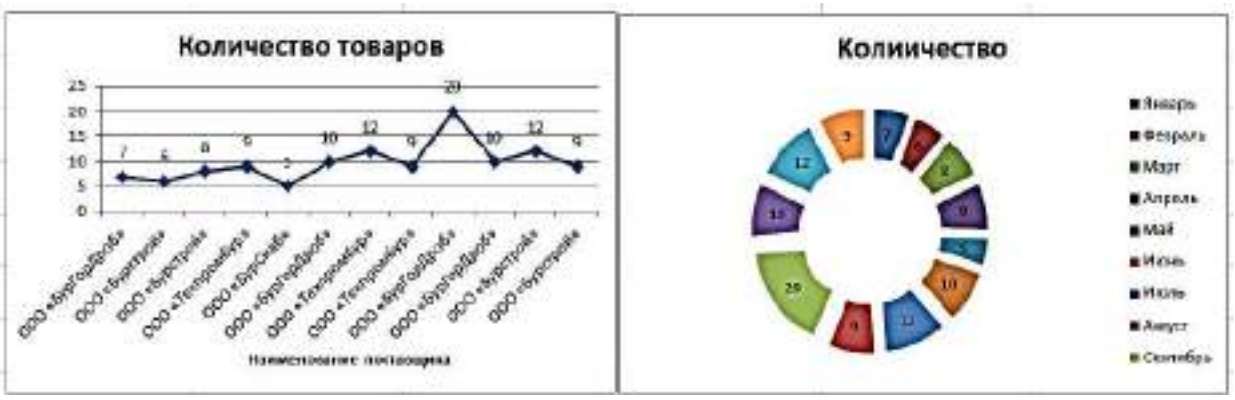
помощи маркера автозаполнения вертикально протянуть указателем мыши до строки F14.

3. Для того чтобы вычислить Среднее, Максимальное, Минимальное за год, использовать функции: =СУММ( ), =СРЗНАЧ( ), =МАКС( ), =МИН( ). Например, «Максимальное за год» =МАКС(F3:F14).

4. Для вычисления Количества поставщиков, используйте функцию =СЧЕТЕСЛИ( ). Необходимо выделить диапазон ячеек C3:C14 и выбрать соответствующий критерий, удовлетворяющий заданному условию. Например, для поставщика ООО «БурГорДроб», формула будет выглядеть так: =СЧЁТЕСЛИ(C3:C14;G3), для поставщика ООО «Бурстрой», =СЧЁТЕСЛИ(C3:C14;C4) и т. д.

G4 =СЧЁТЕСЛИ(C3:C14;G3)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Анализ показателей производства						
2	Месяц	Наименование товара	Наименование поставщика	Коли-чество	Цена за шт.	Итого	Кол-во поставщиков
3	Январь	Эксцентрик	ООО «БурГорДроб»	7	250000	*1750000*	ООО «БурГорДроб»
4	Февраль	Чаша опорная	ООО «Бурстрой»	6	260400		4
5	Март	Корпус чаши	ООО «Бурстрой»	8	190500		
6	Апрель	Вал приводной	ООО «Техпромбур»	9	180200		ООО «Бурстрой»
7	Май	Вал конуса	ООО «БурСнаб»	5	210000		4
8	Июнь	Воротник	ООО «БурГорДроб»	10	75700		
9	Июль	Воротник	ООО «Техпромбур»	12	72000		ООО «Техпромбур»
10	Август	Кожух	ООО «Техпромбур»	9	93500		3
11	Сентябрь	Пружина	ООО «БурГорДроб»	20	5200		
12	Октябрь	Вал приводной	ООО «БурГорДроб»	10	74700		ООО «БурСнаб»
13	Ноябрь	Вал конуса	ООО «Бурстрой»	12	71000		1
14	Декабрь	Воротник	ООО «Бурстрой»	9	92500		
15				Макс. за год		*1750000*	
16				Мин. за год		*104000*	
17				Среднее. за год		*1042183*	
18				Итого		*12506200*	



Лабораторная работа № 2. «Ввод данных и формул, форматирование, построение диаграмм»

Задание № 1. Создать таблицу «Производительность труда по основным видам деятельности» и построить две диаграммы. Рассчитать значение процентов, как отношение данных 2019 года к данным 2020 году, затем вычислить Среднее, Максимальное и Минимальное количество за эти года.

G3 f_x =F3/E3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Производительность труда по основным видам деятельности (тыс.руб/человек)									
2	№ п/п	Виды деятельности	2016	2017	2018	2019	Отношение 2019 к 2018	Среднее кол. за года	Макс. кол. за года	Мин. кол. за года
3	1	Горнодобывающая промышленность и разработка карьеров	150,1	189,1	192,7	180,8	94%	178,18	192,70	150,10
4	2	Обрабатывающая промышленность	30,3	40,4	50,9	51,8	102%	43,35	51,80	30,30
5	3	Легкая промышленность	7,9	12	12,7	12,1	95%	11,18	12,70	7,90
6	4	Производство продуктов химической промышленности	13	24,4	38	48,3	127%	30,93	48,30	13,00
7	5	Металлургическая промышленность	59,8	68,4	90	87,4	97%	76,40	90,00	59,80
8	6	Машиностроение	7,5	13,4	17,8	17,1	96%	13,95	17,80	7,50
9	7	Строительство	21	35,3	26,5	22,8	86%	26,40	35,30	21,00
10	8	Транспорт	56,1	65,6	94,4	48	51%	66,03	94,40	48,00

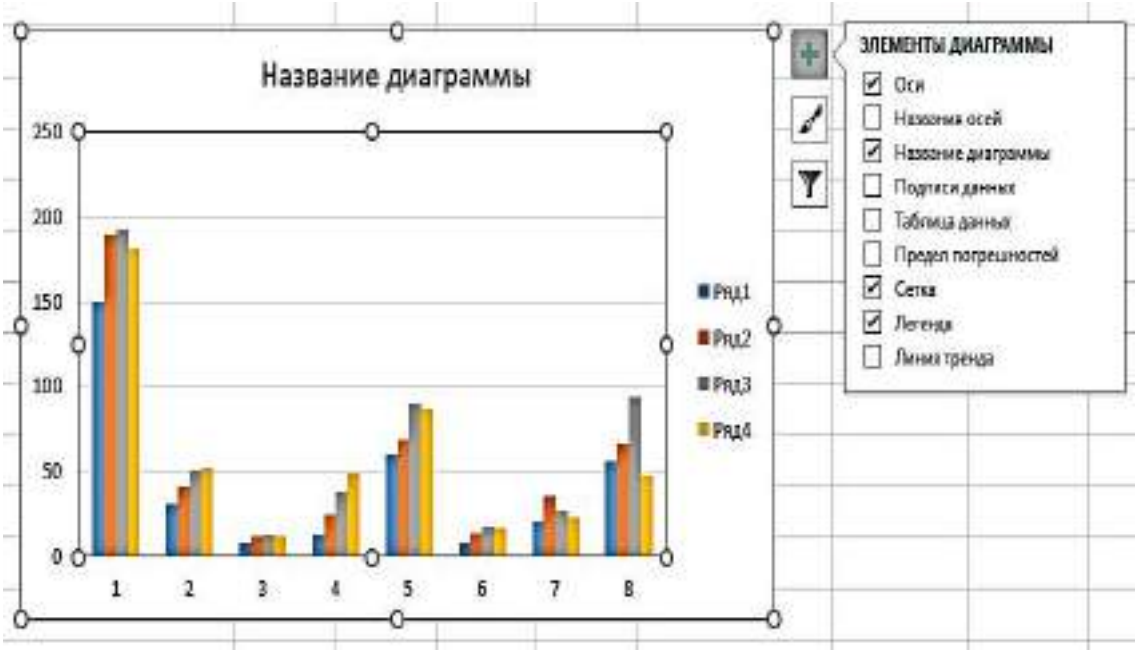
Методические указания

1. Запустите редактор электронных таблиц Microsoft Excel и создайте новую электронную книгу. На **Листе1** создайте таблицу для Задание № 1.

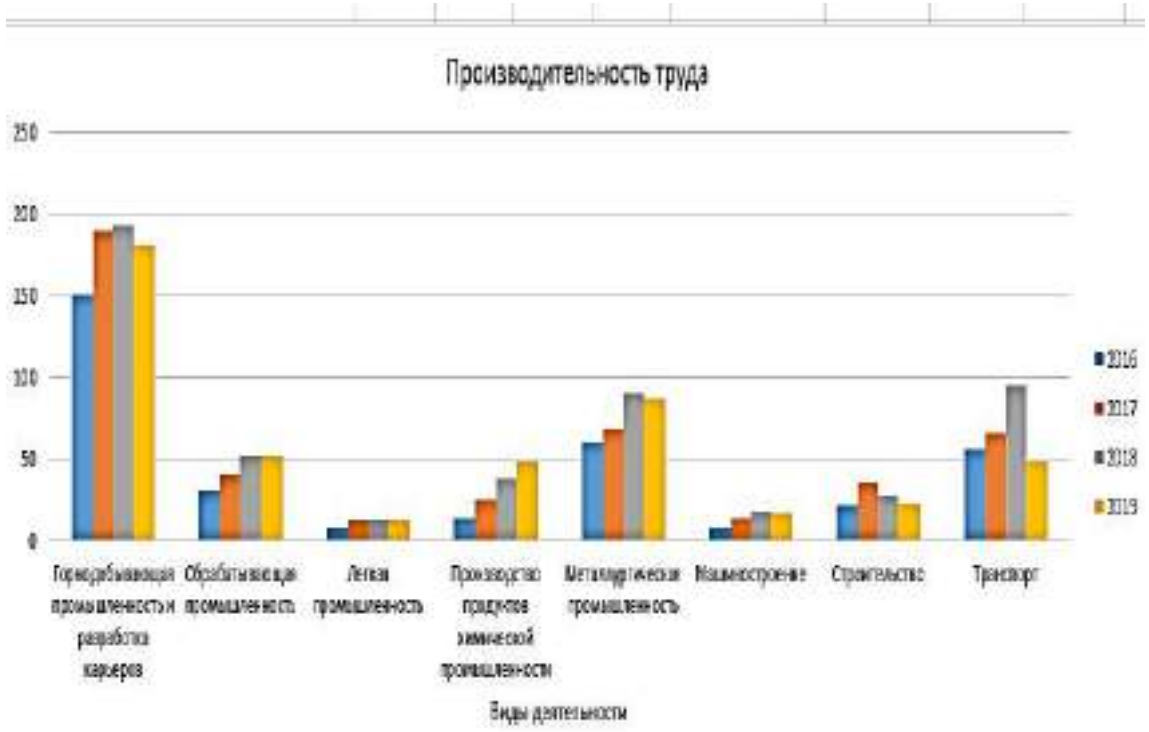
2. Для того, чтобы получить результат в ячейке F3, необходимо поставить знак «=» и в строке формул написать отношение 2019 года к 2018 году (F3/E4), затем при помощи маркера автозаполнения, вертикально протянуть указатель мыши до строки F10.

3. Для того, чтобы вычислить Среднее, Максимальное, Минимальное количество за года, использовать функции: =СРЗНАЧ( ), =МАКС( ), =МИН( ).

4. Для построения диаграммы 1 выделите ячейки C3:F10, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Гистограмма с группировкой.*

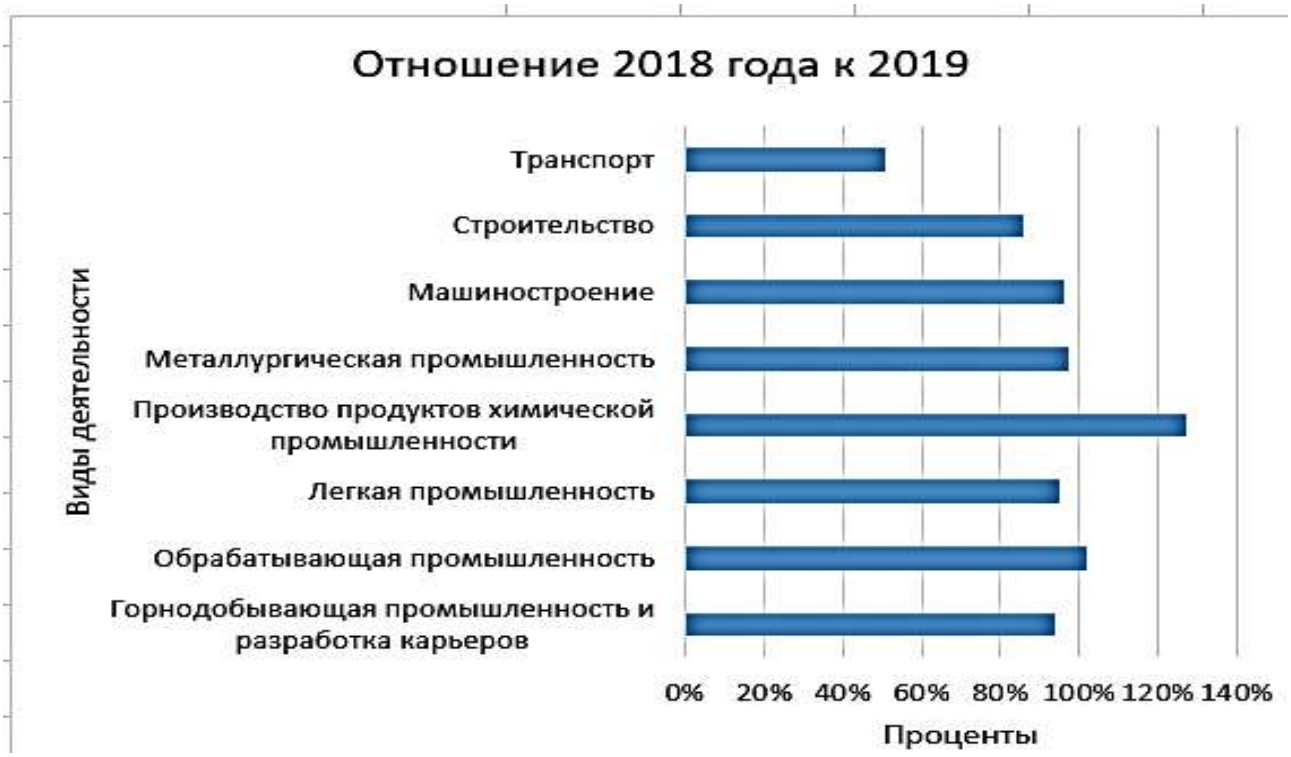


5. При помощи элементов диаграммы, подпишите название осей, название диаграммы, легенды. Для того, чтобы переименовать необходимые названия, используем ленту инструментов – *Работа с диаграммами – Конструктор – Выбрать данные*, добавляем, изменяем, удаляем требуемые названия.



6. ПКМ (правой клавишей мышки) выделите столбик 2018 года. Формат ряда данных – параметры ряда – *по вспомогательной оси – изменить тип диаграммы для ряда* – выбрать – *График с маркерами.*

7. Для построения диаграммы 2 выделите ячейки B2:B10, затем нажав кнопку **Ctrl**, выделите ячейки G2:G10, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Линейчатая с группировкой.*



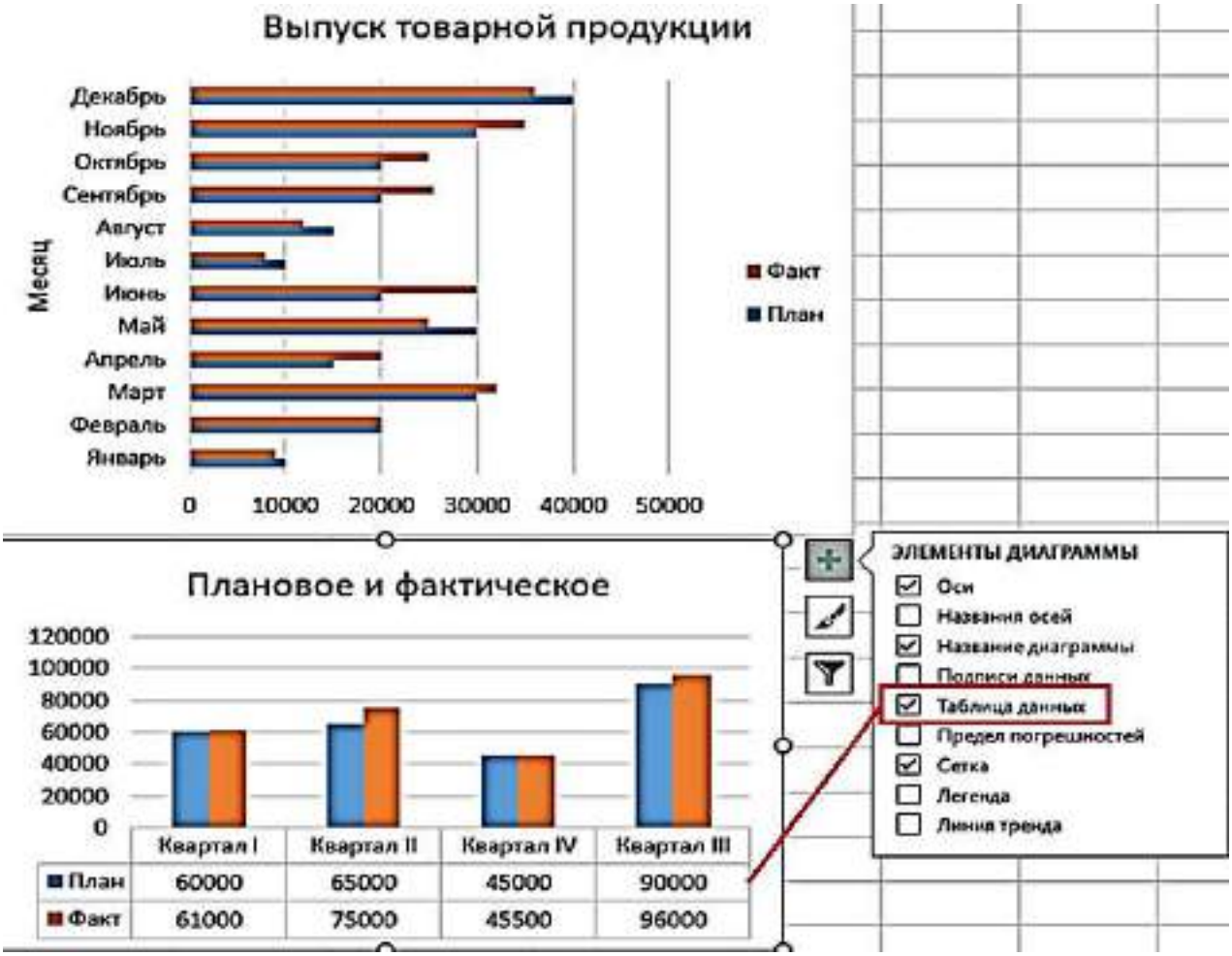
Задание № 2. Создать таблицу «Выпуск товарной продукции за 2020» и построить две диаграммы. Рассчитать Абсолютное отклонение от плана, Проценты к плану, вычислить Сумму по квартально, и Итого за 4-е квартала.

D4 | =C4-B4

	A	B	C	D	E
1	Выпуск товарной продукции за 2020 год				
2	Месяц	План	Факт	Отклонение от плана	
3				абсолютное	% к плану
4	Январь	10000	9000	-1000	90,00%
5	Февраль	20000	20000	0	100,00%
6	Март	30000	32000	2000	106,67%
7	Апрель	15000	20000	5000	133,33%
8	Май	30000	25000	-5000	83,33%
9	Июнь	20000	30000	10000	150,00%
10	Июль	10000	8000	-2000	80,00%
11	Август	15000	12000	-3000	80,00%
12	Сентябрь	20000	25500	5500	127,50%
13	Октябрь	20000	25000	5000	125,00%
14	Ноябрь	30000	35000	5000	116,67%
15	Декабрь	40000	36000	-4000	90,00%
16	Квартал I	60000	61000		
17	Квартал II	65000	75000		
18	Квартал IV	45000	45500		
19	Квартал III	90000	96000		
20	Итого за 4 кварт.	260000	277500		

Методические указания

1. На **Листе2** создайте таблицу для второго задания.
2. Для того, чтобы получить результат в ячейке D4, необходимо поставить знак «=» и в строке формул и записать разность «Плановой» к «Фактической» продукции (=C4-B4), затем при помощи маркера автозаполнения вертикально протянуть указатель мыши до строки D15.
3. Для того, чтобы вычислить «Процент к плану», в строке формул записать частное «Фактической» деленное на «Плановую» (=C4/B4).
4. Для вычисления Суммы за 1-й квартала, использовать функцию: =СУММ( ), для первых трех месяцев, 2-го квартала – следующих трех месяцев и т. д. Итого за 4-е квартала, это сумма всех четырех кварталов.
5. Для построения диаграммы 1 выделите ячейки A2:C15, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Линейчатая с группировкой*. Знак «Легенды» перенесите справа на лист, подпишите название диаграммы и название осей.



6. Для построения диаграммы 2, выделите ячейки A16:C19, лента инструментов *Вставка – Диаграммы – Гистограмма с группировкой.* Для того, чтобы в гистограмме появилась таблица данных, воспользуйтесь элементами диаграммы.

7. Отформатируйте полученные Гистограммы по образцу, выполненному ранее.

Лабораторная работа № 3. «Знакомство с абсолютной ссылкой, сортировка, фильтрация»

Задание № 1.

1. На рабочем листе MS Excel создайте таблицу «Продажа цифровых камер».

2. Вычислите: Цену USD, Сумму, руб. и Итоговую строку.

3. Создайте фильтр, в котором отображался бы список только цифровых фотокамер модель Canon Digital, скопировать фильтр под основной таблицей. Дать заголовок новой таблице Фильтр по модели «Canon Digital».

4. Сделать сводку по продаже фотокамер «Больше или равно 5 штук». Дать имя «Фильтр продано больше 5 штук».

5. Создать сводку по Цене (Цена руб. >= 5 000). Скопировать и дать имя «Фильтр по цене, руб.».

6. Создать условное форматирование по столбцу «Сумма, руб.» с градиентной заливкой.

7. Создать гистограмму, отражающую Модель и Сумму.

E6 =D6/$F$3

	A	B	C	D	E	F
1		ПРОДАЖА ЦИФРОВЫХ КАМЕР				
2		За период:	с	по		
3			01.03.2020	01.04.2020	Курс USD:	63,87
4						
5	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
6	1	Olympus MJU-400	4	9560,56	*149,69*	*38242,24*
7	2	Olympus C-5060Z	6	5600,50		
8	3	Nikon CoolPix 4100	2	7540,90		
9	4	Nikon CoolPix 3700	1	4350,35		
10	5	Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00		
11	6	Minolta DiMAGE X50	9	4380,80		
12	7	HP PhotoSmart 935	6	4870,00		
13	8	FujiFilm FinePix F410	3	3350,70		
14	9	FujiFilm FinePix A340	5	4250,00		
15	10	Canon Digital IXUS500	3	5460,00		
16	11	Canon Digital IXUS II	12	4500,55		
17		Итого:	*59*	*59074,36*	*924,9156*	*303293,29*

Методические указания

1. На **Листе1** создайте таблицу для первого задания.

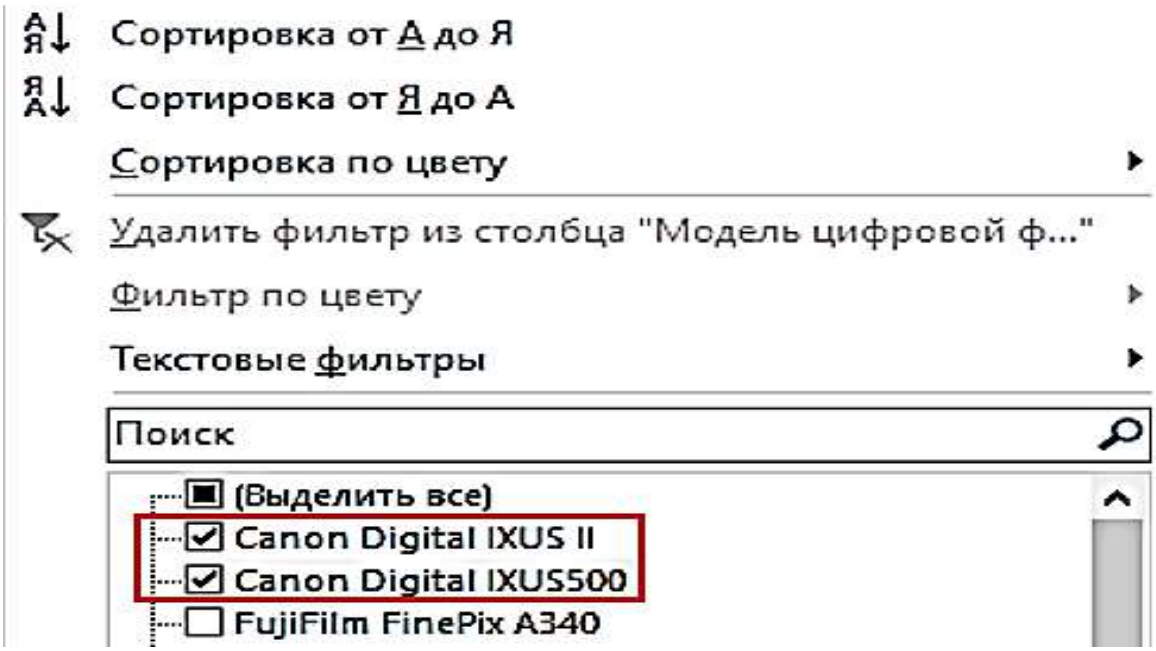
«Цена в USD» равна частному «Цены в рублях» деленному на «Курс USD» (абсолютный адрес, который выполняется при помощи кнопки F4), затем нажав на маркер автозаполнения, вертикально протянуть до строки E16.

2. «Сумму в рублях» равна произведению «Продано шт.» на значение «Цена, руб.», результат размножить до ячейки F16.

3. Итоговая строка вычисляется при помощи функции – «=СУММ( )».

4. Для создания фильтра, в котором будет произведена выборка строк, только цифровых фотокамер модели «Canon Digital», воспользуемся: лентой инструментов – *Данные* – *Фильтр* – в «шапку» таблицы, к заголовкам добавятся кнопки списка; открыв список, задайте условие.

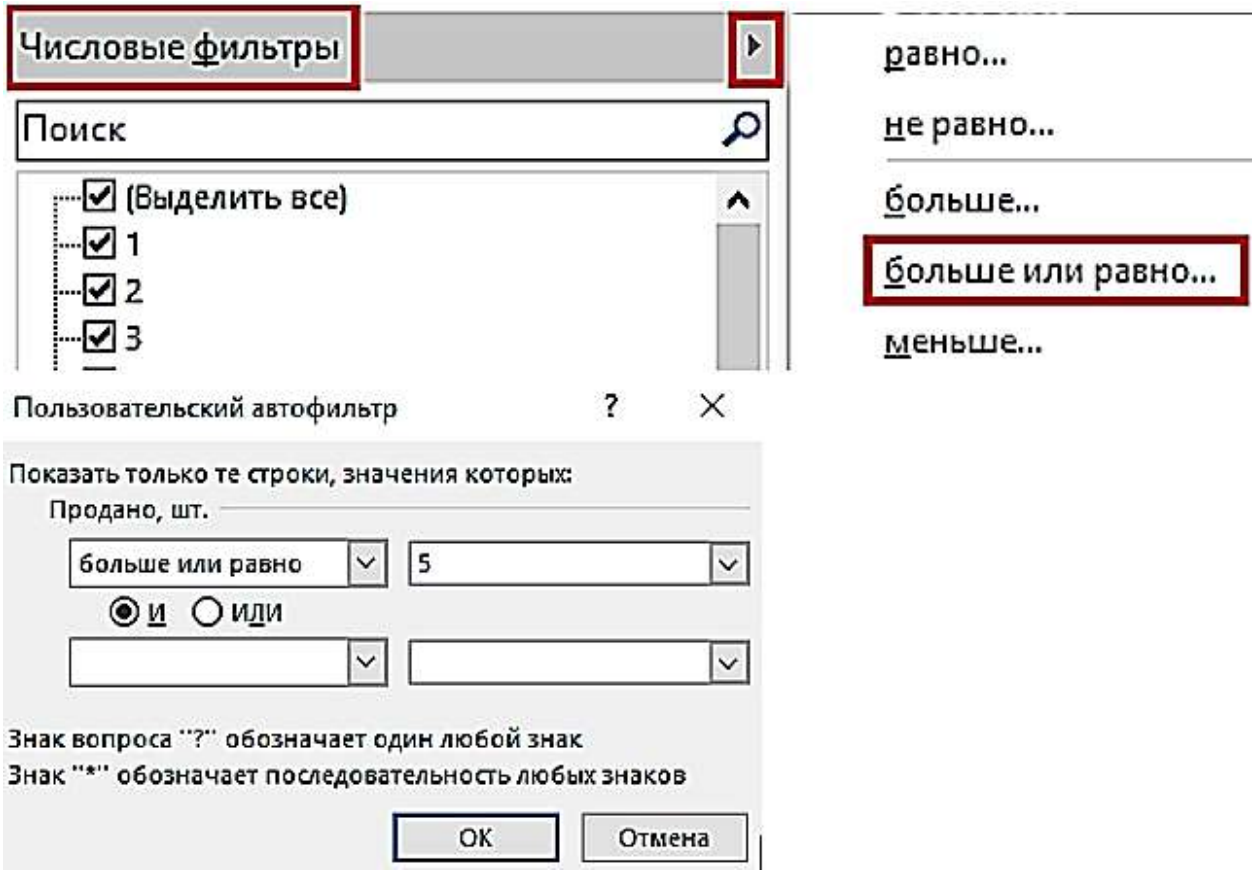
5	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб	Цена, USD
6	1	Olympus MJU-400	4	9560,56	*149,69*



5. Скопировать фильтр под основной таблицей. Дать заголовок новой таблице «Фильтр по модели «Canon Digital».

19	Фильтр по модели "Canon Digital"					
20	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
21		Canon Digital IXUS500	3	5460,00	*85,49*	*16380,00*
22		Canon Digital IXUS II	12	4500,55		
23		Итого:	*15*	*9960,55*	*155,9504*	*70386,6*

6. Для создания сводки по продаже фотокамер «Больше или равно 5 штук», воспользуемся лентой инструментов – *Данные* – *Фильтр*, выбрать *Числовые фильтры*.



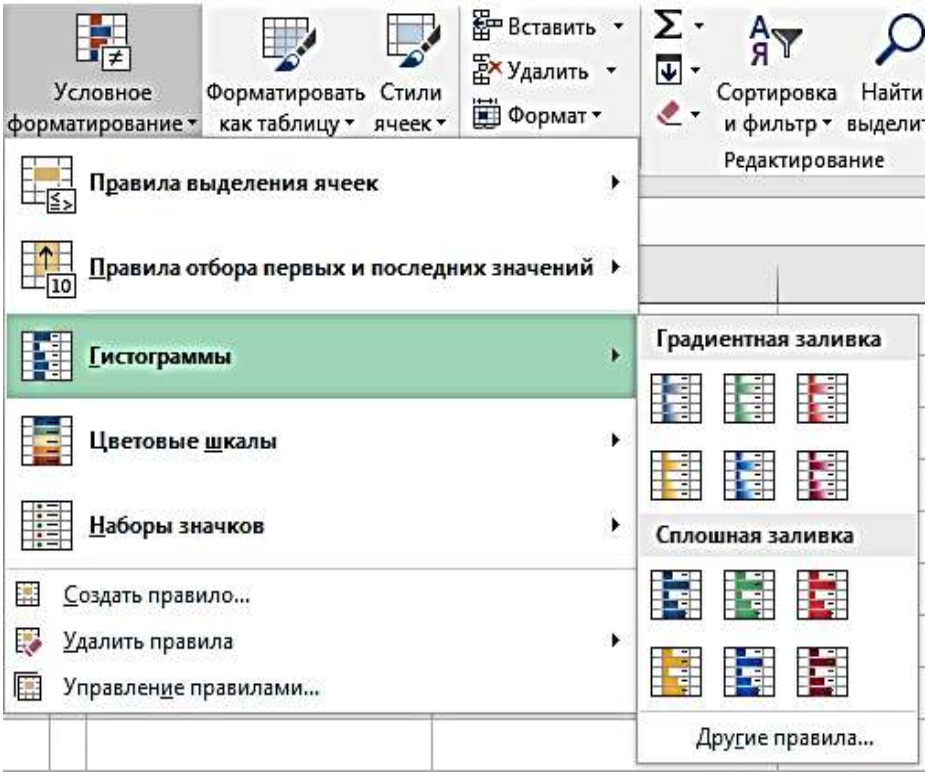
7. Скопировать фильтр ниже. Дать заголовок новой таблице «Фильтр продано больше 5 штук».

8. Для создания сводки по Цене (Цена, руб. >= 5 000). Воспользуемся лентой инструментов – *Данные* – *Фильтр*, выбрать *Числовые фильтры.* Далее скопировать, вписать заголовок новой таблицы «Фильтр по цене, руб.».

	A	B	C	D	E	F
24	«Фильтр продано больше 5 штук»					
25	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
26		Olympus C-5060Z	6	5600,50	*87,69*	*33603,00*
27		Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00		
28		Minolta DiMAGE X50	9	4380,80		
29		HP PhotoSmart 935	6	4870,00		
30		FujiFilm FinePix A340	5	4250,00		
31		Canon Digital IXUS II	12	4500,55		
32		Итого:	*46*	*28811,85*	*451,1015*	*219186,8*

33	«Фильтр по цене, руб.»					
34	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
35		Olympus MJU-400	4	9560,56	*149,69*	*38242,24*
36		Olympus C-5060Z	6	5600,50		
37		Nikon CoolPix 4100	2	7540,90		
38		Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00		
39		Canon Digital IXUS500	3	5460,00		
40		Итого:	*23*	*33371,96*	*522,4982*	*144987,04*

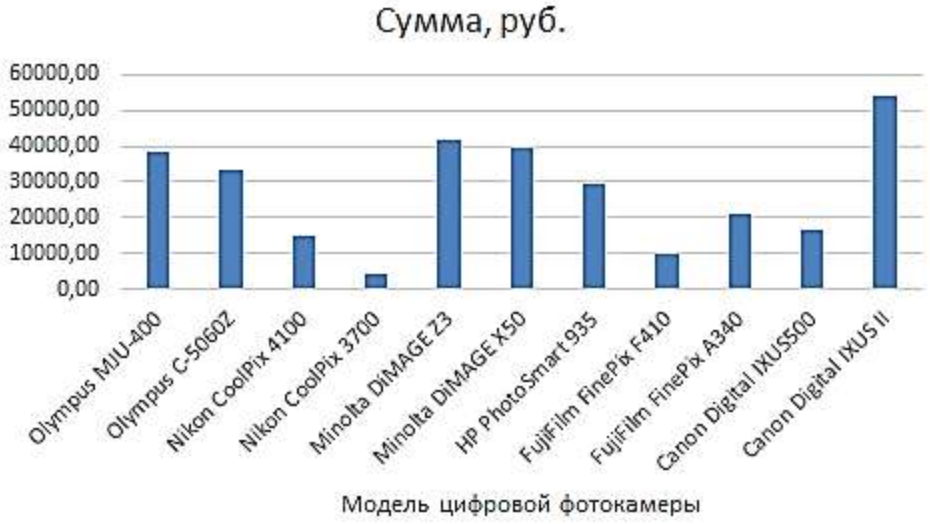
9. Для создания условного форматирования по столбцу «Сумма руб.» с градиентной заливкой, воспользуемся лентой инструментов – *Главная – Условное форматирование – Гистограммы – Градиентная заливка.*



10. Скопировать фильтр ниже. Дать заголовок новой таблице «Условное форматирование по сумме, руб.».

41	«Условное форматирование по сумме, руб.»					
42	№	Модель цифровой фотокамеры	Продано, шт.	Цена, руб.	Цена, USD	Сумма, руб.
43	1	Olympus MJU-400	4	9560,56	*149,69*	*38242,24*
44	2	Olympus C-5060Z	6	5600,50	*87,69*	*33603,00*
45	3	Nikon CoolPix 4100	2	7540,90	*118,07*	*15081,80*
46	4	Nikon CoolPix 3700	1	4350,35	*68,11*	*4350,35*
47	5	Minolta DiMAGE Z3	8	5210,00	*81,57*	*41680,00*
48	6	Minolta DiMAGE X50	9	4380,80	*68,59*	*39427,20*
49	7	HP PhotoSmart 935	6	4870,00	*76,25*	*29220,00*
50	8	FujiFilm FinePix F410	3	3350,70	*52,46*	*10052,10*
51	9	FujiFilm FinePix A340	5	4250,00	*66,54*	*21250,00*
52	10	Canon Digital IXUS500	3	5460,00	*85,49*	*16380,00*
53	11	Canon Digital IXUS II	12	4500,55	*70,46*	*54006,60*
54		Итого:	*59*	*59074,36*	*924,9156*	*303293,29*

11. Создаем гистограмму, отражающую Модель и Сумму.



Задание № 2. Самостоятельно, на **Листе2** и **3** выполнить работу.

1. Создать таблицу. Вычислить: Цена за книгу ($), Сумма (руб.), Сумма ($), Сумма (€) и Итоговую строку.

2. Скопировать вычисленную таблицу на **Лист3** и выполнить работу на этом листе.

3. Создать фильтр, в котором отображался бы список только покупателей из г. Екатеринбурга и скопировать фильтр под основной таблицей. Дать заголовок новой таблице «Фильтр по г. Екатеринбург».

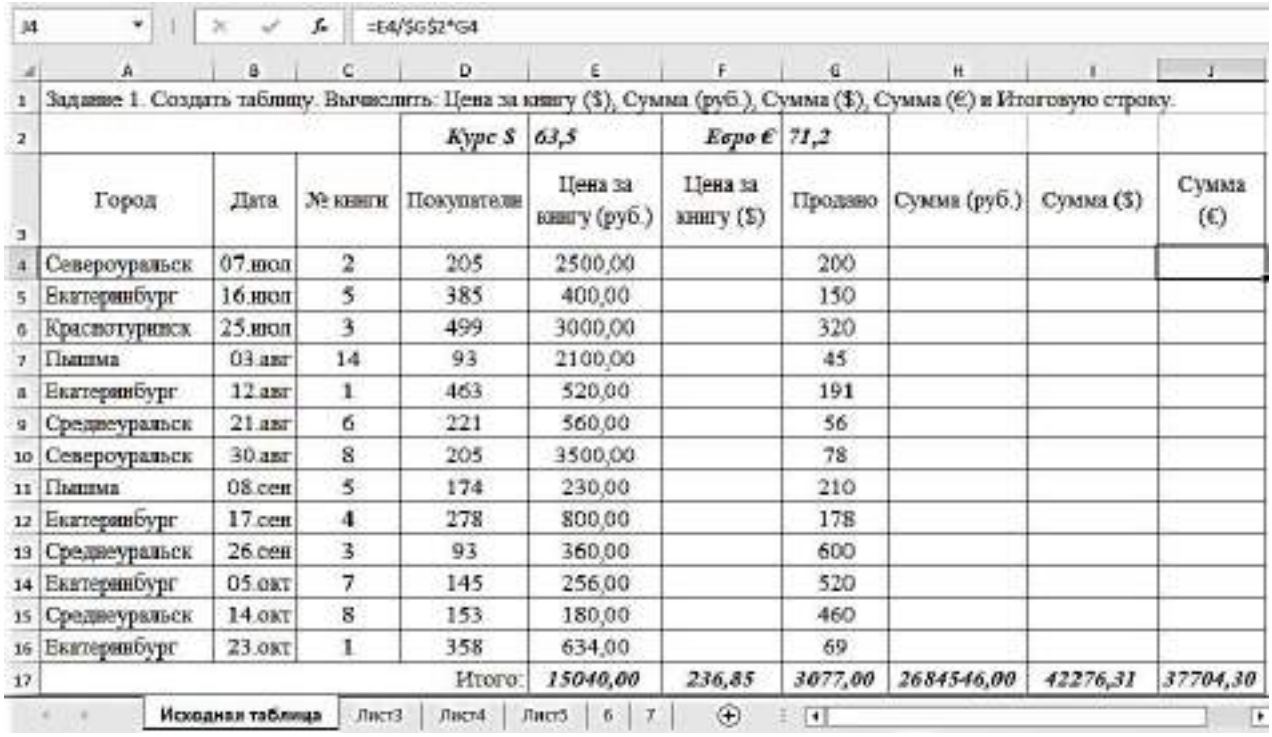
4. Создать фильтр, в котором отображался бы список всех покупателей, принявших участие в торгах до 30.08, скопировать этот фильтр под предыдущим. Дать имя таблице «Фильтр по дате».

5. Сделать сводку по продаже книги № 3. Дать имя «Фильтр по книге № 3».

6. Создать сводку клиентов, сделавших самые большие закупки (Сумма (руб.) > 100 000). Скопировать и дать имя «Фильтр по сумме».

7. Отсортировать таблицу по Алфавиту городов, и, в свою очередь, каждый город отфильтровать по Дате.

8. Создать условное форматирование столбца "Сумма" по принципу: если Сумма (руб.) >100000, то цвет шрифта красный, а цвет фона жёлтый.



J4 =E4/$G$2*G4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Задание 1. Создать таблицу. Вычислить: Цена за книгу ($), Сумма (руб.), Сумма ($), Сумма (€) и Итоговую строку.									
2				Курс $	63,5	Евро €	71,2			
3	Город	Дата	№ книги	Покупатели	Цена за книгу (руб.)	Цена за книгу ($)	Продано	Сумма (руб.)	Сумма ($)	Сумма (€)
4	Североуральск	07.июл	2	205	2500,00		200			
5	Екатеринбург	16.июл	5	385	400,00		150			
6	Краснотуринск	25.июл	3	499	3000,00		320			
7	Пышма	03.авг	14	93	2100,00		45			
8	Екатеринбург	12.авг	1	463	520,00		191			
9	Среднеуральск	21.авг	6	221	560,00		56			
10	Североуральск	30.авг	8	205	3500,00		78			
11	Пышма	08.сен	5	174	230,00		210			
12	Екатеринбург	17.сен	4	278	800,00		178			
13	Среднеуральск	26.сен	3	93	360,00		600			
14	Екатеринбург	05.окт	7	145	256,00		520			
15	Среднеуральск	14.окт	8	153	180,00		460			
16	Екатеринбург	23.окт	1	358	634,00		69			
17				Итого:	15040,00	236,85	3077,00	2684546,00	42276,31	37704,30

Исходная таблица | Лист3 | Лист4 | Лист5 | 6 | 7

Лабораторная работа № 4. «Функция ЕСЛИ, промежуточный итог, сводная таблица и абсолютная ссылка»

Задание № 1. Создать таблицу «Оплата проживания в гостинице «Екатеринбург» и построить две диаграммы. Рассчитать оплату проживания, скидку с условием:

а) если количество дней проживания больше 5, то скидка 5 %;

б) если количество дней проживания больше или равно 8, то скидка 10 %, а если количество дней проживания больше или равно

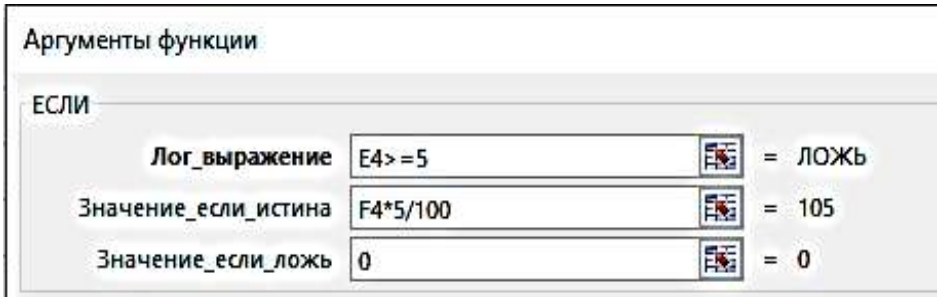
12, то скидка 12 %, иначе 0. Вычислить оплату со скидкой и оплату со скидкой в долларах.

G4 =ЕСЛИ(E4>=5;F4*5/100;0)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	**Оплата проживания в гостинице "Екатеринбург"**							
2	Оплата за сутки, руб		2100		Если количество дней больше 5, то скидка 5%			
3	№	Фамилия	Имя	Отчество	Количество дней	Оплата прожи-вания	Скидка	Оплата со скидкой
4	1	Забродский	Иван	Миронович	1			
5	2	Аккуратнова	Наталья	Сергеевна	9			
6	3	Боровская	Ирина	Николаевна	2			
7	4	Гара	Любовь	Витальевна	6			
8	5	Гарнович	Галина	Михайловна	12			
9	6	Героник	Наталья	Васильевна	8			
10	7	Езерский	Виктор	Иванович	15			
11	8	Кантин	Алексей	Станиславович	2			
12	9	Каратова	Людмила	Васильевна	10			
13					Итого	136500	6300	142800
14					Среднее	15166,67	700,00	15866,67

Методические указания

1. На **листе1** создайте таблицу для первого задания.
2. Для того, чтобы получить результат в ячейке F4, необходимо поставить знак «=» и в строке формул записать произведение «Количества дней на оплату за сутки» на ячейку С2, сделав адрес этой ячейки с абсолютной ссылкой (=E4*$C$2), затем при помощи маркера автозаполнения, указатель мыши вертикально протянуть вниз до строки F12.
3. Для того, чтобы вычислить Скидку, воспользуемся функцией =ЕСЛИ( ).



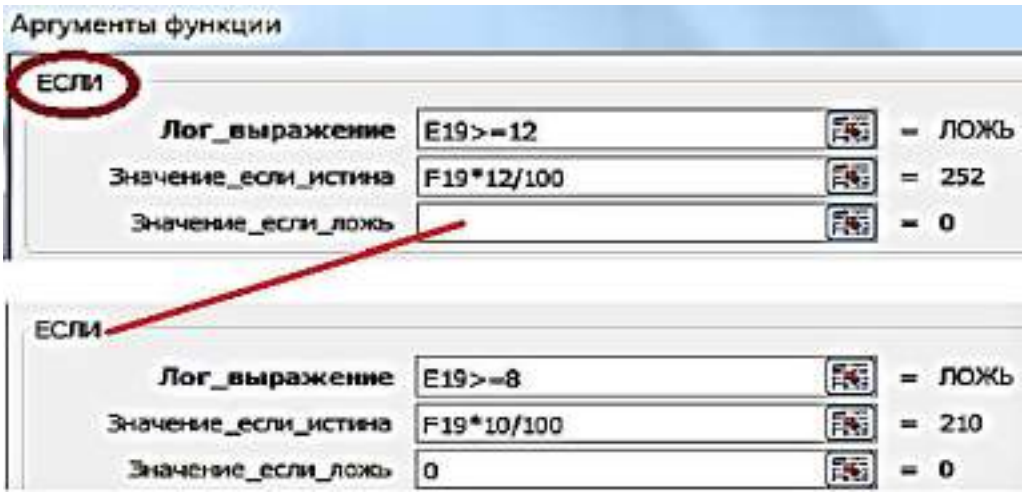
4. Для того, чтобы вычислить Оплату со скидкой, используем Сумму оплаты проживания и Скидки.
5. Снизу таблицы вычислите Итоговую строку и Среднее.

6. Скопировать таблицу ниже. Вписать в ячейку F17 Курс доллара, добавить и вычислить столбец «Оплата со скидкой в долларах».

G19 =ЕСЛИ(E19>=12;F19*12/100;ЕСЛИ(E19>=8;F19*10/100;0))

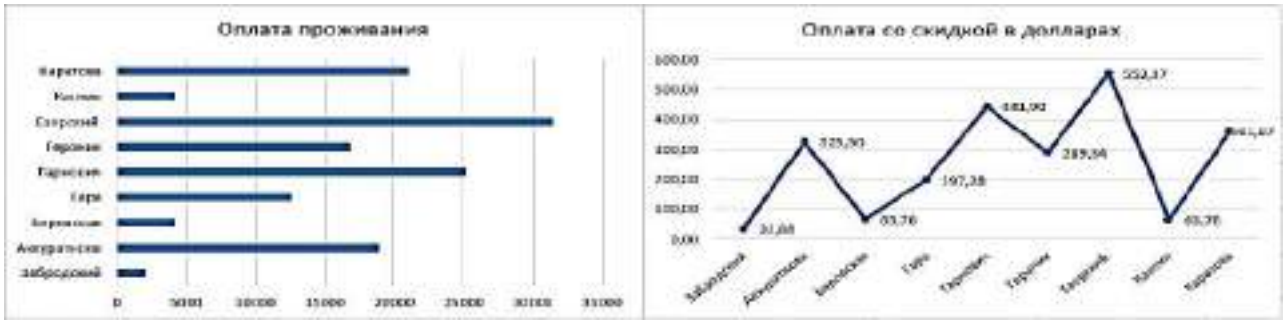
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
16	Оплата проживания в гостинице "Екатеринбург"								
17	Оплата за сутки, руб		2100		Курс доллара	63,87			
18	№	Фамилия	Имя	Отчество	Количество дней	Оплата проживания	Скидка	Оплата со скидкой	Оплата со скидкой в долларах
19	1	Забродский	Иван	Миронович	1	2100	0	2100	32,88
20	2	Аккуратова	Наталья	Сергеевна	9	18900	1890	20790	325,50
21	3	Боровская	Ирина	Николаевна	2	4200	0	4200	65,76
22	4	Гара	Любовь	Витальевна	6	12600	0	12600	197,28
23	5	Гарнович	Галина	Михайловна	12	25200	3024	28224	441,90
24	6	Герояк	Наталья	Васильевна	8	16800	1680	18480	289,34
25	7	Елеревский	Виктор	Иванович	15	31500	3780	35280	552,37
26	8	Кантин	Алексей	Станиславович	2	4200	0	4200	65,76
27	9	Каратова	Людмила	Васильевна	10	21000	2100	23100	361,67
28					Итого	136500	12474	148974	
29					Среднее	15166,67	1386,00	16552,67	

7. Изменить условие: если количество дней больше или равно 12, то скидка 12 %, а если больше или равно 8 дням – скидка 10 %, иначе 0.



8. Оплату со Скидкой и Скидкой в долларах вычислить самостоятельно.

9. Построить диаграммы.

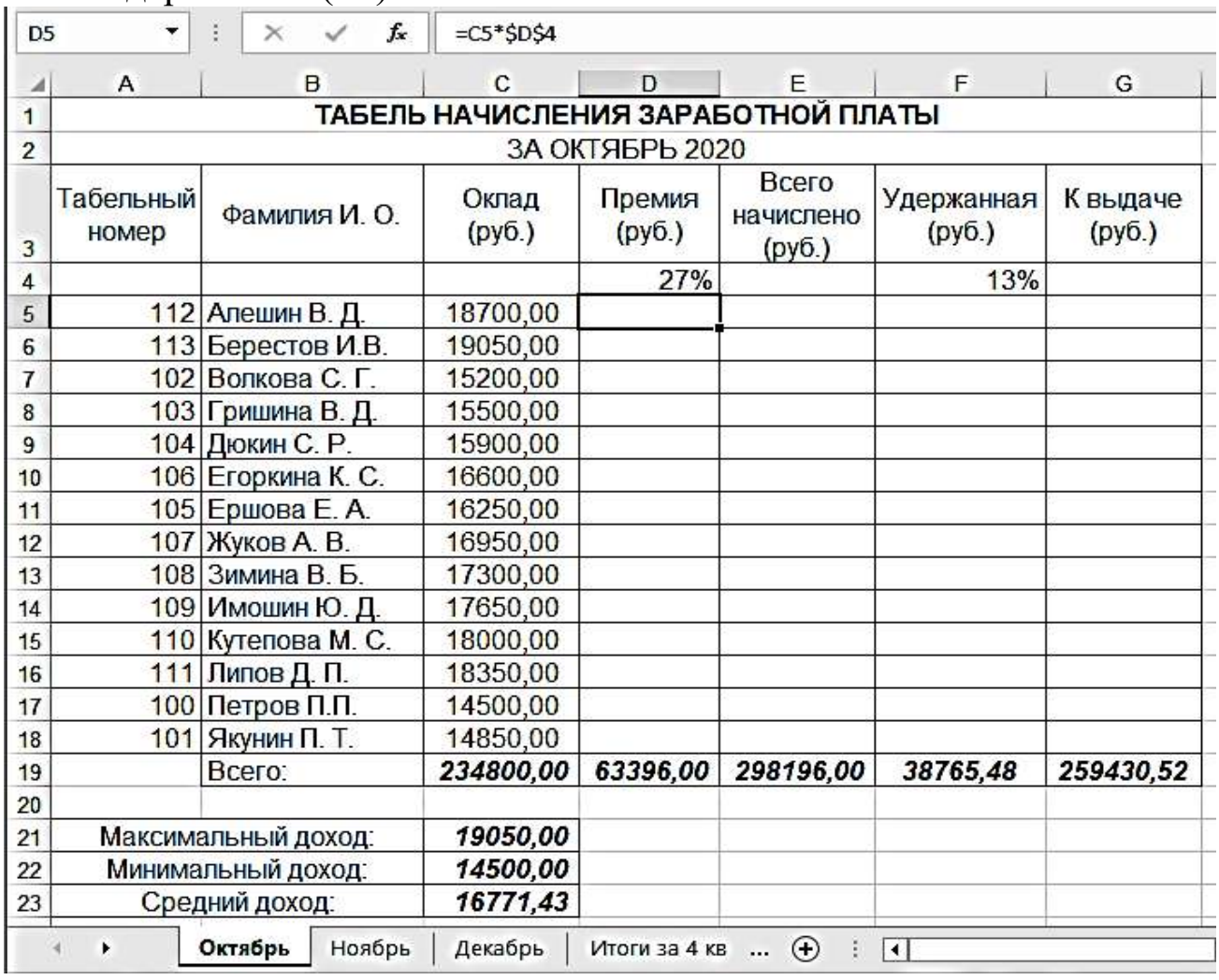


Задание № 2. Создайте таблицу «Табель начисления заработной платы». Вычислите зарплату: Всего начислено, Удержанную и К выдаче. Рассчитать доход: Максимальный, Минимальный и Средний. Построить диаграммы.

Методические указания

1. Для второго задания на **Листе2** создайте таблицу расчета заработной платы по образцу. Введите исходные данные – «Табельный номер», «ФИО» и «Оклад», «% Премии = 27 %», «% Удержания = 13 %».

2. Выделите отдельные ячейки для значений «% Премии» (D4) и «% Удержания» (F4).



D5 | =C5*$D$4

	A	B	C	D	E	F	G
1	ТАБЕЛЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ						
2	ЗА ОКТЯБРЬ 2020						
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Премия (руб.)	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4				27%		13%	
5	112	Алешин В. Д.	18700,00				
6	113	Берестов И.В.	19050,00				
7	102	Волкова С. Г.	15200,00				
8	103	Гришина В. Д.	15500,00				
9	104	Дюкин С. Р.	15900,00				
10	106	Егоркина К. С.	16600,00				
11	105	Ершова Е. А.	16250,00				
12	107	Жуков А. В.	16950,00				
13	108	Зимина В. Б.	17300,00				
14	109	Имошин Ю. Д.	17650,00				
15	110	Кутепова М. С.	18000,00				
16	111	Липов Д. П.	18350,00				
17	100	Петров П.П.	14500,00				
18	101	Якунин П. Т.	14850,00				
19		Всего:	***234800,00***	***63396,00***	***298196,00***	***38765,48***	***259430,52***
20							
21	Максимальный доход:		***19050,00***				
22	Минимальный доход:		***14500,00***				
23	Средний доход:		***16771,43***				

Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Итоги за 4 кв ...

3. Переименуйте ярлычок **Листа2**, присвоив ему имя «**Октябрь**». Для этого дважды щелкните мышью по ярлычку и наберите новое имя.

4. Произведите расчеты во всех столбцах таблицы.

5. «Премия» = «Оклад» * «% Премии» (ячейка D4 используется в виде абсолютной адресации F4); «Всего начислено» = «Оклад» + «Премия»; «Удержание» = «Всего начислено» * «% Удержания» (ячейка F4 используется в виде абсолютной адресации F4); «К выдаче» = «Всего начислено» – «Удержания»;

6. Рассчитайте Итоги по столбцам, а также Максимальный, Минимальный и Средний доходы.

7. Постройте гистограмму.

8. Скопируйте содержимое листа «**Октябрь**» на новый лист, присвойте скопированному листу название «**Ноябрь**». Исправьте название месяца в названии таблицы. Измените значение «Премии» на 32 %. Убедитесь, что программа произвела пересчет формул.

9. Между колонками «Премия» и «Всего начислено» вставьте новую колонку «Доплата» (*Вставка/Столбец*) и рассчитайте значение доплаты по формуле «Доплата» = «Оклад» * «% Доплаты». Значение Доплаты примите равным 5 %.

10. Измените формулу для расчета значений колонки «Всего начислено», «Всего начислено» = «Оклад» + «Премия» + «Доплата».

11. Проведите условное форматирование значений колонки «К выдаче». Установите формат *Правила выделения ячеек – больше – 20000 – Зеленая заливка и темно зеленый цвет*.

12. Затем проведите сортировку фамилий по возрастанию в алфавитном порядке по колонке «Фамилия И. О.» (выделите диапазон с 5 по 18 строки таблицы – без Итогов, выберите меню *Данные/Сортировка*, сортировать по – *Столбец B*).

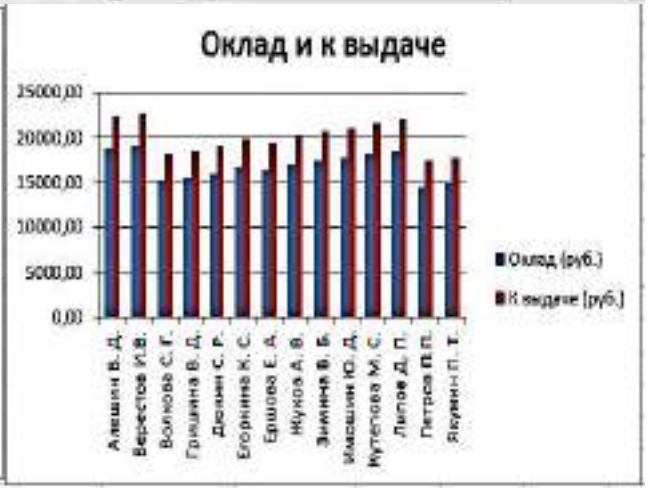
13. Построить круговую объемную диаграмму Начисленной суммы к выдаче всех сотрудников за Ноябрь месяц.

14. Построить гистограмму, в которой отражены Ф. И. О., Оклад и к выдаче за ноябрь.

H5 =F5-G5

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ТАБЕЛЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ							
2	ЗА НОЯБРЬ 2020							
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Премия (руб.)	Доплата	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4				32%	5%		13%	
5	112	Алешин В. Д.	18700,00	5984,00	935,00	25619,00	3330,47	22288,53
6	113	Берестов И.В.	19050,00	6096,00	952,50	26098,50	3392,81	22705,70
7	102	Волкова С. Г.	15200,00	4864,00	760,00	20824,00	2707,12	18116,88
8	103	Гришина В. Д.	15500,00	4960,00	775,00	21235,00	2760,55	18474,45
9	104	Дюкин С. Р.	15900,00	5088,00	795,00	21783,00	2831,79	18951,21
10	106	Егоркина К. С.	16600,00	5312,00	830,00	22742,00	2956,46	19785,54
11	105	Ершова Е. А.	16250,00	5200,00	812,50	22262,50	2894,13	19368,38
12	107	Жуков А. В.	16950,00	5424,00	847,50	23221,50	3018,80	20202,71
13	108	Зимина В. Б.	17300,00	5536,00	865,00	23701,00	3081,13	20619,87
14	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	5648,00	882,50	24180,50	3143,47	21037,04
15	110	Кутепова М. С.	18000,00	5760,00	900,00	24660,00	3205,80	21454,20
16	111	Липов Д. П.	18350,00	5872,00	917,50	25139,50	3268,14	21871,37
17	100	Петров П.П.	14500,00	4640,00	725,00	19865,00	2582,45	17282,55
18	101	Якунин П. Т.	14850,00	4752,00	742,50	20344,50	2644,79	17699,72
19		Всего:	234800,00	75136,00	11740,00	321676,00	41817,88	279858,12
20								
21	Максимальный доход:		19050,00					
22	Минимальный доход:		14500,00					
23	Средний доход:		16771,43					

Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Итоги за 4 кв ...



15. Рассчитать Зарплату за декабрь и построить диаграмму. Создать Итоговую таблицу ведомости квартального начисления заработной платы, провести расчет Промежуточных итогов по подразделениям. Для этого, скопируйте содержимое листа «**Ноябрь**» на новый лист электронной книги, присвойте скопированному листу

название «**Декабрь**». Исправьте название месяца в ведомости на «**Декабрь**».

16. Измените значение «Премии на 46 %», «Доплаты – на 8 %». Убедитесь, что программа произвела пересчет формул.

=F5*$G$4

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ТАБЕЛЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ							
2	ЗА ДЕКАБРЬ 2020							
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Премия (руб.)	Доплата	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4				46%	8%		13%	
5	112	Алешин В. Д.	18700,00	8602,00	1496,00	28798,00	3743,74	25054,26
6	113	Берестов И.В.	19050,00	8763,00	1524,00	29337,00	3813,81	25523,19
7	102	Волкова С. Г.	15200,00	6992,00	1216,00	23408,00	3043,04	20364,96
8	103	Гришина В. Д.	15500,00	7130,00	1240,00	23870,00	3103,10	20766,90
9	104	Дюкин С. Р.	15900,00	7314,00	1272,00	24486,00	3183,18	21302,82
10	106	Егоркина К. С.	16600,00	7636,00	1328,00	25564,00	3323,32	22240,68
11	105	Ершова Е. А.	16250,00	7475,00	1300,00	25025,00	3253,25	21771,75
12	107	Жуков А. В.	16950,00	7797,00	1356,00	26103,00	3393,39	22709,61
13	108	Зимина В. Б.	17300,00	7958,00	1384,00	26642,00	3463,46	23178,54
14	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	8119,00	1412,00	27181,00	3533,53	23647,47
15	110	Кутепова М. С.	18000,00	8280,00	1440,00	27720,00	3603,60	24116,40
16	111	Липов Д. П.	18350,00	8441,00	1468,00	28259,00	3673,67	24585,33
17	100	Петров П.П.	14500,00	6670,00	1160,00	22330,00	2902,90	19427,10
18	101	Якунин П. Т.	14850,00	6831,00	1188,00	22869,00	2972,97	19896,03
19		Всего:	234800,00	108008,00	18784,00	361592,00	47006,96	314585,04
20								
21	Максимальный доход:		19050,00					
22	Минимальный доход:		14500,00					
23	Средний доход:		16771,43					

17. Перед расчетом Итоговых данных за квартал проведите сортировку по Фамилиям в алфавитном порядке (по возрастанию) в ведомостях начисления зарплаты за «**Октябрь**» – «**Декабрь**».

18. Скопируйте содержимое листа «**Октябрь**» на новый лист, присвойте скопированному листу название «**Итоги за квартал**». Измените название таблицы на «Табель начисления заработной платы за 4-ый квартал».

19. Отредактируйте лист «**Итоги за квартал**» согласно образцу. Для этого удалите в основной таблице колонку «Премия», а также строку 4 с численными значениями «% Премии» и «% Удержания» и строку 19 «Всего». Удалите также строки с расчетом Максимального, Минимального и Среднего доходов под основной таблицей. Вставьте пустую третью строку.

20. Вставьте новый столбец «Подразделение» (*Вставка/Столбец*) между столбцами «Фамилия» и «Всего начислено». Заполните столбец «Подразделение» данными по образцу.

E4 =Октябрь!E5+Ноябрь!F5+Декабрь!F5

Вед_нач_зарплаты02окт [Режим совместимости]

	A	B	C	D	E	F	G
1	ВЕДОМОСТЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ						
2	Ведомость начисления заработной платы за 4 квартал						
3	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Подразделение	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
4	112	Алешин В. Д.	18700,00	Отдел менеджмента	*78166,00*	*10161,58*	*68004,42*
5	113	Берестов И.В.	19050,00	Отдел менеджмента	*79629,00*	*10351,77*	*69277,23*
6	102	Волкова С. Г.	15200,00	Отдел менеджмента	*63536,00*	*8259,68*	*55276,32*
7	103	Гришина В. Д.	15500,00	Бухгалтерия	*64790,00*	*8422,70*	*56367,30*
8	104	Дюкин С. Р.	15900,00	Отдел реализации	*66462,00*	*8640,06*	*57821,94*
9	106	Егоркина К. С.	16600,00	Отдел реализации	*69388,00*	*9020,44*	*60367,56*
10	105	Ершова Е. А.	16250,00	Отдел менеджмента	*67925,00*	*8830,25*	*59094,75*
11	107	Жуков А. В.	16950,00	Отдел менеджмента	*70851,00*	*9210,63*	*61640,37*
12	108	Зимина В. Б.	17300,00	Бухгалтерия	*72314,00*	*9400,82*	*62913,18*
13	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	Отдел реализации	*73777,00*	*9591,01*	*64185,99*
14	110	Кутепова М. С.	18000,00	Отдел менеджмента	*75240,00*	*9781,20*	*65458,80*
15	111	Липов Д. П.	18350,00	Бухгалтерия	*76703,00*	*9971,39*	*66731,61*
16	100	Петров П.П.	14500,00	Отдел реализации	*60610,00*	*7879,30*	*52730,70*
17	101	Якунин П. Т.	14850,00	Отдел реализации	*62073,00*	*8069,49*	*54003,51*
18		Всего:	*234800,00*				

Октябрь / Ноябрь / Декабрь / Итоги за 4 квартал

21. Произведите расчет Квартальных начислений, Удержаний и Суммы к выдаче, как Сумму начислений за каждый месяц (данные по месяцам располагаются на разных листах электронной книги, поэтому к адресу ячейки добавится адрес листа).

Краткая справка. Чтобы вставить в формулу адрес или диапазон ячеек с другого листа, следует во время ввода формулы щелкнуть по закладке этого листа и выделить на нем нужные ячейки. Вставляемый адрес будет содержать название этого листа.

В ячейке D5 для расчета квартальных начислений «Всего начислено» формула имеет вид**:**

= 'Зарплата декабрь"!F5 + 'Зарплата ноябрь"!F5 + 'Зарплата октябрь"!E5.

Аналогично произведите квартальный расчет «Удержания» и «К выдаче».

22. Отсортируйте данные по подразделению.

23. Скопируйте содержимое листа «**Итоги за 4-й квартал**» на новый лист электронной книги, присвойте скопированному листу название «**Промежуточные итоги**».

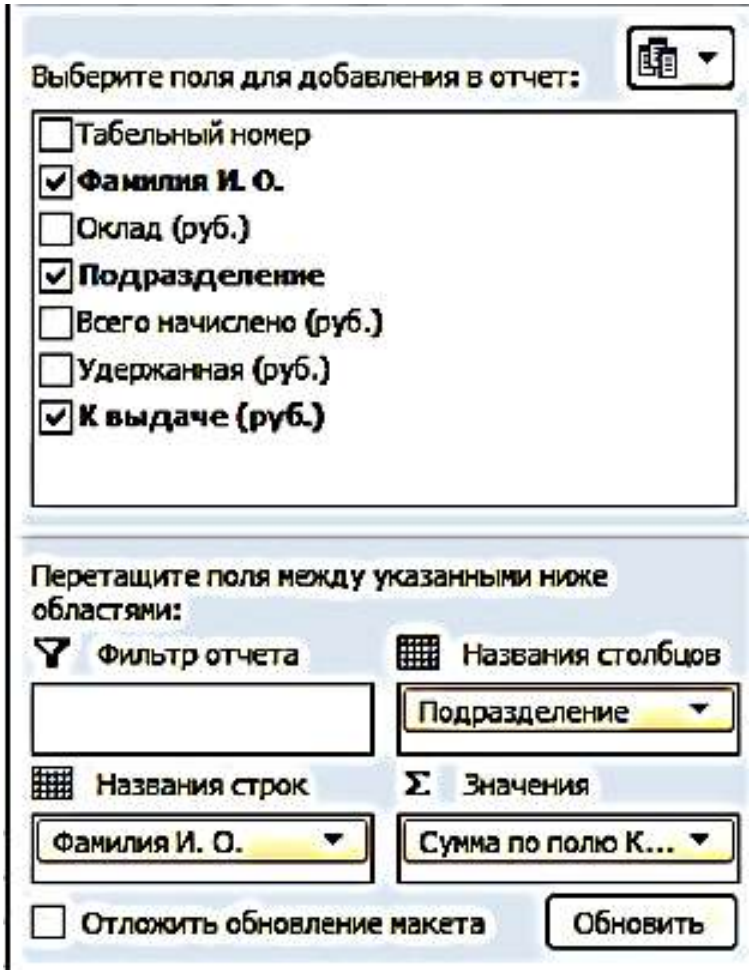
24. Подведите Промежуточные итоги по подразделениям, используя формулу суммирования. Для этого, добавьте пустую строку перед таблицей, выделите всю таблицу и выполните команду *Данные/Итоги*. Задайте параметры подсчета Промежуточных итогов: при каждом изменении в — «Подразделение», операция – «Сумма», добавить итоги по «Всего начислено», «Удержания», «К выдаче».

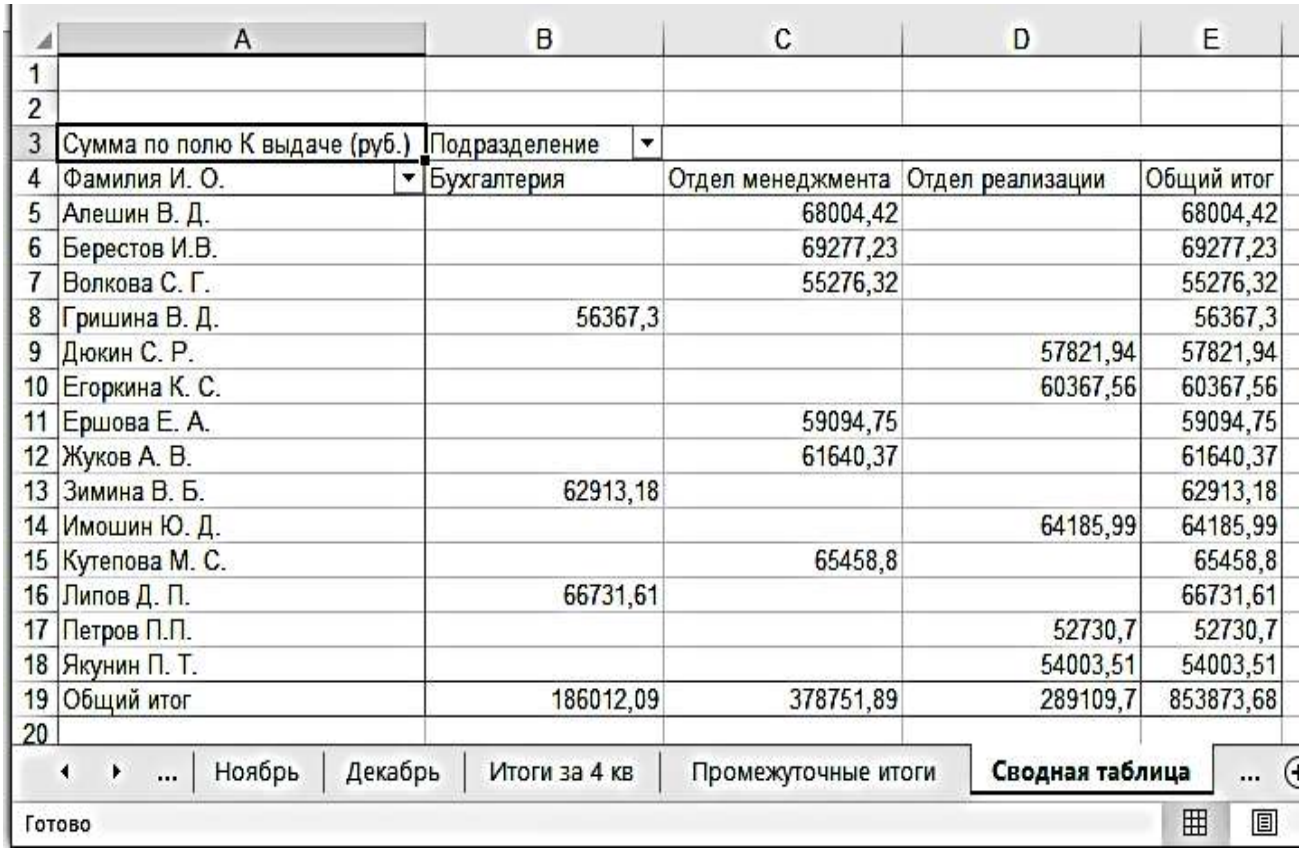
Отметьте галочкой операции «Заменить текущие итоги» и «Итоги под данными»

	A	B	C	D	E	F	G
1	ВЕДОМОСТЬ НАЧИСЛЕНИЯ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ						
2	Ведомость начисления заработной платы за 4 квартал						
3							
4	Табельный номер	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Подразделение	Всего начислено (руб.)	Удержанная (руб.)	К выдаче (руб.)
5	103	Гришина В. Д.	15500,00	Бухгалтерия	64790,00	8422,70	56367,30
6	108	Зимина В. Б.	17300,00	Бухгалтерия	72314,00	9400,82	62913,18
7	111	Липов Д. П.	18350,00	Бухгалтерия	76703,00	9971,39	66731,61
8				Бухгалтерия Итог	213807,00	27794,91	186012,09
9	112	Алешин В. Д.	16700,00	Отдел менеджмента	79166,00	10161,58	69004,42
10	113	Берестов И.В.	19050,00	Отдел менеджмента	79629,00	10351,77	69277,23
11	102	Волкова С. Г.	15200,00	Отдел менеджмента	63536,00	8259,68	55276,32
12	105	Ершова Е. А.	16250,00	Отдел менеджмента	67925,00	8830,25	59094,75
13	107	Жуков А. В.	16950,00	Отдел менеджмента	70851,00	9210,63	61640,37
14	110	Кутепова М. С.	18000,00	Отдел менеджмента	75240,00	9781,20	65458,80
15				Отдел менеджмента Итог	435347,00	56595,11	378751,89
16	104	Дюкин С. Р.	15900,00	Отдел реализации	66462,00	8640,06	57821,94
17	106	Егоркина К. С.	16600,00	Отдел реализации	69388,00	9020,44	60367,56
18	109	Имошин Ю. Д.	17650,00	Отдел реализации	73777,00	9591,01	64185,99
19	100	Петров П.П.	14500,00	Отдел реализации	60610,00	7879,30	52730,70
20	101	Якунин П. Т.	14850,00	Отдел реализации	62073,00	8069,49	54003,51
21				Отдел реализации Итог	332310,00	43200,30	289109,70
22				Общий итог	981464,00	127590,32	853873,68
23		Всего	234800,00				

Октябрь / Ноябрь / Декабрь / Итоги за 4 кв. \ Промежуточные итоги /

25. Скопируйте содержимое листа «**Итоги за 4-ый квартал**» на новый лист электронной книги, присвойте скопированному листу название «**Сводная таблица**». Для этого, выделите в таблице ячейки с адресом A5 по G17, затем *Вставка – Сводная таблица*, выберите поля для добавления в отчет.





	A	B	C	D	E
1					
2					
3	Сумма по полю К выдаче (руб.)	Подразделение			
4	Фамилия И. О.	Бухгалтерия	Отдел менеджмента	Отдел реализации	Общий итог
5	Алешин В. Д.		68004,42		68004,42
6	Берестов И.В.		69277,23		69277,23
7	Волкова С. Г.		55276,32		55276,32
8	Гришина В. Д.	56367,3			56367,3
9	Дюкин С. Р.			57821,94	57821,94
10	Егоркина К. С.			60367,56	60367,56
11	Ершова Е. А.		59094,75		59094,75
12	Жуков А. В.		61640,37		61640,37
13	Зимина В. Б.	62913,18			62913,18
14	Имошин Ю. Д.			64185,99	64185,99
15	Кутепова М. С.		65458,8		65458,8
16	Липов Д. П.	66731,61			66731,61
17	Петров П.П.			52730,7	52730,7
18	Якунин П. Т.			54003,51	54003,51
19	Общий итог	186012,09	378751,89	289109,7	853873,68
20					

Лабораторная работа № 5. «Функции даты и времени»

Задание № 1. Создать таблицу «Ведомость студентов» и построить две диаграммы. Рассчитать средний балл по трем предметам.

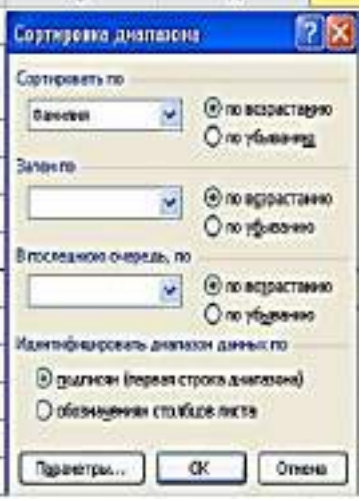
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Создать таблицу "Ведомость студентов заочного факультета", вычислить средний балл.								
2	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл
3	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	4275	3	2	4	3,00
4	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	3336	3	2	4	3,00
5	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	2397	5	5	5	5,00
6	4	Гришин	Александр	12.12.1987	1458	5	5	5	5,00
7	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	5423	4	4	5	4,33
8	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	2388	3	2	5	3,33
9	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	4353	4	5	5	4,67
10	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	3318	5	4	5	4,67
11	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	2283	4	4	4	4,00

Методические указания

1. Создать таблицу, вычислить средний балл. **Лист1** переименовать в «**Исходный**».

2. Скопировать таблицу ниже. Отсортировать данные таблицы по Фамилиям в алфавитном списке (по возрастанию). Выделить ячейки A16:I24, *Данные – Сортировка*. Вычислить Итоговую строку.

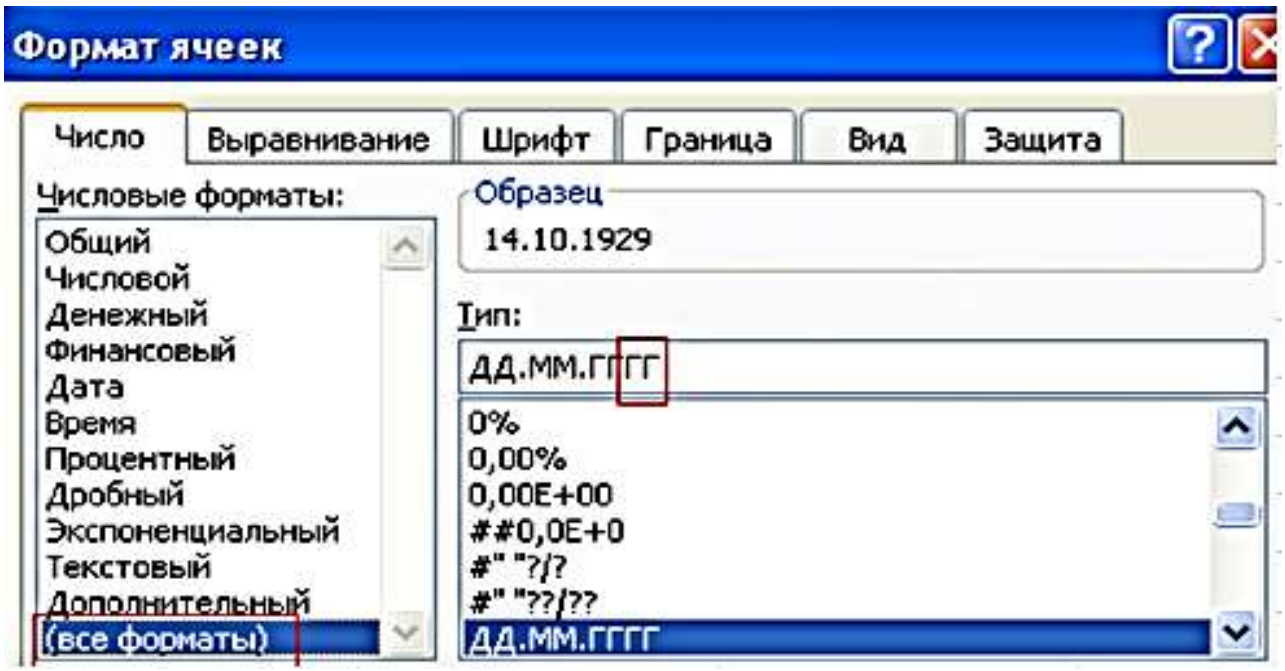
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
14									
15	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл
16	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	4275	3	2	4	3,00
17	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	3336	3	2	4	3,00
18	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	2283	4	4	4	4,00
19	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	2397	5	5	5	5,00
20	4	Гришин	Александр	12.12.1987	1458	5	5	5	5,00
21	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	5423	4	4	5	4,33
22	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	2388	3	2	5	3,33
23	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	4353	4	5	5	4,67
24	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	3318	5	4	5	4,67
25					Итого:	36,00	33,00	42,00	37,00



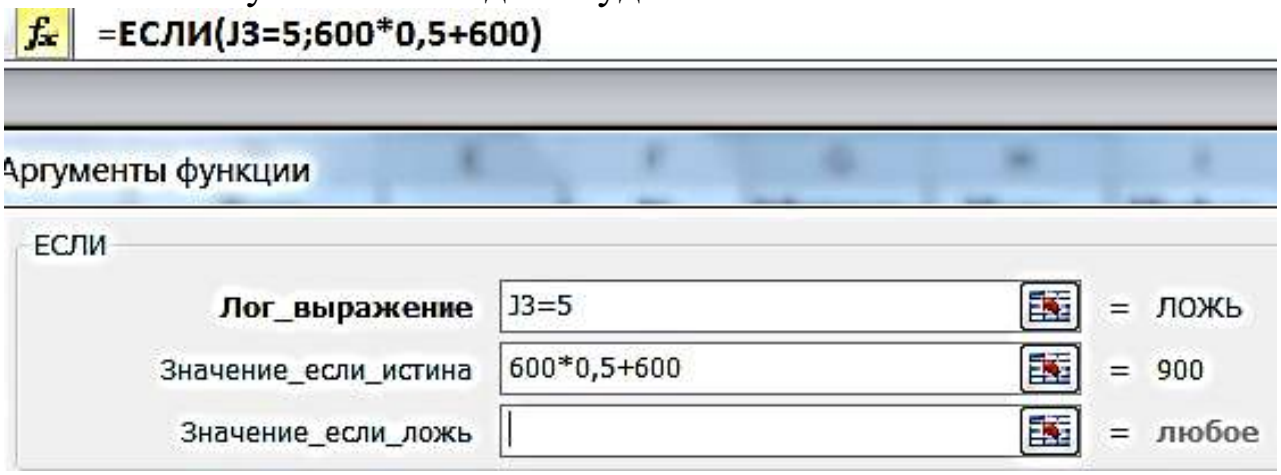
3. Скопировать таблицу на **Лист2** и переименовать в "**Возраст**". Создать поле Возраст (после Даты рождения) – *Вставка – Столбец*. Считаем возраст студентов по формуле: =СЕГОДНЯ()-D3.

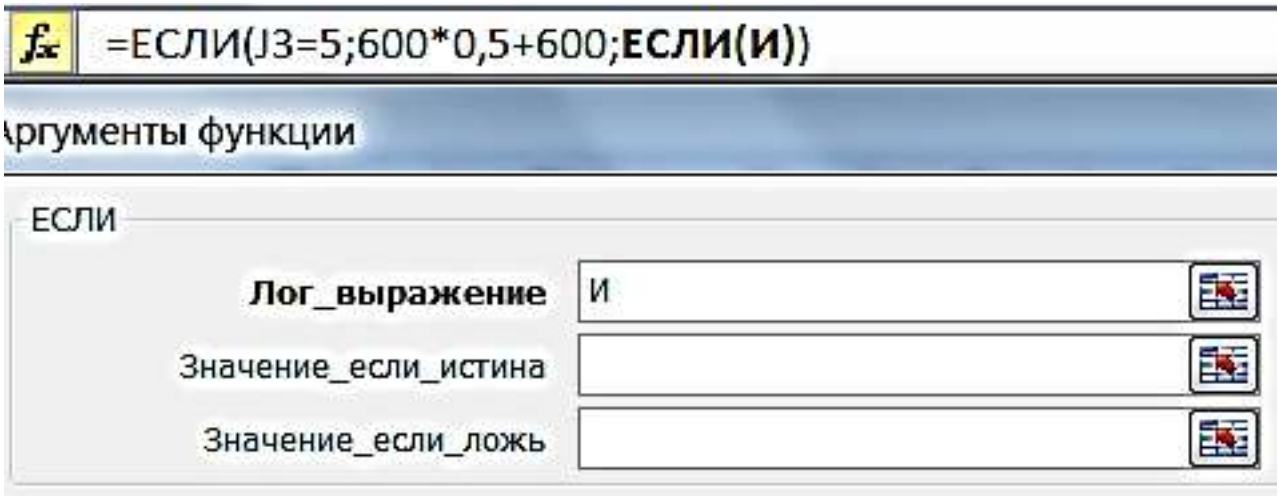
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	Возраст	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл
3	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	33	4275	3	2	4	3,00
4	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	32	3336	3	2	4	3,00
5	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	30	2283	4	4	4	4,00
6	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	31	2397	5	5	5	5,00
7	4	Гришин	Александр	12.12.1987	31	1458	5	5	5	5,00
8	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	31	5423	4	4	5	4,33
9	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	31	2388	3	2	5	3,33
10	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	31	4353	4	5	5	4,67
11	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	30	3318	5	4	5	4,67
12				Минимальный:	30	Итого:	36,00	33,00	42,00	37,00
13										
14	Определяем самого молодого студента с помощью мастера функций: =МИН()									

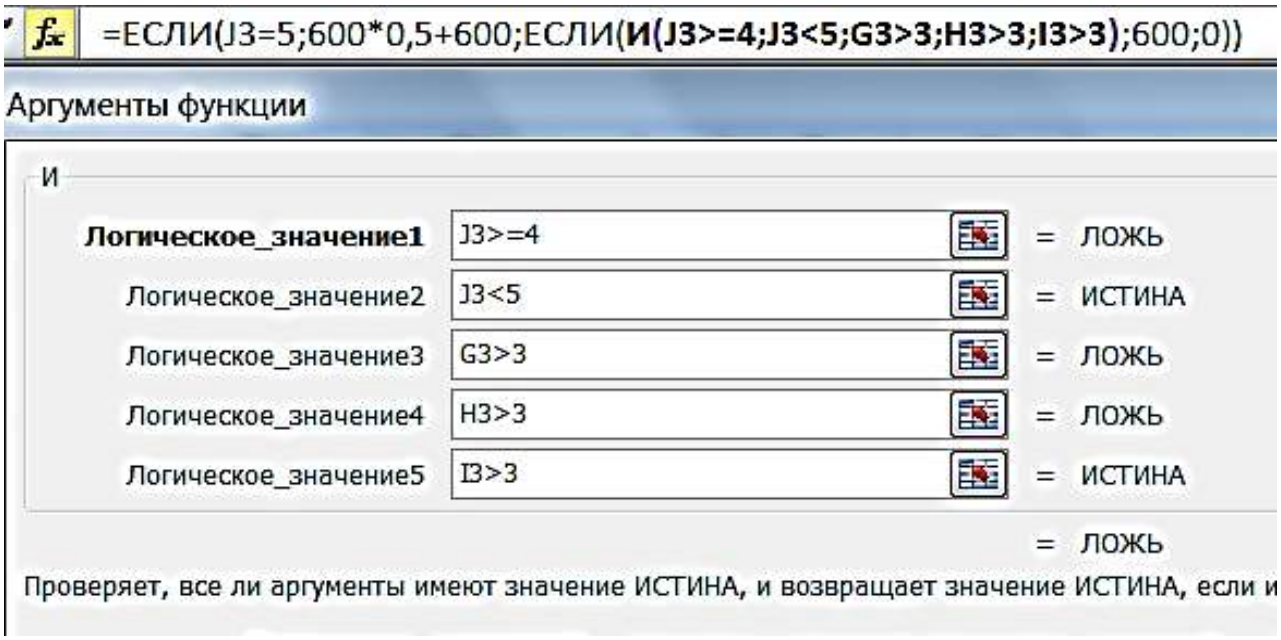
4. Полученный результат представляем в формате *Год – Формат ячейки* – выбираем нужный формат (ГГ).



5. Добавляем к списку с «Данными о студентах» столбец «Стипендия» – *Вставка – Столбец*. Назначаем дифференцированную стипендию: если средний балл студента равен 5, то повышенная стипендия, (50 % от 600 руб.), средний балл от 4 до 5 и все экзамены сданы без троек – стипендия назначается в размере 600 руб., в остальных случаях стипендия студентам не назначается.





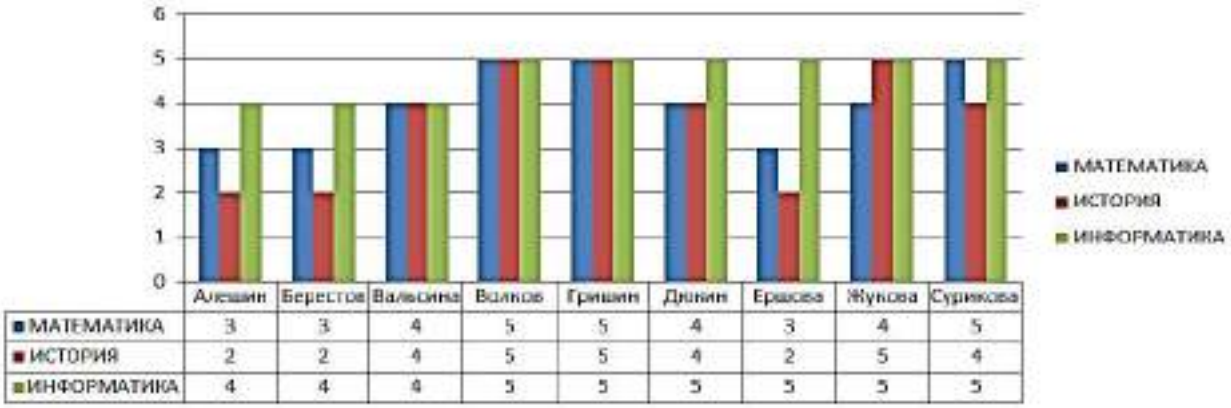


=ЕСЛИ(J3=5;600*0,5+600;ЕСЛИ(И(J3>=4;J3<5;G3>3;H3>3;I3>3);600;0))

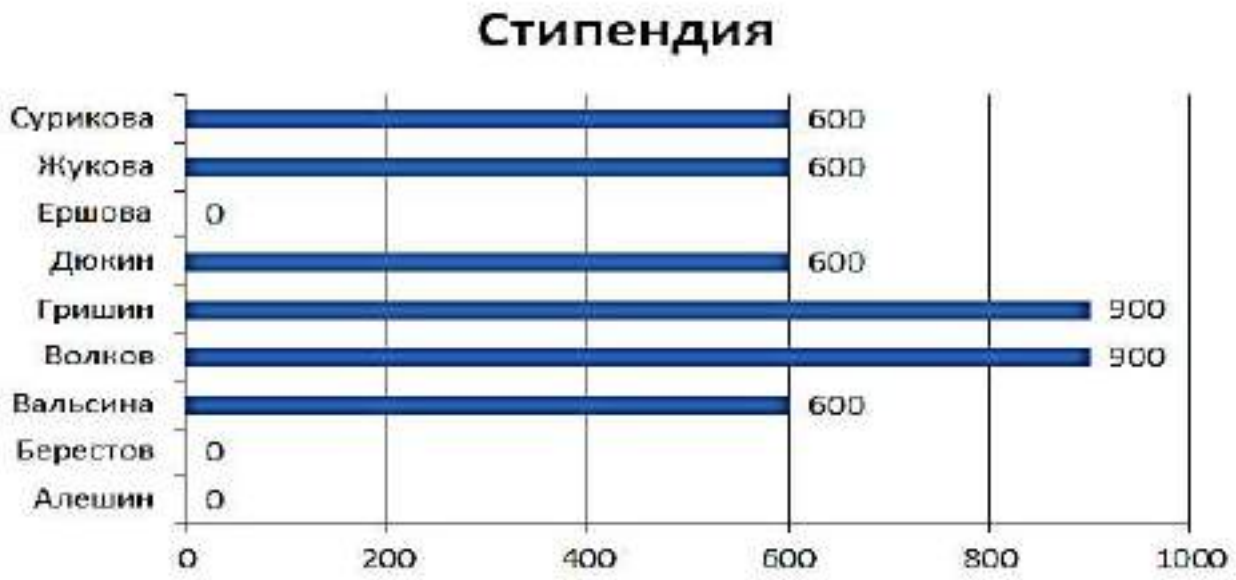
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	№ п/п	Фамилия	Имя	Дата рождения	Возраст	№ группы	Математика	История	Информатика	Ср. балл	Стипендия
3	1	Алешин	Евгений	16.02.1986	33	4275	3	2	4	3,00	0
4	2	Берестов	Андрей	25.10.1987	32	3336	3	2	4	3,00	0
5	9	Вальсина	Анна	17.06.1989	30	2283	4	4	4	4,00	600
6	3	Волков	Дмитрий	20.11.1987	31	2397	5	5	5	5,00	900
7	4	Гришин	Александр	12.12.1987	31	1458	5	5	5	5,00	900
8	5	Дюкин	Денис	19.02.1988	31	5423	4	4	5	4,33	600
9	6	Ершова	Юлия	12.04.1988	31	2388	3	2	5	3,33	0
10	7	Жукова	Ирина	27.04.1988	31	4353	4	5	5	4,67	600
11	8	Сурикова	Ирина	26.12.1988	30	3318	5	4	5	4,67	600
12			Минимальный:		30	Итого:	36,00	33,00	42,00	37,00	

Исходный | Возраст | Стипендия

6. Построить диаграммы.



	Алешин	Берестов	Вальсина	Волков	Гришин	Дюкин	Ершова	Жукова	Сурикова
МАТЕМАТИКА	3	3	4	5	5	4	3	4	5
ИСТОРИЯ	2	2	4	5	5	4	2	5	4
ИНФОРМАТИКА	4	4	4	5	5	5	5	5	5



Задание № 2. Создать таблицу «Возраст», которая автоматически высчитывает возраст по Дате рождения и определяет социальную группу по Возрасту. Так как электронная таблица связана с системной датой, в таблице приведены сведения по состоянию на 08 ноября 2019. Поэтому в выполняемой таблице значения должны соответствовать состоянию на конкретную дату.

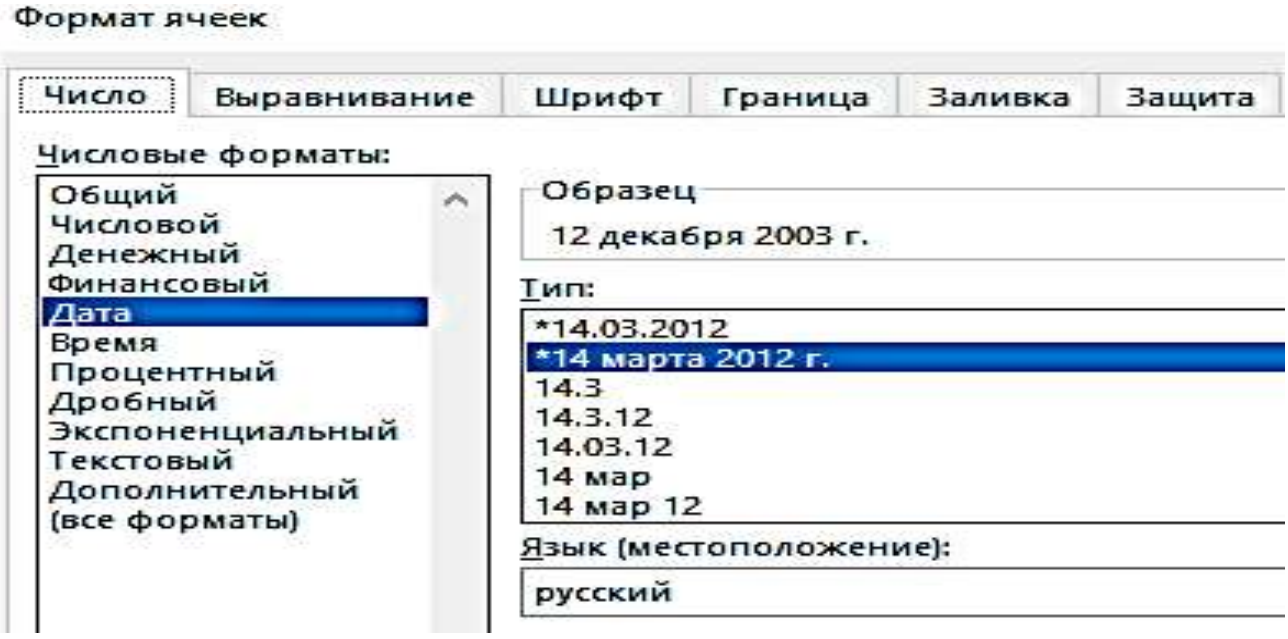
K3

=ЕСЛИ(D3="м";ЕСЛИ(J3>65;"ПЕНСИОНЕР";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНЕЦ";"РАБОТАЮЩИЙ"));ЕСЛИ(D3="ж";ЕСЛИ(J3>60;"ПЕНСИОНЕРКА";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНКА";"РАБОТАЮЩАЯ"))))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Задание 1. Создайте таблицу "Возраст"										
2	№	Фамилия	Дата рождения	Пол	Возраст без учета дня рождения (число)	Возраст с учетом дня рождения (ДАТА)	Месяц рождения	День рождения	Функция ДАТА ()	Возраст с учетом даты (число)	Социальная группа
3	1	Алешин	12 декабря 2003 г.	м	16	15	12	12	12	15	ИЖДИВЕНЕЦ
4	2	Берестов	20 января 1945 г.	м	74	74	1	20	20	74	ПЕНСИОНЕР
5	3	Волкова	30 ноября 1990 г.	ж	29	28	11	30	30	28	РАБОТАЮЩАЯ
6	4	Гришина	15 марта 1998 г.	м	21	21	3	15	15	21	РАБОТАЮЩИЙ
7	5	Дюкин	13 февраля 1995 г.	м	24	24	2	13	13	24	РАБОТАЮЩИЙ
8	6	Ершова	21 апреля 1997 г.	ж	22	22	4	21	21	22	РАБОТАЮЩАЯ
9	7	Егоркина	31 мая 1950 г.	ж	69	69	5	31	31	69	ПЕНСИОНЕРКА
10	8	Жуков	16 марта 1996 г.	м	23	23	3	16	16	23	РАБОТАЮЩИЙ
11	9	Зимина	27 июля 2005 г.	ж	14	14	7	27	27	14	ИЖДИВЕНКА
12	10	Имошин	22 января 1969 г.	м	50	50	1	22	22	50	РАБОТАЮЩИЙ
13	11	Кутепова	3 июня 1960 г.	ж	59	59	6	3	03	59	РАБОТАЮЩАЯ
14	12	Липов	17 августа 1930 г.	м	89	89	8	17	17		ПЕНСИОНЕР

Методические указания

1. Заполнить данными столбцы «№», «Фамилия», «Дата рождения», «Пол». Следует помнить, что даты нужно вносить числами, разделёнными точкой, (например, 12.12.2020). Чтобы месяц выводился словом и к году приписывалась буква «г.», нужно отформатировать ячейку *Главная – Ячейки – Формат – Ячейки*, выбрать закладку *Число*, далее *Дата* и в списке найти нужный вариант представления даты.



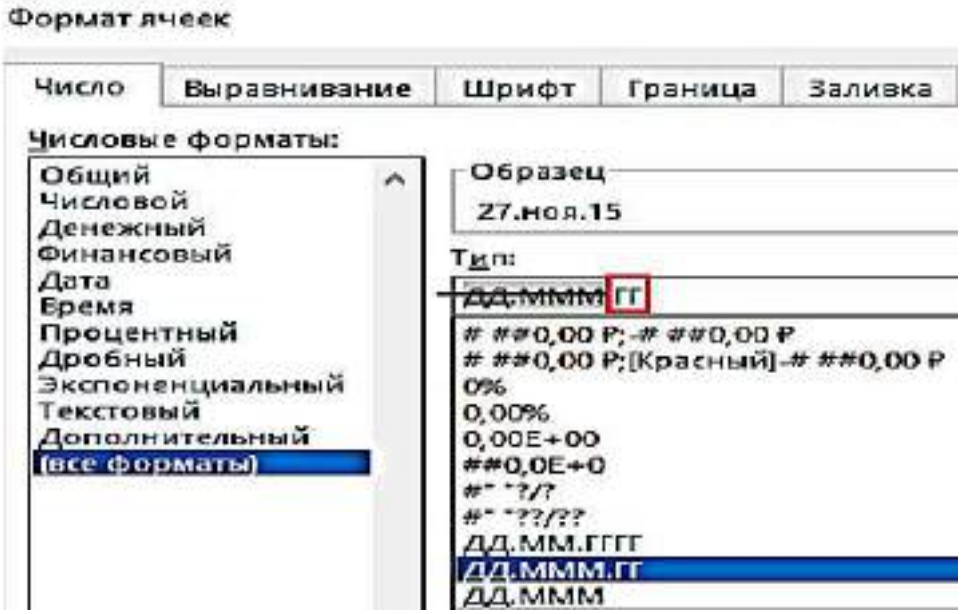
2. В столбце «Возраст без учёта даты» возраст подсчитывается первым способом: как разницу между годом рождения и текущим годом – Столбец Е. Выражение, сформированное мастером функций, в этом случае будет выглядеть так: =ГОД(СЕГОДНЯ()) - ГОД(С3).

3. Вычисленное таким образом значение является числом. Но программа может ошибочно отнести его к типу «Дата-время». В этом случае нужно вручную задать тип данных «Числовой». Для этого следует выделить область ячеек Е3:Е7, затем *Главная – Формат – Ячейки*, выбрать закладку *Число* и указать на строку *Числовой*.

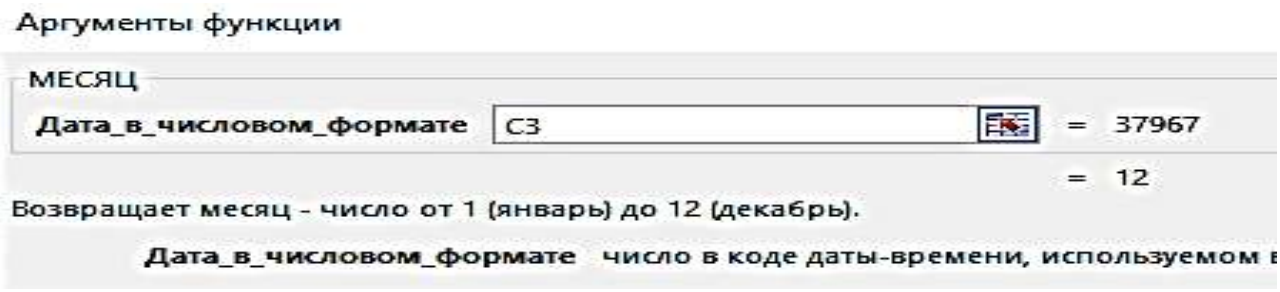
4. Недостаток такого вычисления очевиден, так как возраст вычисляется без учёта месяца и дня рождения. Но полученное значение является числом и его можно использовать в дальнейшем, в математических вычислениях.

5. В столбце «Возраст с учётом Даты» (столбец F) значение возраста подсчитывается другим способом: как разница между Сегодняшней датой и Датой рождения. В этом случае формула будет выглядеть так: = СЕГОДНЯ()-С3.

6. Вычисленное таким образом значение будет являться датой. Чтобы дата выводилась в полных годах, нужно ввести дополнительный формат. Для этого следует выделить область ячеек F3:F7, выбрать *Главная – Формат – Ячейки*, затем закладку *Число*, указать в списке форматов на строку (*все форматы*), а затем, в окно «Тип» ввести «ГГ» или преобразовать существующее.



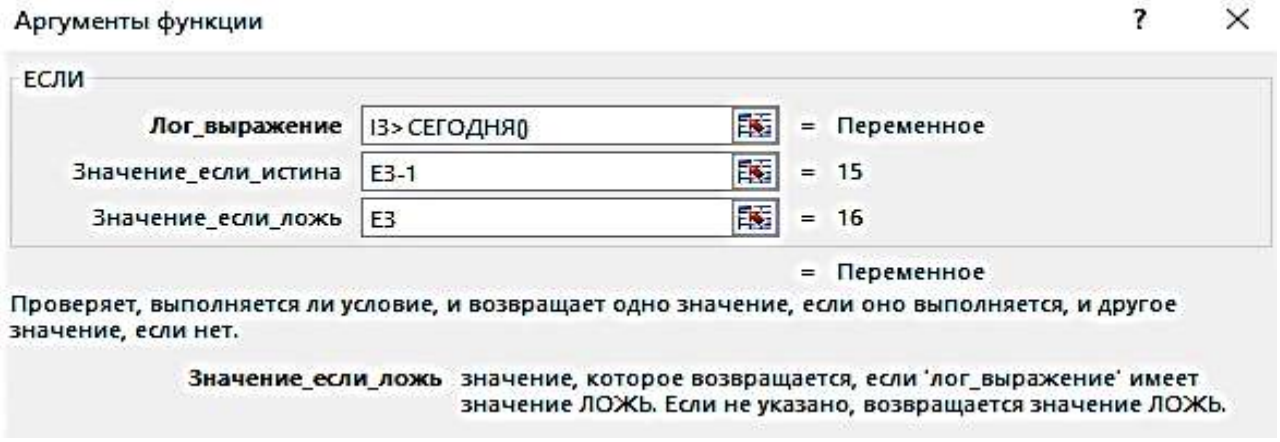
7. Месяц рождения подсчитывается с помощью функции «МЕСЯЦ» мастера функций, как =МЕСЯЦ(С3).



8. День рождения подсчитывается с помощью мастера функций «ДЕНЬ» как =ДЕНЬ(C3).

9. Чтобы подсчитать возраст с точностью до дня как число, нужно сначала создать Промежуточную дату, у которой год совпадает с текущим годом, а Месяц и День недели совпадает с днём и месяцем Дня рождения.

10. Чтобы определить возраст точно, как число, нужно сравнить Текущую дату с Полученной датой. Если сегодняшняя дата больше, т. е. дня рождения ещё не было, то от возраста по годам нужно отнять единицу.



11. Анализ «Пенсионер – Работающий – Иждивенец» выполнить с помощью тройного вложения функции «ЕСЛИ». Логика отбора следующая:

– для мужчин – если пол = «м», то – если возраст больше 65, то отнести к категории «Пенсионеров», а иначе – если возраст меньше 18 лет, то – «Иждивенец», во всех остальных случаях – «Работающий».

– для женщин – если пол равен «ж» или не равен «м», то – если возраст больше 60, то – «Пенсионерка», а если возраст меньше 18 лет, то к – «Иждивенка», иначе – «Работающая».

=ЕСЛИ(D3="м";ЕСЛИ(J3>65;"ПЕНСИОНЕР";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНЕЦ";"РАБОТАЮЩИЙ"));ЕСЛИ(D3="ж";ЕСЛИ(J3>60;"ПЕНСИОНЕРКА";ЕСЛИ(J3<18;"ИЖДИВЕНКА";"РАБОТАЮЩАЯ")))).

Примечание, если для построения выражения социальной группы использовать возраст с учётом даты (ДАТА), т. е. столбец F, то машина сообщит об ошибке, так как тип данных в этом столбце не является числом.

Лабораторная работа № 6. «Использование функций СЧЕТЕСЛИ(), СУММЕСЛИ()»

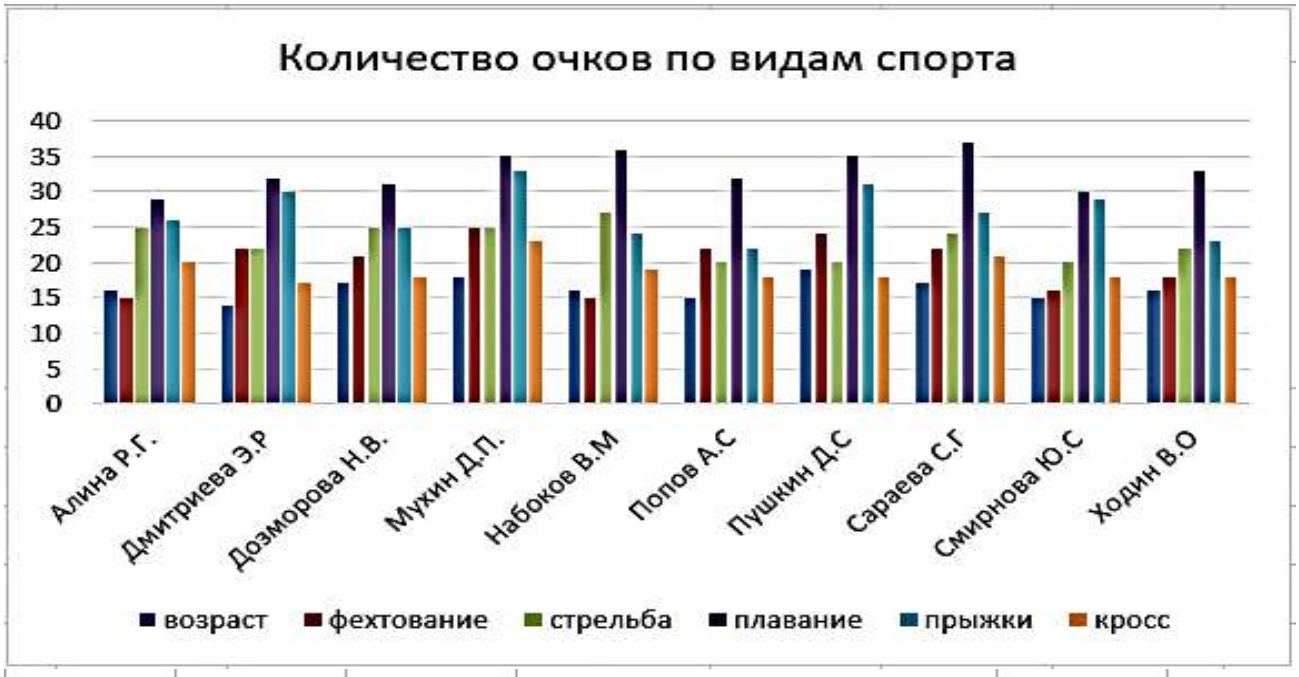
Задание № 1. Создать таблицу «Итоги соревнований пятиборцев». Рассчитать сумму очков и средний результат.

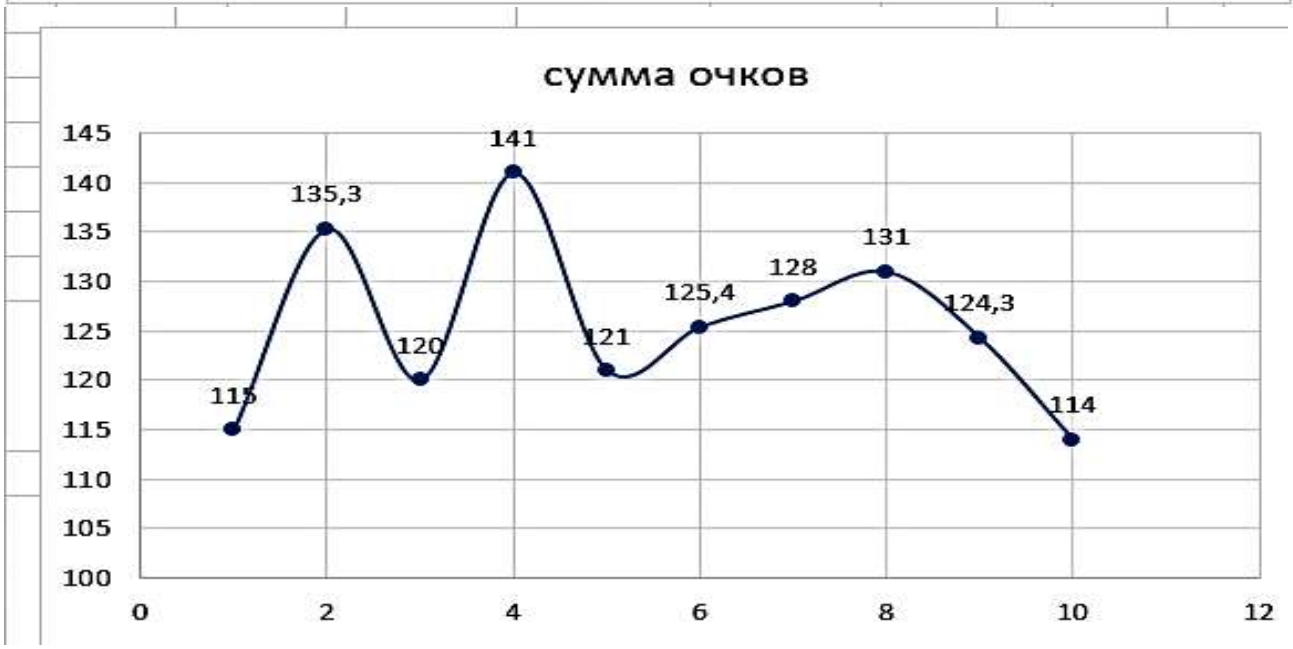
H8 | =ЕСЛИ(B8<16;СУММ(C8:G8)*1,1;СУММ(C8:G8))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6	Итоги соревнований пятиборцев								
7	Фамилия	возраст	фехтование	стрельба	плавание	прыжки	кросс	сумма очков	
8	Алина Р.Г.	16	15	25	29	26	20	115	
9	Дмитриева Э.Р	14	22	22	32	30	17	135	
10	Дозморова Н.В.	17	21	25	31	25	18	120	
11	Мухин Д.П.	18	25	25	35	33	23	141	
12	Набоков В.М	16	15	27	36	24	19	121	
13	Попов А.С	15	22	20	32	22	18	125	
14	Пушкин Д.С	19	24	20	35	31	18	128	
15	Сараева С.Г	17	22	24	37	27	21	131	
16	Смирнова Ю.С	15	16	20	30	29	18	124	
17	Ходин В.О	16	18	22	33	23	18	114	
18									
19	Средний результат		20	23	33	27	19		

Методические указания

1. Заполнить таблицу данными.
2. Вычислить средний результат, используя функцию =СРЗНАЧ().
3. Результаты спортсменов-пятиборцев оцениваются по сумме очков, набранных за каждый из пяти видов, плюс 10 % от набранной суммы для спортсменов младше 16 лет. Для этого используем функцию ЕСЛИ().
4. Постройте диаграммы, отображающие полученные результаты спортсменов по каждому виду спорта.





Задание № 2. Создать таблицу «Зарплатная ведомость». Рассчитать Премию и Количество с определенными условиями.

C23 =СЧЁТЗ(A11:A20)

	A	B	C	D	E	F
10	Фамилия	Имя	Отчество	Отдел	Оклад	Премия
11	Андросова	Инна	Романовна	Бухгалтерия	15730,00	3146,00
12	Биркин	Борис	Викторович	Сбыт	16250,00	
13	Волков	Олег	Игоревич	Склад	14890,00	
14	Губин	Григорий	Андронович	Склад	15800,00	
15	Дубровский	Олег	Львович	Бухгалтерия	16520,00	
16	Еремеев	Егор	Кузьмич	Кадры	14900,00	
17	Жуков	Евгений	Николаевич	Сбыт	15730,00	
18	Зыкина	Зинаида	Максимовна	Кадры	14970,00	
19	Иванов	Олег	Сергеевич	Склад	15940,00	
20	Куликова	Клавдия	Васильевна	Бухгалтерия	15730,00	
21				Итого	156460,00	26816,00
22						
23	Количество сотрудников		10			
24	Бухгалтерия		3	Бухгалтерия	47980,00	
25	Сбыт		?	Сбыт		
26	Склад		?	Склад		
27	Кадры		?	Кадры		
28	>16000		2	Итого	156460,00	
29	Олег		3			

Методические указания

1. Для Задания № 2 на **Листе2** создайте таблицу расчета Заработной платы.

2. Подсчитать величину Премии. Условия: если у сотрудника оклад больше 15000 рублей, то премия равна 20 % от оклада. А для остальных работников – 10 % от оклада. Для этого используем функцию ЕСЛИ().

3. Вычислить Итоговую строку для Оклада и Премии.

4. Подсчитать количество сотрудников в каждом отделе. Для этого используем функцию СЧЕТЕСЛИ().

C24 | =СЧЁТЕСЛИ(D11:D20;A24)

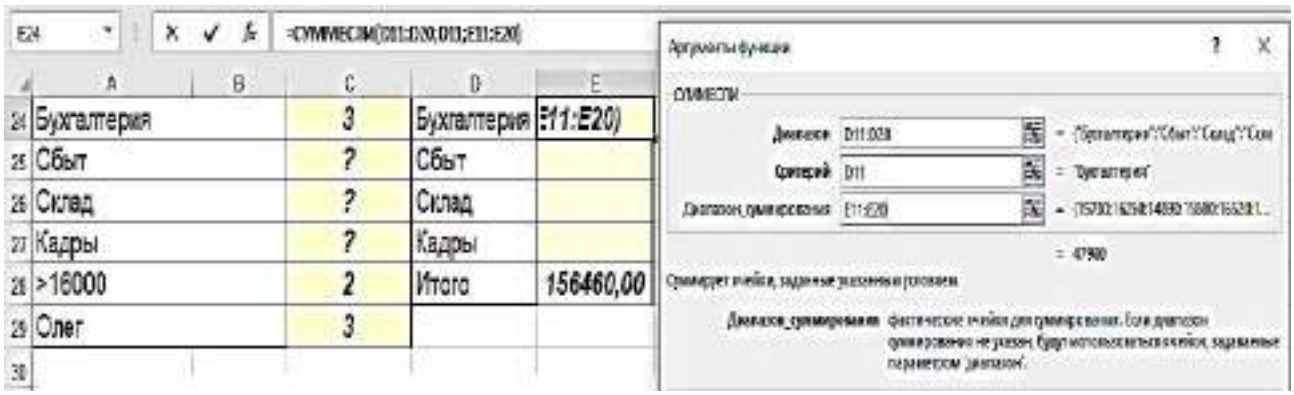
	A	B	C	D	E
23	Количество сотрудников		10		
24	Бухгалтерия		3	Бухгалтерия	47980,00
25	Сбыт		?	Сбыт	
26	Склад		?	Склад	
27	Кадры		?	Кадры	
28	>16000		2	Итого	156460,00
29	Олег		3		

5. Пункты 5, 6, 7 вычисляются при помощи функции =СЧЕТЕСЛИ(). Подсчитать Суммы окладов всех работников в Каждом отделе.

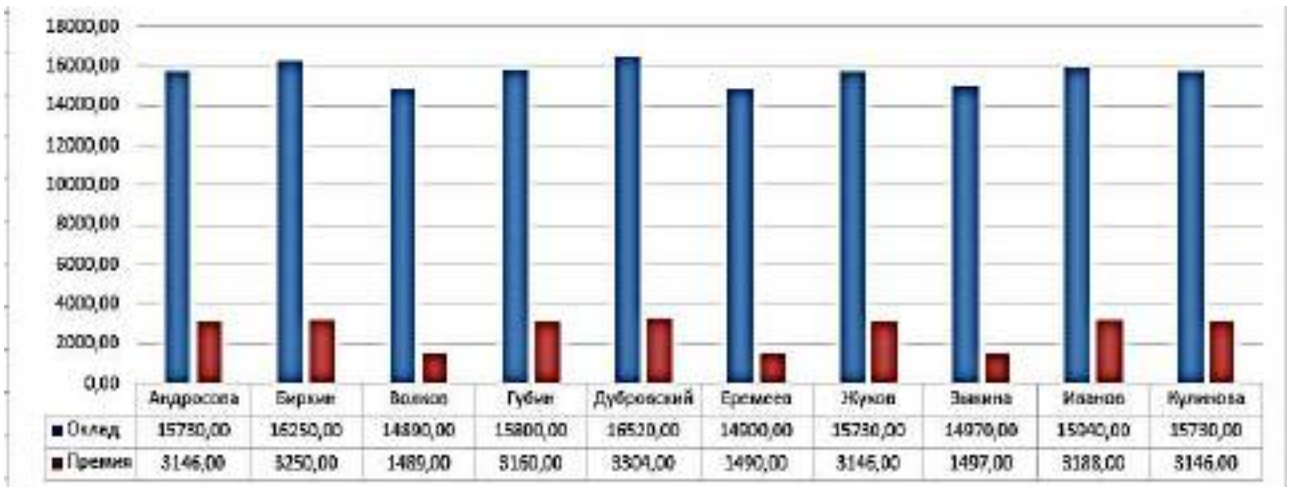
6. Подсчитать Количество сотрудников, у которых Оклад больше 16000 руб.

7. Подсчитать количество сотрудников с именем **Олег**.

8. Подсчитать Суммы окладов всех работников в Каждом отделе. Для этого использовать функцию СУММЕСЛИ().

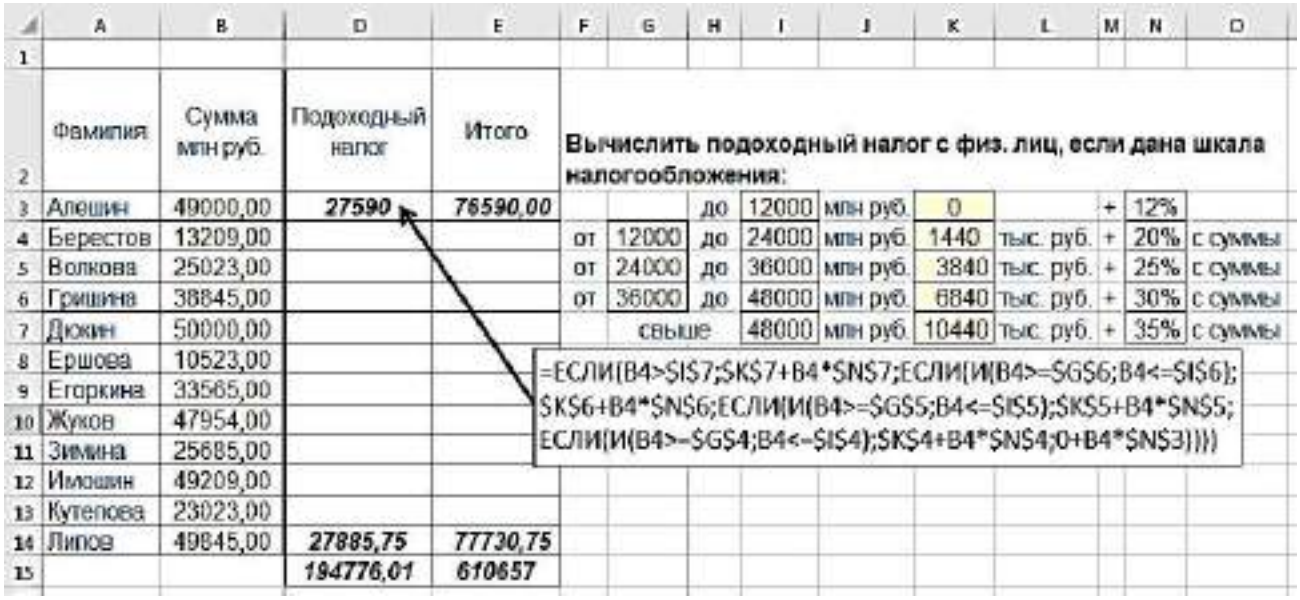


9. Построить график сотрудников.



Лабораторная работа № 7. «Использование встроенных функций»

Задание № 1. Создать таблицу «Подоходный налог». Рассчитать Подоходный налог с физических лиц с конкретным условием.



	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2	Фамилия	Сумма млн руб.	Подоходный налог	Итого	Вычислить подоходный налог с физ. лиц, если дана шкала налогообложения:									
3	Алешин	49000,00	27590	76590,00			до	12000	млн руб.	0		+	12%	
4	Берестов	13209,00			от	12000	до	24000	млн руб.	1440	тыс. руб.	+	20%	с суммы
5	Волкова	25023,00			от	24000	до	36000	млн руб.	3840	тыс. руб.	+	25%	с суммы
6	Гришина	38845,00			от	36000	до	48000	млн руб.	6840	тыс. руб.	+	30%	с суммы
7	Дюкин	50000,00					свыше	48000	млн руб.	10440	тыс. руб.	+	35%	с суммы
8	Ершова	10523,00												
9	Егоркина	33565,00												
10	Жуков	47954,00												
11	Зимина	25685,00												
12	Имошин	49209,00												
13	Кутепова	23023,00												
14	Липов	49845,00	27885,75	77730,75										
15			194776,01	610657										

=ЕСЛИ(B4>$I$7;$K$7+B4*$N$7;ЕСЛИ(И(B4>=$G$6;B4<=$I$6);$K$6+B4*$N$6;ЕСЛИ(И(B4>=$G$5;B4<=$I$5);$K$5+B4*$N$5;ЕСЛИ(И(B4>=$G$4;B4<=$I$4);$K$4+B4*$N$4;0+B4*$N$3))))

Методические указания

1. На **Листе1** создайте таблицу для первого задания.
2. Для вычисления подоходного налога, воспользуемся данной шкалой налогообложения и функциями ЕСЛИ(), И(), обращая внимание на (абсолютный адрес), с помощью кнопки F4.
3. Итоговая строка вычисляется при помощи функции СУММ( ).
4. Построить диаграмму.

Задание № 2. Создать таблицу «Продажа холодильников». Рассчитать Сумму, Новую цену, Новую сумму и Количество с определенным условием.

G3

=ЕСЛИ(ИЛИ(B3=$B$3;B3=$B$5);D3*0,9;ЕСЛИ(ИЛИ(B3=$B$12;B3=$B$6);D3*1,16;D3))

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	***Продажи холодильников***							
2	*Модель*	*Страна-изготовитель*	*Вес, кг*	*Цена, доллары*	*Коли-чество*	**Сумма**	**Новая цена**	**Новая сумма**
3	Stinol	Россия	78	310	18			
4	Sharp	Таиланд	69	750	10			
5	Samsung	Южная Корея	56	450	13			
6	Bosh	Испания	52	419	17			
7	LG	Южная Корея	69	600	8			
8	Daewoo	Южная Корея	71	840	4			
9	Electrolux	Швеция	75	680	12			
10	Whiripool	США	80	790	6			
11	Атлант	Россия	76	300	25			
12	Indezit	Франция	81	420	14			
13	Ariston	Франция	59	415	10			
14	DeLongy	Италия	60	395	15			
15						***70568,00***	***6319,64***	***70603,48***

Методические указания

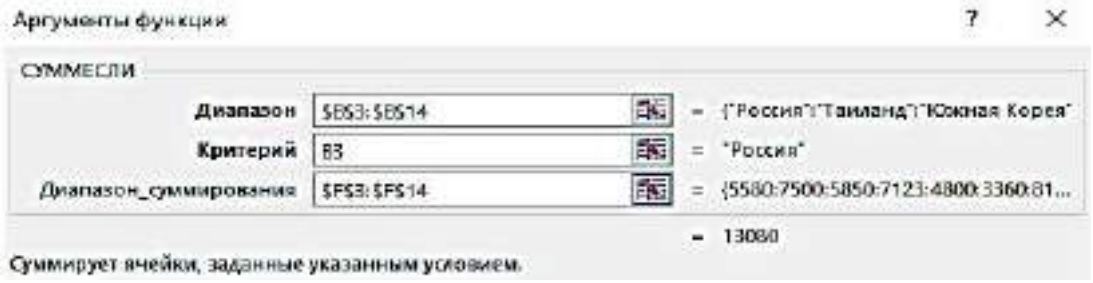
1. На **Листе2** создайте таблицу.
2. Вычисления Суммы осуществить при помощи функции СУММ( ).

3. Рассчитайте Новую цену, используя функцию ЕСЛИ( ). Известно, что производители стран России и Южной Кореи снизили Цены на 10 %, а производители стран Франции и Испании подняли Цены на 16 %.

4. Новая Сумма состоит из произведения «КОЛИЧЕСТВА» и «НОВОЙ ЦЕНЫ».

5. Подсчитать Количество холодильников, произведенных каждой страной, используя функцию СЧЕТЕСЛИ( ). (Данные оформить в виде новой таблицы).

6. Подсчитать общую Сумму, полученную в результате продажи холодильников, произведенных каждой страной, используя функцию СУММЕСЛИ( ).

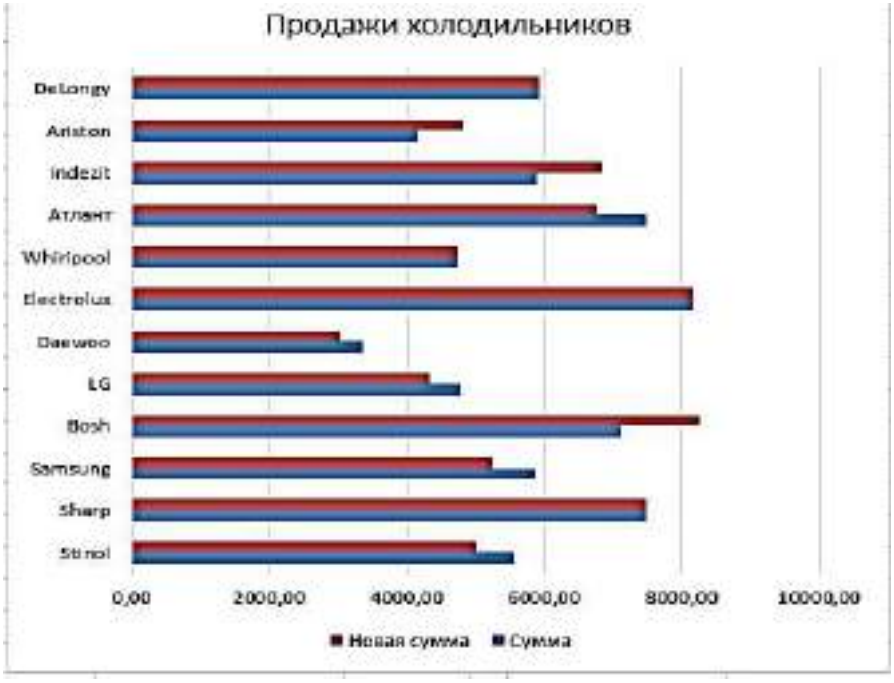


	A	B	C	D	E	F	G
16	Количество холодильников, произведенных каждой страной			Общая сумма, полученная в результате продажи холодильников			Скидка
17		Россия			Россия		*Вам скидка 2%*
18		Таиланд			Таиланд		
19		Южная Корея			Южная Корея		
20		Испания			Испания		
21		Швеция			Швеция		
22		США			США		
23		Франция			Франция		
24		Италия			Италия		*Скидки нет*
25			*12*			*70568*	

7. Если оборот больше 10000 $, то написать сообщение о предоставляемой скидке 2 %.

8. Используя условный фильтр, отметьте в столбце «Вес», ячейки, значение которых больше 70, желтым фоном и жирным красным шрифтом, а ячейки, значение которых меньше или равно 60, синим фоном и жирным желтым шрифтом. *Главная – Условное форматирование – Правила выделения ячеек* и т. д.

9. Построить диаграмму.



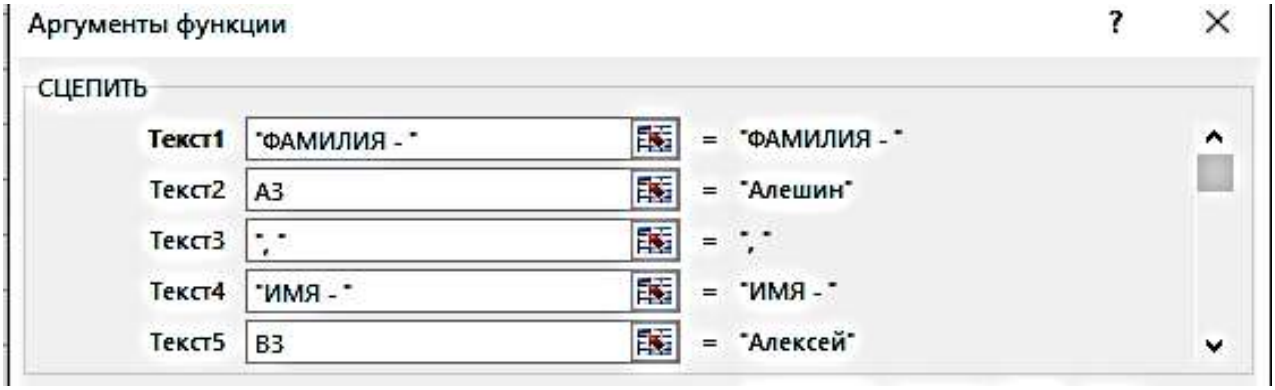
Лабораторная работа № 8. «Знакомство с текстовыми функциями»

Задание № 1. Создать таблицу «Данные студентов».

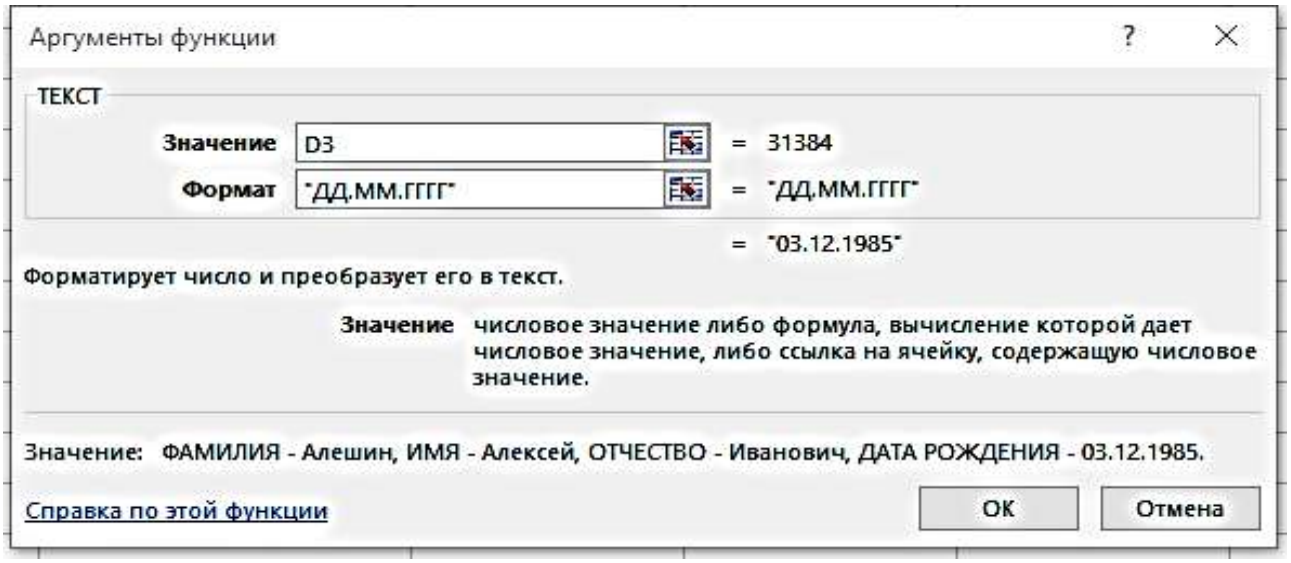
	A	B	C	D
1	Данные студентов			
2	*Фамилия*	*Имя*	*Отчество*	*Дата рождения*
3	Алешин	Алексей	Иванович	03.12.1985
4	Берестов	Борис	Петрович	12.06.1980
5	Волкова	Оксана	Владимировна	05.08.1997
6	Гришина	Галина	Афанасьевна	09.09.1978
7	Дюкин	Дмитрий	Васильевич	10.05.1999
8	Ершова	Екатерина	Михайловна	18.02.1980
9	Егоркина	Елизавета	Емельяновна	23.04.1980
10	Жуков	Василий	Петрович	29.05.2001
11	Зимина	Зинаида	Сергеевна	13.12.1984
12	Имошин	Валерий	Павлович	19.06.1995
13	Кутепова	Алиса	Сергеевна	17.07.1974
14	Липов	Денис	Владимирович	07.07.1992

Методические указания

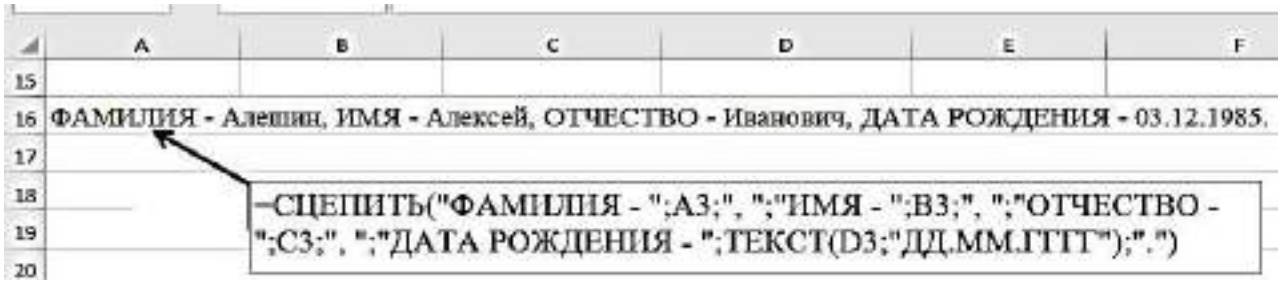
1. Ниже таблицы создать конструкцию, которая объединит все данные в одну строку. В списке студентов имеются данные: Фамилии, Имени, Отчества и Даты рождения, которые разнесены в отдельные столбцы. Для объединения применить функцию «СЦЕПИТЬ».



2. Для даты рождения используем функцию «ТЕКСТ», которая преобразует число в текст и позволяет задать формат отображения с помощью специальных строк форматирования.

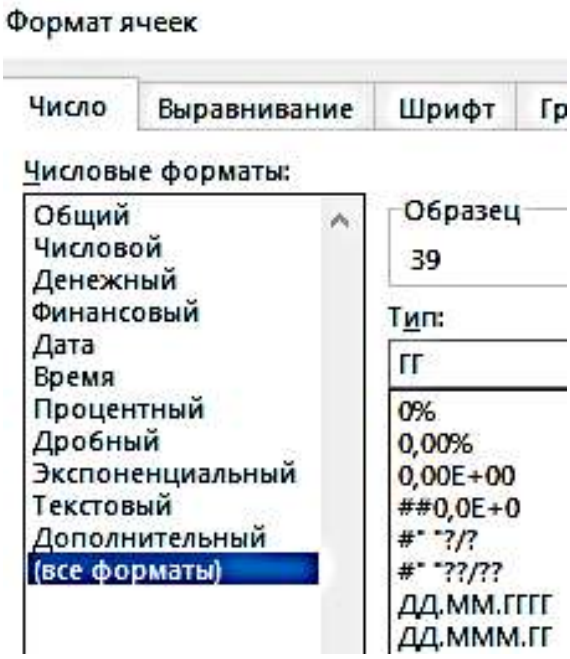


3. В итоге получается сцепленная конструкция, формула из которой копируется вниз при помощи маркера автозаполнения.



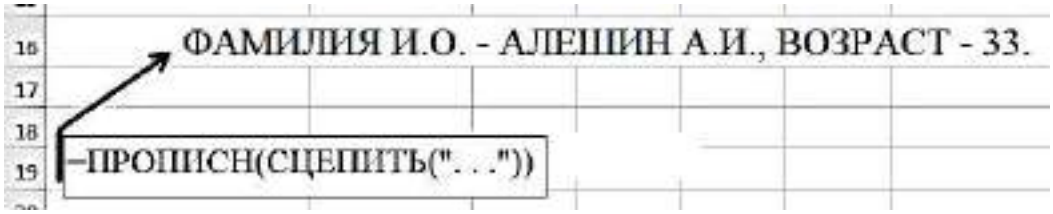
4. На **Листе2**, создать заголовок столбца «Фамилия И.О.» в который ввести сокращенный текст в виде инициалов, для этого использовать **Лист1** «**Исходный**» и функции «СЦЕПИТЬ», которая соединяет содержимое нескольких ячеек, позволяя комбинировать их с произвольным текстом и функцию «ЛЕВСИМВ», функция извлечения из текста первых букв, с последующим результатом столбца с Фамилией и инициалами Имени и Отчества.

5. Создать заголовок столбца «Возраст», определить возраст первого студента с помощью функции «СЕГОДНЯ», для корректного отображения результатов необходимо отформатировать ячейки (*Числовые форматы – все форматы, тип «ГГ»*.



6. Ниже, на этом листе, сформируйте самостоятельно, конструкцию таблицы, форма которой расположена ниже:

7. Сделать все буквы прописными, т. е. преобразовать их в нижний регистр, на помощь придет текстовая функция «ПРОПИСН()». Она не заменяет знаки, не являющиеся буквами.



Задание № 2. Создать таблицу «Оплата за электроэнергию». Рассчитать Количество потребляемой энергии, Сумму к оплате.

Для льготников установлена 50 %-я скидка по оплате. При определении Количества потребленной энергии необходимо учитывать, что максимальное показание электросчетчика – 9999, а следующее за ним показание 0000 соответствует 10000 кВт*ч.

H6 =ЕСЛИ(E6<=F6*$F$2;E6*$F$3;(E6-F6*$F$2)*$F$4+F6*$F$2*$F$3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	Норматив потребления на человека в мес.					160	кВт/ч		
3	Стоимость 1 кВт/ч в пределах нормативного потребления					0,64	руб.		
4	Стоимость1 кВт/ч за сверхнормативное потребление					0,91	руб.		
5	№ кв.	Фамилия квартиро-съёмщика	Текущее показание счетчика, кВт/ч	Предыдущее показание счетчика, кВт/ч	Кол-во потреб. эл. энергии, кВт/ч	Кол-во жильцов	Кол-во льготников	Сумма к оплате без льгот	Сумма к оплате
6	1	Алешин	1235	1098	137	2	0	***87,68***	***87,68***
7	2	Берестов	9145	8945	200	1	1	***138,8***	***69,4***
8	3	Волкова	3556	3045	511	3	2	***335,41***	***223,61***
9	4	Гришина	5873	5478	395	4	1	***252,8***	***221,2***
10	5	Дюкин	10100	9978	122	1	0	***78,08***	***78,08***
11	6	Ершова	6744	6321	423	2	0	***298,53***	***298,53***
12	7	Егоркина	5667	5234	433	1	1	***350,83***	***175,42***
13	8	Жуков	2235	1098	1137	3	3	***905,07***	***452,54***
14	9	Зимина	9145	6945	2200	2	1	***1915,6***	***1436,7***
15	10	Имошин	3556	3045	511	3	1	***335,41***	***279,51***
16	11	Кутепова	5873	5478	395	2	1	***273,05***	***204,79***
17	12	Липов	6110	5978	132	4	1	***84,48***	***73,92***
18						***28***	***12***	***5055,7***	***3601,4***

Методические указания

1. Для того, чтобы вычислить Сумму к оплате без льгот, необходимо воспользоваться функцией «ЕСЛИ»:

***1 строка*:** Проверить, что количество потребляемой электроэнергии меньше или равно произведению «Количества потребляемой электроэнергии» и «Норматив потребления»;

***2 строка*:** произведение «Количества потребляемой электроэнергии» и «Стоимости 1 кВт/ч» в пределах нормативного потребления;

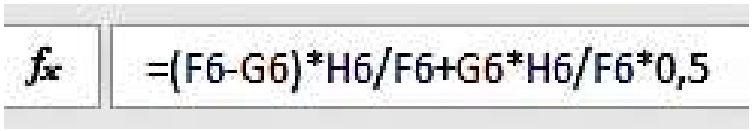
***3 строка*:** (произведение «Количества потребляемой электроэнергии» минус произведение «Количества потребляемой электроэнергии» и «Норматив потребления энергии на человека в мес.») умноженное на «Стоимость 1 кВт/ч за сверхнормативное потребление» плюс произведение «Количества потребляемой электроэнергии» и «Норматив потребления энергии на человека в мес.» умноженное на «Стоимость 1 кВт/ч в пределах нормативного потребления».

2. «Сумма к оплате» высчитывается из частного трех выражений:

– разность «Количества жильцов» на «Количество льготников» умноженную на «Сумму к оплате без льгот»;

– «Сумма количества жильцов» на «Количество льготников» умноженная на «Сумму к оплате без льгот»;

– произведение «Количества жильцов» на 50 %.

Формула выглядит так: 

3. При помощи текстовой функции сформируйте самостоятельно следующую конструкцию таблицы:

Номер квартиры 1, квартиросъемщик Алешин, сумма к оплате без льгот 87,68, сумма к оплате 87,68
Номер квартиры 2, квартиросъемщик Берестов, сумма к оплате без льгот 138,8, сумма к оплате 69,4
Номер квартиры 3, квартиросъемщик Волкова, сумма к оплате без льгот 335,41, сумма к оплате 223,60

Лабораторная работа № 9. «Смешанные ссылки»

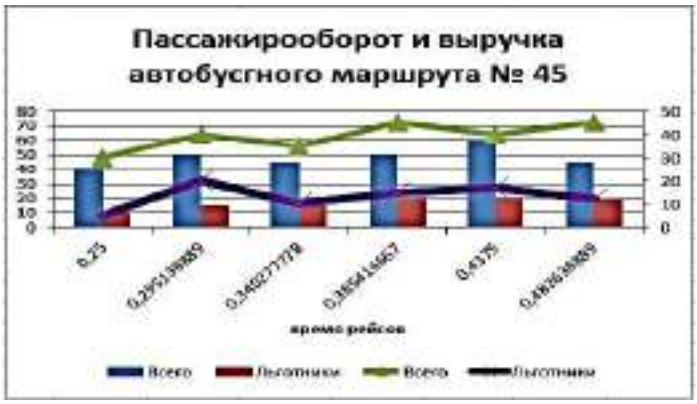
Задание № 1. Создать таблицу «Пассажирооборт и Выручка автобусного маршрута № 45».

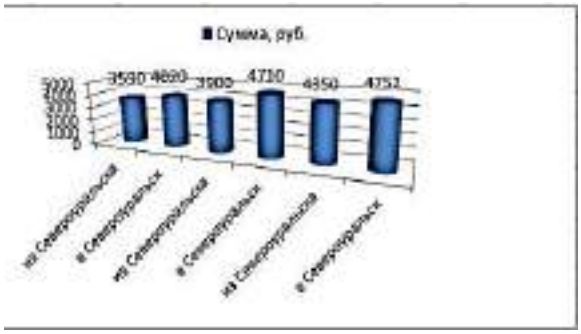
Подготовьте таблицу для анализа пассажирооборота и денежной выручки рейсов по автобусному маршруту № 45. Исходными данными для анализа являются: «Время рейса», «Направление», «Количество пассажиров всего» и «Льготной категории» с проездом в «Пределах города», а также в «Пригородную зону».

I	J	K
Стоимость проезда, руб.		
	Обычный	Льготный
Город	28	14
Пригород	200	100

G5 | =D5*$K$4+(C5-D5)*$J$4+F5*$K$5+(E5-F5)*$J$5

	A	B	C	D	E	F	G
2	Пассажирооборот и выручка автобусного маршрута № 45						
3	Время рейсов	Направление	Город		Пригород		Сумма, руб.
4			Всего	Льготники	Всего	Льготники	
5	6:00	из Североуральска	40	10	30	5	
6	7:05	в Североуральск	50	15	40	20	
7	8:10	из Североуральска	45	15	35	10	
8	9:15	в Североуральск	50	20	45	15	
9	10:30	из Североуральска	60	20	40	17	
10	11:35	в Североуральск	45	19	45	12	
11		ИТОГО:	***290***	***99***	***235***	***79***	***45834***





Методические указания

1. Добавить столбец и строки, ввести формулы для определения следующих величин:

– «Максимальная», «Минимальная» и «Средняя выручки»;

– «Количество пассажиров льготной категории», перевезенных в заданном направлении.

2. Построить диаграммы.

	A	B	C	D	E	F	G	H
2	Пассажирооборот и выручка автобусного маршрута № 45							
3	Время рейсов	Направление	Город		Пригород		Сумма, руб.	Количество льготников
4			Всего	Льготники	Всего	Льготники		
5	6:00	из Североуральска	40	10	30	5		
6	7:05	в Североуральск	50	15	40	20		
7	8:10	из Североуральска	45	15	35	10		
8	9:15	в Североуральск	50	20	45	15		
9	10:30	из Североуральска	60	20	40	17		
10	11:35	в Североуральск	45	19	45	12		
11		Итого	***290***	***99***	***235***	***79***	***25322***	***178***
12		Макс						
13		Мин						
14		Среднее						

Задание № 2. Создать таблицу «Расчет стипендии студентов». Вычислить средний балл и определить стипендию для каждого студента.

Методические указания

1. Средний балл определяется только для тех студентов, которые получили оценки по всем экзаменационным дисциплинам.

2. Стипендия устанавливается студенту в том случае, если по всем экзаменационным дисциплинам получены оценки не ниже «четверки».

3. Студент, получивший одни «пятерки», является «отличником», получивший хотя бы одну 4-ку – «хорошистом». Размер стипендии указан в таблице ниже.

J	K
Оценки	Размер стипендии
Отл	500
Хор	450

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	Студент	Курс	Экзаменационные оценки				Средний балл	Стипен-дия		
3			Матем	Физика	Графика	Ин. яз				
4	Алешин	1	3	4	4		3,67	-		
5	Берестов	1	4	4	5		4,33	450		
6	Волкова	2	4	н/а	5	5	-	-		
7	Гришина	2	4	3	3	4	3,50	-		
8	Дюкин	3	5	4	5	5	4,75	450		
9	Ершова	3	5	5	5	5	5,00	500		
10	Жуков	3	4	4	3	4	3,75	-		
11										
12						Итого	25	1400		
13	=ЕСЛИ(И(C4<>"н/а";D4<>"н/а";E4<>"н/а";F4<>"н/а");									
14	СРЗНАЧ(C4:F4);"-")									
15										
16	=ЕСЛИ(ИЛИ(C4="н/а";D4="н/а";E4="н/а";F4="н/а");"-";									
17	ЕСЛИ(МИН(C4:F4)=4;$K$5;ЕСЛИ(И(C4=5;D4=5;E4=5;F4=5);$K$4;"-")))									
18										
19										

4. Произвести расчет Количество студентов для каждого курса по всем оценкам.

=СЧЁТЕСЛИ(C4:F5;E5)

	J	K	L	M	N
1	Оценки	Курс			
2		1	2	3	4
3	5	1	2		
4	4	4	3		
5	3	1	2		
6	2	0	0		
7	н/а	0	1		

Задание № 3. Создать таблицу «Футбольные матчи».

Имеются данные о футбольных матчах, сыгранных командой «РОСТОВ» в кубке России. Для определения количества очков по результатам игр составлена таблица "РОСТОВ" в кубке России. Исходными данными для расчета являются: дата игры, название команды-соперника, количество забитых и пропущенных мячей, количество очков, получаемых командой в случае выигрыша или ничейного результата.

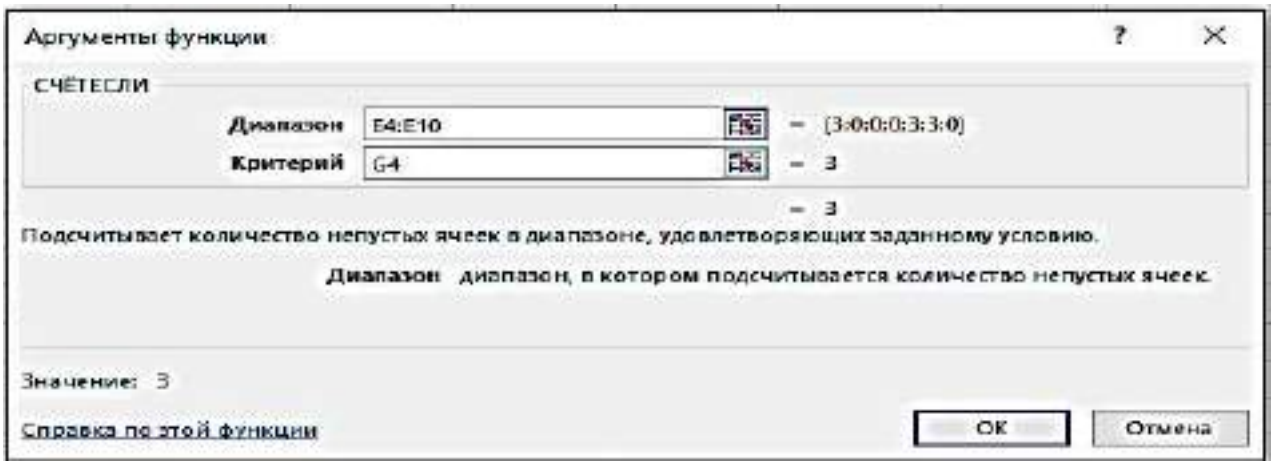
E4 =ЕСЛИ(D4<C4;$G$4;ЕСЛИ(D4>C4;$I$4;$H$4))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2	Дата	Соперник	Кол-во мячей		Очки		Кол-во очков за игру		
3			Забито	Пропу-щено			Выигрыш	Ничья	Поражение
4	01.10.2019	Динамо	3	0	3		3	1	0
5	14.11.2019	Локомоти	0	4	0				
6	05.07.2019	Оренбург	1	2	0		Распределение числа игр по результатам		
7	02.08.2019	Ахмат	1	2	0				
8	27.06.2019	Рубин	1	0	3		Выигрыш	Ничья	Поражение
9	26.08.2019	Зенит	6	2	3		3	0	4
10	15.04.2019	ЦСКА	1	4	0				
11					9				

Методические указания

1. Для вычисления «Количество очков», воспользуйтесь функцией «ЕСЛИ()».

2. Для того, чтобы определить «Количество игр» по результатам, используем функцию «СЧЕТЕСЛИ()». Например, «Выигрыш»: выделяем диапазон в столбце «Очки», а критерием служит выигрыш, находящийся в ячейке G4.



Задание № 4. Создать таблицу «Журнал учета взимания налога с владельцев транспортных средств».

1. Создайте документ, предназначенный для вычисления «Суммы налога», взимаемого с владельцев транспортных средств. Исходными данными для расчета являются: «Дата», «Фамилия владельца транспортного средства», «Марка автомобиля», «Мощность двигателя».

2. Для расчета налога, используем «Налоговые ставки для легковых автомобилей в расчете на 1 л. с.».

3. «Сумма налога», состоит из произведения «Мощности двигателя л. с.» на «Налог на 1 л. с., руб.».

E4 =ЕСЛИ(И(D4>150;D4<=200);$I$6;ЕСЛИ(И(D4>100;D4<=150);$I$5;$I$4))

	A	B	C	D	E	F	H	I
2	Журнал учета взимания налога с владельцев транспортных средств						Налоговые ставки для легковых автомобилей	
3	Дата	Владелец	Марка автомобиля	Мощность двигателя, л.с.	Налог на 1 л.с., руб.	Сумма налога, руб.	Мощность двигателя	Налоговая ставка
4	01.09.2019	Алешин	ВАЗ 1117 Калина 1,6	79			до 100 л.с.	20
5	03.09.2019	Берестов	ВАЗ 2107 1,5	71			свыше 100 л.с. до 150 л.с.включительно	1030
6	03.09.2019	Волкова	ВАЗ 2109 1,7	120			свыше 150 л.с. До 200 л.с. включительно	1360
7	04.09.2019	Гришина	ВАЗ 2109 1,3	64				
8	10.09.2019	Дюкин	Volvo v50 2,4	155				
9	15.09.2019	Ершова	BMW 3 1,8	115				
10					3460	457130		

Лабораторная работа № 10. «Промежуточные итоги, сводная таблица и условное форматирование»

Задание № 1. Создать таблицу «Автокаталог».

1. Создать исходную таблицу и переименовать **Лист1** в «**Исходный**». В колонку «Кузов» вписать «Минивен», «Седан», «Хетчбек» и т. д.

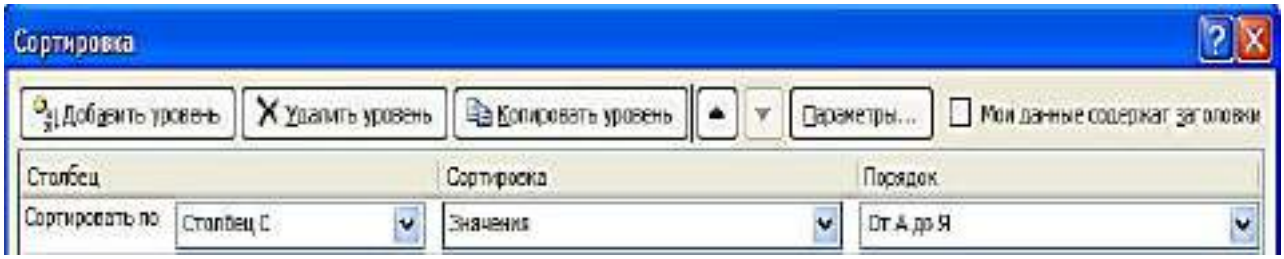
	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Автокаталог						
2	1. Исходные данные							
3								
4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена
5	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555
6	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 M	бежевый		524 000
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
8	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
9	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555
10	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		869 777
11	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
12	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
13	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		469 000
14	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый		519 000
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000
16	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
17	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
19	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000

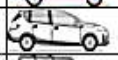
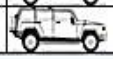
Исходный | Сортированный

2. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист2**.

2.1 Отсортировать таблицу. (Для сортировки необходимо выделить таблицу – «*Данные – Сортировка*»). Отсортировать по «Год»_у в порядке возрастания.

2.3 Переименовать **Лист2** в лист «**Сортированный**».



	A	B	C	D	E	F	G	H
1		**Автокаталог**						
2	**2. Сортированные данные**							
3								
4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена
5	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		469 000
6	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555
7	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		869 777
8	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555
9	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
10	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
11	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
12	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
13	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000
14	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 M	бежевый		524 000
15	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
16	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000
17	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый		519 000
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
19	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000

Исходный | **Сортированный**

3. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист3** и переименовать в лист по имени «**Фильтрованный**».

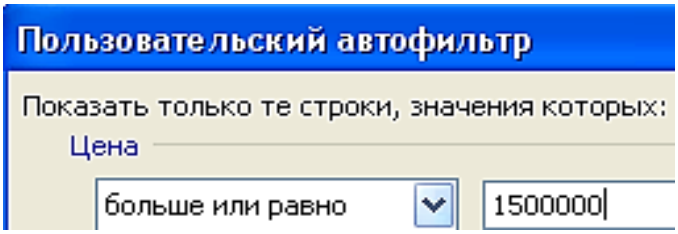
3.1. Отфильтровать таблицу по «***белому цвету»*** модели авто. (Для фильтрации данных необходимо поставить курсор в одну из ячеек шапки таблицы – «*Данные – Сортировка»*).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		**Автокаталог**						
2	**3. Фильтрация данных (Автофильтр)**							
3								
4	№	Модель	Го	Пробег,	Двиг / К	Цвет	Кузов	Цена
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
8	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
9	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		545 555
12	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000

Исходный | Сортированный | **Фильтрованный**

4. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист4** и переименовать в лист по имени «**Расширенный фильтр**».

4.1. Отфильтровать таблицу моделей авто по «Цене больше или равно 1500000». (Для фильтрации данных необходимо поставить курсор в одну из ячеек шапки таблицы – «*Данные – Сортировка*»).



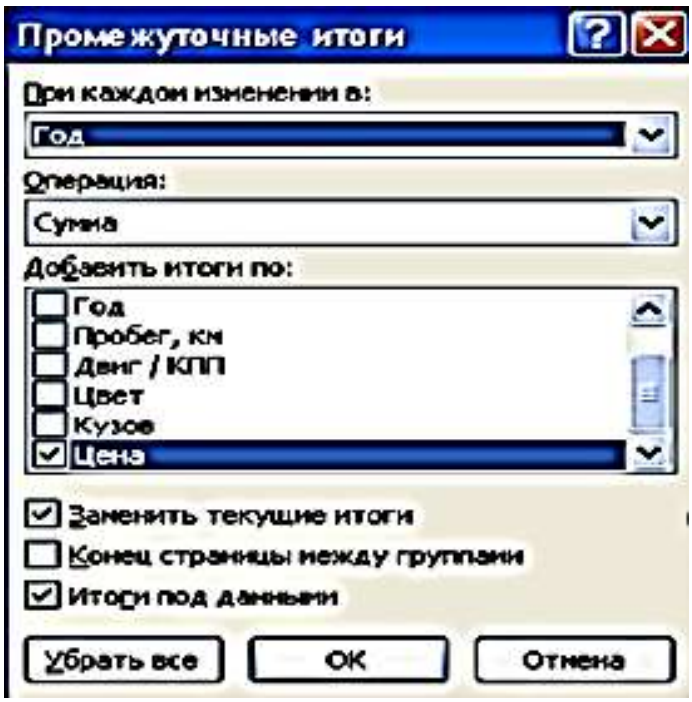
	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Автокаталог						
2	4. Фильтрация данных (Расширенный фильтр)							
3								
4	№	Модель	Го	Пробег,	Двиг / Х	Цвет	Кузов	Цена
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
11	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000
16	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
17	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
19	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000

Открыть - Выбрать числовые фильтры - Больше или равно 1500000

Исходный | Сортированный | Фильтрованный | Расширенный фильтр

5. Скопировать лист «Сортированный» и перенести его на **Лист5** и переименовать в лист «**Итоги**».

5.1. Поставить курсор в одну из ячеек таблицы («Данные – Промежуточный Итог»).



5. Подведение итогов данных (Итоги стоимости)

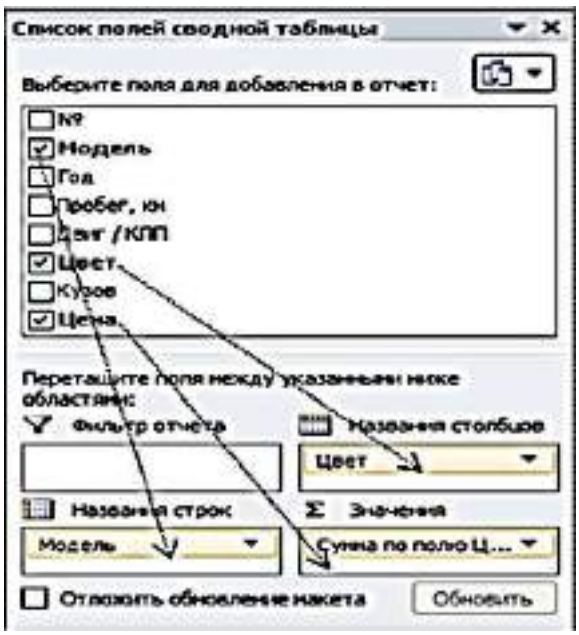
№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена
1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555
4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000
5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 M	белый		548 555
6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		969 777
7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 066	1991 A	серый		1 675 000
9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		469 000
11	INFINITI QX80	2013	12 565	5552 A	белый		3 485 000
12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000
13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000
		2013 Итог					14 106 887
2	BAS LARGUS	2014	52 980	1598 M	бежевый		524 000
8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 M	белый		580 000
15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000
		2014 Итог					3 079 000
3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000
10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 060	1598 A	бежевый		519 000
14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 086	2982 A	голубой		2 465 000
		2015 Итог					5 664 000
		Общий итог					22 851 887

Исходный | Сортированный | Фильтрованный | Расширенный фильтр | Итоги

6. По листу «**Исходный**» создать сводную таблицу.

6.1 Использовать «*Вставка – Сводная таблица*».

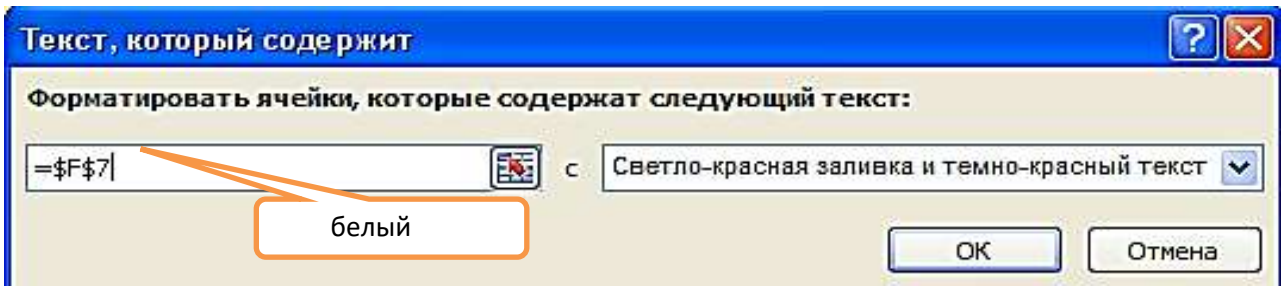
6.2. Полученный лист переименовать в лист «**Сводная таблица**».



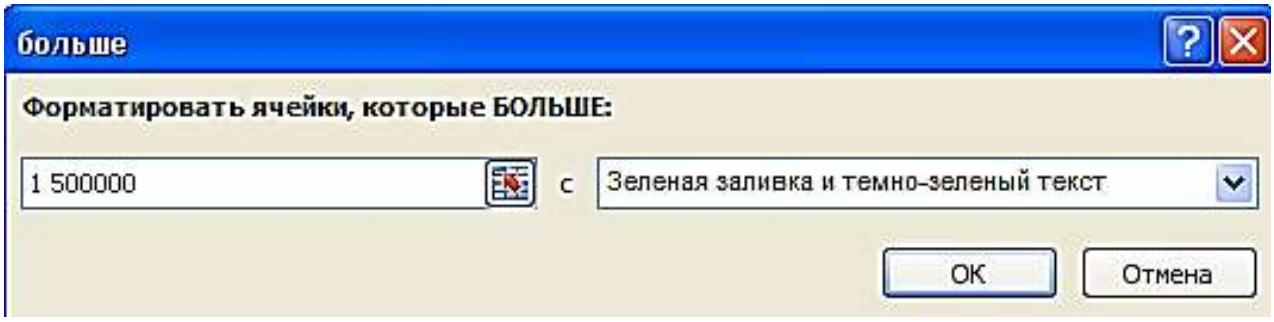
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Перетащите сюда поля фильтра отчета										
2											
3	Сумма по полю Цена	Цвет									
4	Модель	бежевый	белый	голубой	коричневый	красный	металлик	серый	синий	черный	Общий итог
5	BMW X1 (E84)				935555						935555
6	HYUNDAI SOLARIS SEDAN								469000		469000
7	INFINITI QX80		3485000								3485000
8	JAGUAR XF									1709000	1709000
9	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT									2995000	2995000
10	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)						1975000	1675000			3650000
11	MINI PACEMAN COOPER S		1425000								1425000
12	NISSAN ALMERA IV	519000									519000
13	NISSAN JUKE		545555			869777					1415332
14	TOYOTA HIGHLANDER III		2680000								2680000
15	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150			2465000							2465000
16	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN		580000								580000
17	ВАЗ LARGUS	524000									524000
18	Общий итог	1043000	8715555	2465000	935555	869777	1975000	1675000	469000	4704000	22851887

7. Скопировать лист «**Исходный**» и перенести его на **Лист7**, и переименовать его в лист «**Условное форматирование**».

7.1. Выделить столбец «Цвет» (*Главная – Условное Форматирование – Правила Выделения Ячеек – Текст Содержит …*).



7.2. Выделить столбец «Цена» (*Главная – Условное Форматирование – Правила Выделения Ячеек – Больше).*



7.3. Выделить столбец «Пробег» (*Главная – Условное Форматирование – Гистограммы – Градиентная Заливка* (голубая).

7.4. Выделить столбец «Двиг/КПП» и отформатировать данные с механической коробкой передач – желтым цветом.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Автокаталог								
2	7. Условное форматирование									
3										
4	№	Модель	Год	Пробег, км	Двиг / КПП	Цвет	Кузов	Цена		
5	1	BMW X1 (E84)	2013	34 000	1995 A	коричневый		935 555		
6	2	ВАЗ LARGUS	2014	52 988	1598 N	бежевый		524 000		
7	3	TOYOTA HIGHLANDER III	2015	1 555	3456 A	белый		2 680 000		
8	4	MINI PACEMAN COOPER S	2013	21 200	1598 A	белый		1 425 000		
9	5	NISSAN JUKE	2013	37 000	1598 N	белый		545 555		
10	6	NISSAN JUKE	2013	11 000	1598 A	красный		869 777		
11	7	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2013	11 666	1991 A	серый		1 675 000		
12	8	VOLKSWAGEN POLO V SEDAN	2014	1 500	1598 N	белый		580 000		
13	9	HYUNDAI SOLARIS SEDAN	2013	43 000	1591 A	синий		499 000		
14	10	NISSAN ALMERA IV	2015	2 000	1598 A	бежевый		519 000		
15	11	INFINITI QX80	2013	12 985	5552 A	белый		3 485 000		
16	12	LAND ROVER RANGE ROVER SPORT	2013	40 107	2993 A	черный		2 995 000		
17	13	JAGUAR XF	2013	24 162	1999 A	черный		1 709 000		
18	14	TOYOTA LAND CRUISER PRADO 150	2015	1 088	2982 A	голубой		2 465 000		
19	15	MERCEDES-BENZ GLK-KLASSE (X204)	2014	8 821	2143 A	металлик		1 975 000		

Исходный | Сортированный | Фильтрованный | Расширенный фильтр | Итоги | Сводная таблица | Условное форматирование

8. Построить гистограмму, отражающую «Модель» и «Цену» авто. Для этого выделить столбец «Модель», нажать на копку **Ctrl**,

затем выделить столбец «Цена». (*Вставка – Гистограмма с группировкой*).

Самостоятельное задание. Создать «автокаталог» на любую тему, кроме автомобилей. Написать подробный отчет в текстовом редакторе MS Word.

Самостоятельные задания

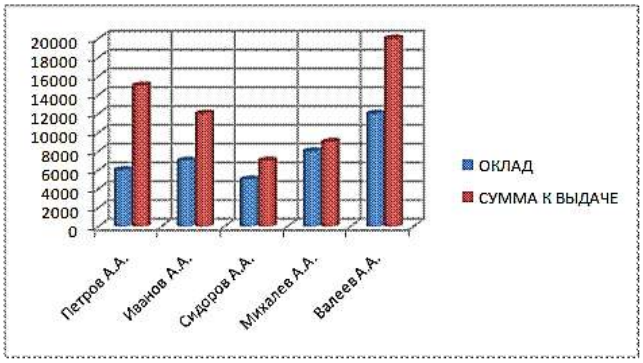
Задание 1.

Создать таблицу, представленную ниже.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Распределение заработной платы										
2	Номер	ФИО	Должность	Стаж	Оклад	Премия	Надбавка за стаж	Итого	Налоги	Сумма к выдаче	Доля
3	1										
4	2										
5											
6											
7	10										
8	Сумма										
9	Среднее										

1. Заполнить произвольными значениями поля таблицы «ФИО» и «Должность». Стаж задать в диапазоне 0 – 30 лет. Оклад: 7 000 – 20 000 руб. В таблице заполнить не менее 10 строк.
2. Премия составляет 50 % оклада.
3. Надбавка за стаж вычисляется на основании стажа. Если стаж больше 10 лет, тогда надбавка составляет 20 % от оклада, иначе – 0. При вычислениях использовать встроенную функцию **ЕСЛИ().**
4. Налоги составляют 20 % от значения поля «Итого».
5. Вычислить Сумму и Среднее значение для каждого столбца, используя соответственно функции СУММ(), СРЗНАЧ().
6. Значение поля «Доля» рассчитывается как значение поля «Сумма к выдаче» для каждого работника, деленное на значение Общей суммы всех значений поля «Сумма к выдаче» (=J3/$J$8).
7. Построить диаграмму, отражающую начисления каждого сотрудника. Примерный вид диаграммы приведен ниже. В легенде отобразить фамилии работников.

8. Построить гистограмму соотношения Начисляемого оклада и Суммы к выдаче для всех сотрудников фирмы. Примерный вид гистограммы приведён ниже.



Задание 2.

Создать таблицу, произвести расчет заработной платы.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Расчет заработной платы работников										
2	№	ФИО	Доходы			Налоги			Всего начислено	Всего удержано	К выдаче
3			Оклад	Коэффициент	Уральская надбавка	Подоходный налог	Медицинское страхование	Пенсионный фонд			
5	1	Алешин	15700,00	9350	2805	4011,15	925,65	617,1	30855,00	5553,9	25301,10
6	2	Берестов	19050,00								
7	3	Волков	15200,00								
8	4	Гришин	15550,00								
9	5	Денисов	15900,00								
10	6	Ершов	16600,00								
11	7	Егорцева	16250,00								
12	8	Жуков	16950,00								
13	9	Зинина	17300,00								
14	10	Иванов	17650,00								
15	11	Кутепова	18000,00								
16	12	Лапин	18350,00								
17	Итого:		205450,00	102725,00	30817,50	44069,03	10169,78	6779,85	308992,50	61018,65	277973,85

1. Коэффициент составляет 50 % от оклада: установите курсор в ячейку D5, введите формулу =C5*50/100 или =C5*0,5.

2. С помощью маркера автозаполнения, скопируйте данную формулу в остальные ячейки столбца «Коэффициент».

3. Аналогично рассчитайте «Уральская надбавку», которая составляет 15 % от «Оклада».

4. В столбце «Всего начислено» подсчитайте доходы сотрудника (Сумма всех доходов)

5. «Подоходный налог» рассчитывается по формуле: 13 % от начисленной суммы («Всего начислено»).

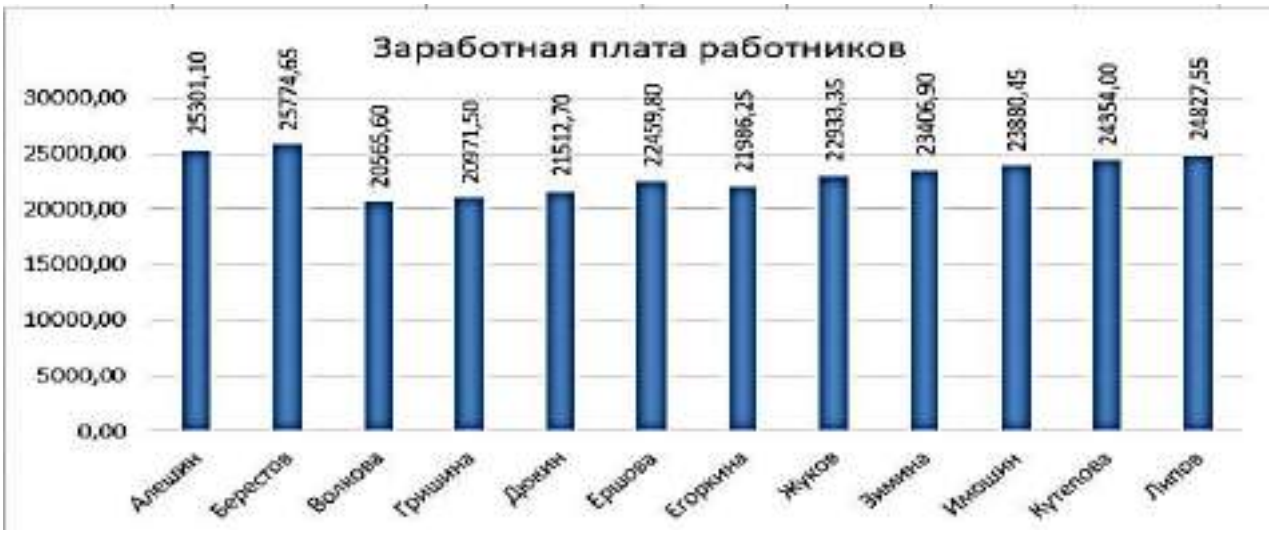
6. В фонд медицинского страхования производится выплата в размере 3% от начисленной суммы.

7. В пенсионный фонд производится выплата в размере 2 % от начисленной суммы.

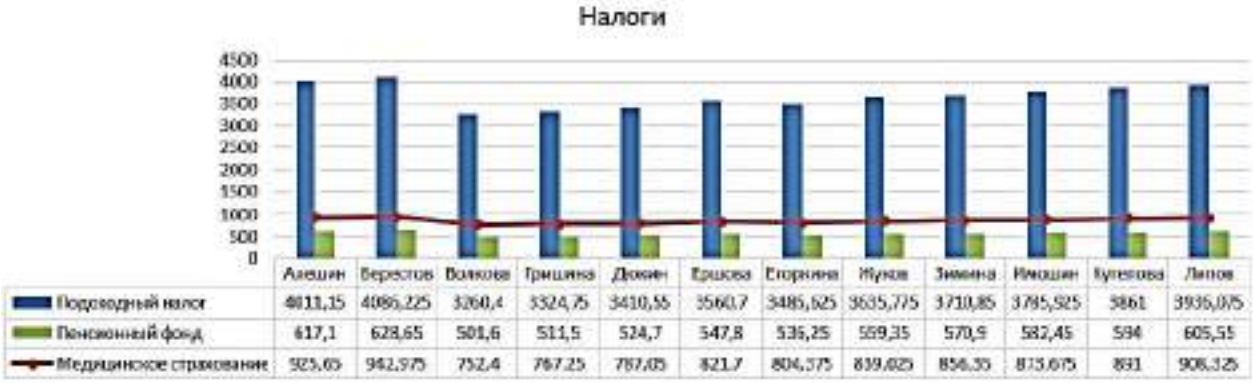
8. В столбце «Всего удержано» подсчитываются расходы сотрудника (сумма всех налогов)

9. В столбце «К выдаче» рассчитывается денежная сумма, выдаваемая работнику на руки (доходы-расходы).

10. Постройте диаграмму, отражающую заработную плату всех сотрудников.



11. Постройте диаграмму, отражающую налоги всех сотрудников.



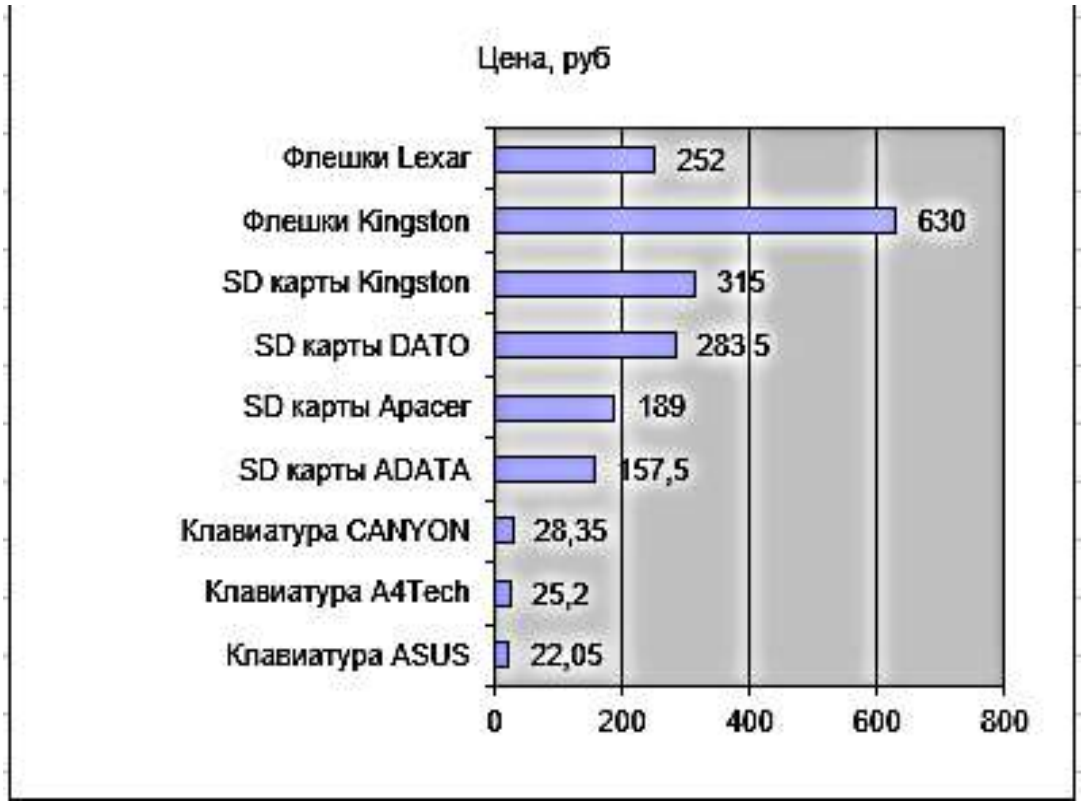
Задание 3.

Создать таблицу, произвести расчет.

Магазин компьютерных аксессуаров продает товары, указанные в прайс-листе. Стоимость указана в долларах. Если стоимость товара превышает некоторую сумму, покупателю предоставляется скидка. В расчете учесть текущий курс доллара.

E19 | =ЕСЛИ(E18>$B$6;E18*(1-$B$5);E18)

	A	B	C	D	E	F
1	**Компьютерный магазин**	**ОАО "INTEX"**		**Ячейка**	**Формула**	
2	Дата покупки	12.11.2019		B2	Функция/СЕГОДНЯ( )	
3				D9	=B9*$B$4	
4	Курс доллара	63		E9	=C9*D9	
5	Скидка	5%		E18	=СУММ(E9…E17)	
6	Сумма для учета скидки	1000				
7	Прайс-лист					
8	**Наименование товара**	**Цена, $**	**Количество**	**Цена, руб**	**Стоимость**	
9	Клавиатура ASUS	0,35	20	***22,05***	***441***	
10	Клавиатура A4Tech	0,4	20			
11	Клавиатура CANYON	0,45	20			
12	SD карты ADATA	2,50	1			
13	SD карты Apacer	3	2			
14	SD карты DATO	4,50	5			
15	SD карты Kingston	5	4			
16	Флешки Kingston	10	0			
17	Флешки Lexar	4	1			
18	**ИТОГО**	Стоимость покупки без скидки			***4977***	
19		Стоимость покупки со скидкой			***4728,15***	



Задание 4.

Создать таблицу, произвести расчет зарплаты.

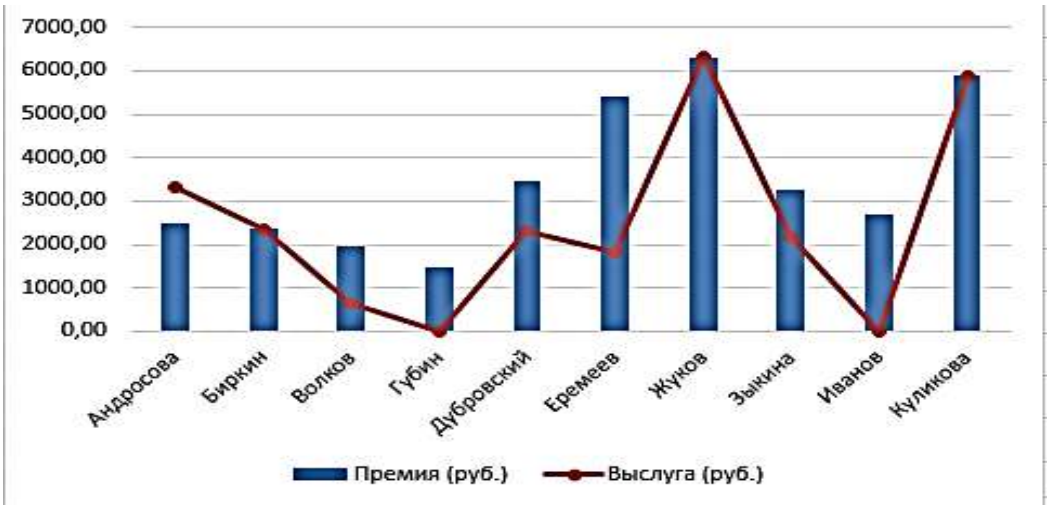
F5 =ЕСЛИ(D5>=30;C5*20/100;ЕСЛИ(И(D5>15;D5<=25);C5*15/100;ЕСЛИ(И(D5>10;D5<=15);C5*10/100;ЕСЛИ(И(D5>2;D5<=5);C5*5/100;C5*0))))

	A	B	C	D	E	F	G
1			Премия	15	процентов	от оклада	
2		Расчетная ведомость					
3	№	Фамилия И. О.	Оклад (руб.)	Выслуга (лет)	Премия (руб.)	Выслуга (руб.)	Зар_пл
4	1	Андросова	16520,00	30	2478,00	3304,00	22302,00
5	2	Биркин	15730,00	20	2359,50		
6	3	Волков	12970,00	5	1945,50		
7	4	Губин	9940,00	10	1491,00		
8	5	Дубровский	23000,00	12	3450,00		
9	6	Еремеев	36000,00	4	5400,00		
10	7	Жуков	42000,00	25	6300,00		
11	8	Зыкина	21730,00	15	3259,50		
12	9	Иванов	17900,00	2	2685,00		
13	10	Куликова	39250,00	20	5887,50		
14			***235040,00***		***35256,00***	***24772,50***	***295068,50***
15							
16		ВЫСЛУГА					
17		Лет выслуги	Процент				
18		>= 30	20				
19		от 15 до 25	15				
20		от 10 до 15	10				
21		от 2 до 5	5				
22		<2	0				

1. В ячейку D1 вписать процент для начисления премии. Премия составляет 15 % оклада.

2. Выслуга вычисляется на основании Оклада и Процента за года стажа. Используется встроенная функция **ЕСЛИ().**

3. Построить диаграмму.



Задание 5.

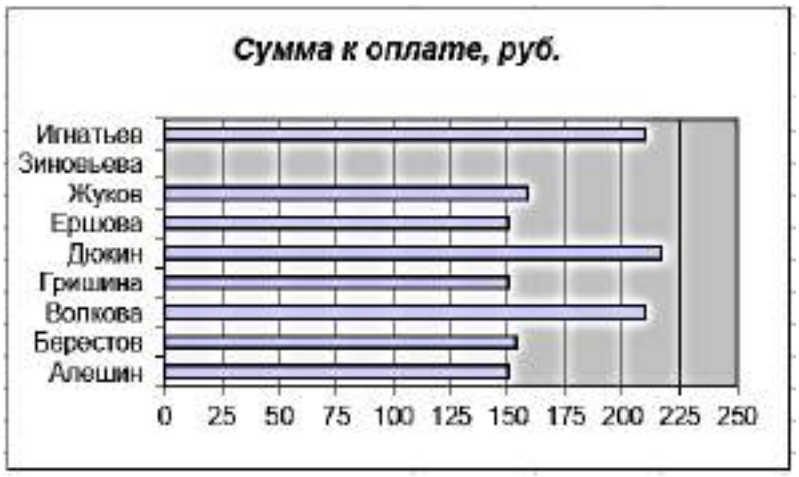
Создать таблицу «Журнал учета оплаты услуг связи.

1. Произвести расчет Суммы к оплате по тарифу, Количество абонентов и Суммарное количество минут.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Журнал учета оплаты услуг связи						Тариф	
2	Абонент	Тариф	Кол-во минут	Сумма к оплате, руб.			100	275
3	Алешин	100	65	150		Плата за абонентскую линию, руб	130	130
4	Берестов	100	110	153,5		Гарантированный платеж, руб.	20	80
5	Волкова	275	130	210		Стоимость 1 минуты свыше установленного количества, руб	0,35	0,24
6	Гришина	100	90	150				
7	Дюкин	275	305	217,2				
8	Ершова	100	76	150				
9	Жуков	100	124	158,4				
10	Зиновьева	150	134	ошибка				
11	Игнатьев	275	240	210				
12								
13								
14								
15	Показатель		Тариф					
16			100	275				
17	Кол-во абонентов							
18	Суммарное кол-во мин							

=ЕСЛИ(И(C3<=$G$2;B3=$G$2);$G$3+$G$4;
ЕСЛИ(И(C3>$G$2;B3=$G$2);$G$3+$G$4+
(C3-B3)*$G$6;
ЕСЛИ(И(C3<=$H$2;B3=$H$2);$H$3+$H$4;
ЕСЛИ(И(C3>$H$2;B3=$H$2);$H$3+$H$4+
(C3-B3)*$H$6;"ошибка"))))

2. Изобразить гистограмму с использованием полученных данных.



Задание 6.

Создать таблицу «Анализ показателей тестирования».

1. Найти Сумму баллов, оценить результаты тестирования в форме «зачет» или «незачет», считая за минимум 10 баллов.

2. Определить Количество студентов по показателям и номерам задач.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Анализ результатов тестирования															Номера задач				
2	Студент	Номера задач					Номера задач					Сумма баллов	Min сумма баллов		Показатель	A1	A2	A3	A4	A5
3		A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5				Кол-во студентов, которые					
4		Правильные ответы					Полученные баллы								решили задачу	3				
5		3	2	2	4	3	1	2	2	3	4		10		Кол-во студентов, которые не					
6		Ответы студента					Полученные баллы						Оценка		дали ответ на задачу	2				
7	Алешин	2	2	2	3	3	0	2	2	0	4	8	незачет							
8	Берестов		2	1	4	2		2	0	3	0	5	незачет							
9	Волкова	3	2	2	4	3	1	2	2	3	4	12	зачет							
10	Гришина			2	4				2	3		5	незачет							
11	Дюкин	3	2	2		3	1	2	2		4	9	незачет							
12	Ершова	3	2	2	4	3	1	2	2	3	4	12	зачет							
13	Жуков	2	2	2	4	3	0	2	2	3	4	11	зачет							
14												62								

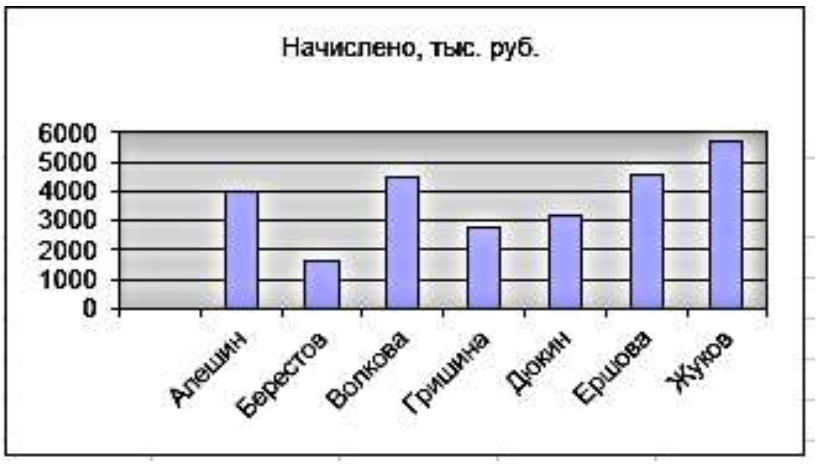
Задание 7.

Создать таблицы «Задолженность по кредитам».

1. Пусть у ряда работников имеется задолженность по потребительскому кредиту, которая отражена в диапазоне C4:C10. Нужно найти в списке таких работников и удержать с них в счет погашения кредита 10 % от начисленной им суммы.

E4=ЕСЛИ("Потребительский кредит">0; тогда "Начислено" *0,1; иначе пробел [" "] или прочерк «-»).

	A	B	C	D	E
2	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по видам кредита		Удержано, тыс. руб.
3			Потребит. кредит	Жил. строит-во	
4	Алешин	4000	2400		400
5	Берестов	1600			-
6	Волкова	4500	3000	25000	
7	Гришина	2800	6000		
8	Дюкин	3200			
9	Ершова	4530		18000	
10	Жуков	5700	7000		
11					1700



2. Пусть у некоторых работников имеется задолженность по жилому строительству, которая отражена в диапазоне ячеек J4:J10. Нужно найти в списке этих работников и удержать с них в счет погашения кредита 20 % от начисленной им Суммы.

	G	H	I	J	K
2	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по видам кредита		Удержано, тыс. руб.
3			Потребит. кредит	Жил. строит-во	
4	Алешин	4000	2400		
5	Берестов	1600			
6	Волкова	4500	3000	25000	
7	Гришина	2800	6000		
8	Дюкин	3200			
9	Ершова	6200		18000	
10	Жуков	5700	7000		
11					***2140***

3. Найти фамилии работников, у которых одновременно имеются Задолженности по Потребительскому кредиту и Кредиту на жилищное строительство, и удержать от начисленной им Суммы 20 %.

	A	B	C	D	E
27	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по		Удержано, тыс. руб.
28			Потребит. кредит	Жил. строит-во	
29	Алешин	4000	2400	17000	***800***
30	Берестов	1600			-
31	Волкова	4500	3000	25000	***900***
32	Гришина	2800	6000		-
33	Дюкин	3200			-
34	Ершова	6200		18000	-
35	Жуков	5700	7000		-
36					***1700***

4. Найти работников, у которых имеется либо задолженность по потребительскому кредиту, либо по кредиту на жилищное строительство, либо по обоим видам кредита сразу, и удержать с них в счет погашения кредита 10 % от начисленной им Суммы.

	F	G	H	I	J	K	L	M
27		Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по		Удержано, тыс. руб.		
28				Потребит. кредит	Жил. строит-во			
29		Алешин	4000	2400		**400**		
30		Берестов	1600			-		
31		Волкова	4500	3000	25000	**450**		
32		Гришина	2800	6000		**280**		
33		Дюкин	3200			-		
34		Ершова	6200		18000	**620**		
35		Жуков	5700	7000		**570**		
36						***2320***		

5. Найти фамилии работников, у которых имеются одновременно задолженности по обоим видам кредита, и удержать от начисленной им Суммы 20 % в счет погашения кредитов. У остальных работников, имеющих задолженность по какому-либо одному виду кредита, удержать 10 % от начисленной им Суммы. Работникам, не имеющим задолженность по кредиту, проставить в графе "Удержано" – "б/к".

E55 | =ЕСЛИ(И(C55>0;D55>0);B55*0,2;ЕСЛИ(И(C55=0;D55=0);"б/к";B55*0,1))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
53	Фамилия	Начислено, тыс. руб.	Задолженность по		Удержано, тыс. руб.						
54			Потребит. кредит	Жил. строит-во							
55	Алешин	4000	2400		400						
56	Берестов	1600			б/к						
57	Волкова	4500	3000	25000	900						
58	Гришина	2800	6000		280						
59	Дюкин	3200			б/к						
60	Ершова	6200		18000	620						
61	Жуков	5700	7000		570						
62					2770						

Задание 8.

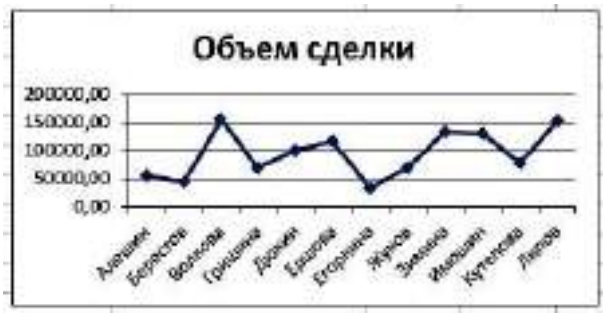
Создать таблицы «Комиссионные торговых агентов».

Торговый агент получает процент от суммы совершенной сделки. Если объем сделки до 70000, то 1 %; если объем до 100000, то 2 %; если выше 100000, то 3 %.

	A	B	C
2	*Комиссионные торговых агентов*		
3	Торговые агенты	Объем сделки	Размер вознаграж-дения
4	Алешин	55000,00	550,00
5	Берестов	44209,00	
6	Волкова	155230,00	
7	Гришина	69845,00	
8	Дюкин	100000,00	
9	Ершова	116523,00	
10	Егоркина	33565,00	
11	Жуков	69954,00	
12	Зимина	132685,00	
13	Имошин	131209,00	
14	Кутепова	78023,00	
15	Липов	150845,00	4525,35
16			***27880,95***
17			
18	=ЕСЛИ(B4<70000;B4*0,01;		
19	ЕСЛИ(B4<100000;B4*0,02;		
20	B4*0,03))		

1. Если объем продаж выше 130 тыс. руб. – задать 10 % вознаграждение, для тех, у которых объем продаж превышает 100 тыс. руб., но меньше 130 тыс. руб. – 5 % вознаграждение, для тех, у которых объем продаж не превышает 100 тыс. руб. – 3 %.

	E	F	G
2	*Комиссионные торговых агентов*		
3	Торговые агенты	Объем сделки	Размер вознаграж-дения
4	Алешин	55000,00	1650,00
5	Берестов	44209,00	
6	Волкова	155230,00	
7	Гришина	69845,00	
8	Дюкин	100000,00	
9	Ершова	116523,00	
10	Егоркина	33565,00	
11	Жуков	69954,00	
12	Зимина	132685,00	
13	Имошин	131209,00	
14	Кутепова	78023,00	
15	Липов	150845,00	15084,50
16			*78340,93*
17			
18	=ЕСЛИ(F4<100000;0,03*F4;		
19	ЕСЛИ(И(F4>=100000;F4<13		
20	0000);F4*0,05;F4*0,1))		
21			



2. Если объем продаж выше 130 тыс. руб. – грамота и премия, для тех, у которых объем продаж превышает 100 тыс. руб., но меньше 130 тыс. руб. – премия, для тех, у которых объем продаж не превышает 100 тыс. руб. – грамота.

	I	J	K	L	M	N	O
2	*Комиссионные торговых агентов*						
3	Торговые агенты	Объем сделки	Размер вознаграж-дения				
4	Алешин	55000,00	*грамота*				
5	Берестов	44209,00					
6	Волкова	155230,00					
7	Гришина	69845,00					
8	Дюкин	100000,00					
9	Ершова	116523,00					
10	Егоркина	33565,00					
11	Жуков	69954,00					
12	Зимина	132685,00					
13	Имошин	131209,00					
14	Кутепова	78023,00					
15	Липов	150845,00	*грамота и премия*				
16	*Количество:*						
17	грамота и премия		*4*				
18	премия		*2*				
19	грамота		*6*				

=ЕСЛИ(J4<100000;"грамота";
ЕСЛИ(И(J4>=100000;J4<=13
0000);"премия";"грамота и
премия"))

Задание 9.

Создать таблицу «Ведомость студента».

C16 | =ПРОСМОТР(B4;B4:B13;F4:F13)

1. По фамилии сотрудника определить образование, используя функцию =ПРОСМОТР(). Например, для Якуниной.

Первым аргументом функции **ПРОСМОТР** является ячейка B4, где мы указываем искомое значение, т.е. фамилию. Диапазон B4:B13 является просматриваемым, его еще называют просматриваемый вектор. Из соответствующей ячейки диапазона F4:F13 функция **ПРОСМОТР** возвращает результат, такой диапазон также называют вектором результатов. Нажав **Enter**, убеждаемся, что все верно.

N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

ФАМИЛИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
Якунина	высшее

2. Требуется по заданному номеру извлечь фамилию, используя функцию =ВПР(). Например, для Васильевой. B16=ВПР(A13;A4:B13;2)

Из формулы видно, что первым аргументом функции ВПР является ячейка A13, где мы указываем искомый номер. Вторым выступает диапазон A4:B13, который показывает, где следует искать. И последний аргумент – это номер столбца, из которого необходимо возвратить результат. В нашем примере это второй столбец. Нажав Enter, мы получим нужный результат.

N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

E17 | =ВПР(A11;$A$4:$D$13;2)

	A	B	C	D	E	F
14						
15	N П/П	ФАМИЛИЯ				
16		Васильева				
17						
18						
19						

Вывести данные по номеру п/п (8,9,10), используя

N П/П	ФАМИЛИЯ
	Мишина
	Орлова
	Васильева

3. Например, в таблице ниже формула вернет число 5, поскольку фамилия "Титов" находится в пятой строке диапазона B4:B13.

Функция **ПОИСКПОЗ** возвращает относительное расположение ячейки в заданном диапазоне Excel, содержимое которой соответствует искомому значению. Т.е. данная функция возвращает не само содержимое, а его местоположение в массиве данных.

N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

=ПОИСКПОЗ(B8;B4:B13)

5

Исходный / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

4. В одиночку функция ПОИСКПОЗ, как правило, не представляет особой ценности, поэтому в Excel ее очень часто используют вместе с функцией ИНДЕКС.

Функция **ИНДЕКС** возвращает содержимое ячейки, которая находится на пересечении заданных строки и столбца. Например, в таблице ниже формула возвращает значение из диапазона B4:D13, которое находится на пересечении 1 строки и 2 столбца.

N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее

=ИНДЕКС(B4:D13;1;2)

Мария

Исходный / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

5. СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОИСКПОЗ И ИНДЕКС

Пусвай ячейка B16 содержит указанную нами фамилию, например, Букина. А ячейка B17 - месяц, например октябрь. Введем в ячейку B18 соответствующую формулу и нажмем Enter.

ФАМИЛИЯ	Зарплата в рублях			
	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Якунина	44000	48000	36000	50000
Юркевич	32000	42332	25333	31000
Букина	33000	36664	14666	22000
Волков	25333	30096	23999	23000
Титов	17666	25328	26668	24000
Григорьев	29999	19660	27335	25000
Бусыгин	42332	23992	28002	26000
Мишина	24665	28324	28669	27000
Орлова	26998	22656	29316	28000
Васильева	29331	26988	30003	29000

Укажите фамилию	Букина
Укажите должность	октябрь
Зарплата	36664

Аргументы функции

ИНДЕКС

Массив B5:E14 = {44000;48000;36000;50000:32000;423

Номер_строки ПОИСКПОЗ(B16;A5:A14;0) = 3

Номер_столбца ПОИСКПОЗ(B17;B4:E4;0) = 2

= 36664

Возвращает значение или ссылку на ячейку на пересечении конкретных строки и столбца, в данном диапазоне.

Номер_столбца столбец массива, из которого нужно возвратить значение; если опущен, требуется указание номера строки.

Значение: 36664

Справка по этой функции

OK Отмена

Исходный / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

	A	B	C	D	E	F
1	**6. СУММА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОИСКПОЗ И ИНДЕКС**					
2	Вычислить сумму за четыре месяца для Якуниной и Орловой					
3	ФАМИЛИЯ	Зарплата в рублях				ИТОГО
4		сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
5	Якунина	44000	48000	36000	50000	178000
6	Юркевич	32000	42332	25333	31000	130665
7	Букина	33000	36664	14666	22000	106330
8	Волков	25333	30996	23999	23000	103328
9	Титов	17666	25328	26668	24000	93662
10	Григорьев	29999	19660	27335	25000	101994
11	Бусыгин	42332	23992	28002	26000	120326
12	Мишина	24665	28324	28669	27000	108658
13	Орлова	26998	22656	29336	28000	106990
14	Васильева	29331	26988	30003	29000	115322

J13 fx =СУММ(ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(J4;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(J5;B4:E4;0));ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(N4;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(N5;B4:E4;0));ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(J8;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(J9;B4:E4;0));ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(N8;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(N9;B4:E4;0)))

Самостоятельное задание

Укажите фамилию	Якунина		Укажите фамилию	Якунина	
Укажите должность	сентябрь		Укажите должность	октябрь	
Зарплата	44000		Зарплата	48000	
Укажите фамилию	Якунина		Укажите фамилию	Якунина	
Укажите должность	ноябрь		Укажите должность	декабрь	
Зарплата	36000		Зарплата	50000	
Сумма за четыре месяца					
178000					

=ИНДЕКС(B5:E14;ПОИСКПОЗ(N8;A5:A14;0);ПОИСКПОЗ(N9;B4:E4;0))

Исходный 1 2 3 4 5 6 7 Лист3

	A	B	C	D	E	F
1	***САМОСТОЯТЕЛЬНО:***					
2	N П/П	ФАМИЛИЯ	ИМЯ	ОТЧЕСТВО	ДАТА РОЖДЕНИЯ	ОБРАЗОВАНИЕ
3	1	Якунина	Мария	Ивановна	05.01.1955	высшее
4	2	Юркевич	Любовь	Васильевна	14.07.1957	среднее спец.
5	3	Букина	Галина	Константиновна	12.05.1961	среднее спец.
6	4	Волков	Вячеслав	Васильевич	23.03.1941	среднее спец.
7	5	Титов	Игорь	Евгеньевич	12.08.1948	среднее
8	6	Григорьев	Наталья	Никитична	01.01.1960	среднее
9	7	Бусыгин	Владимир	Михайлович	07.07.1952	среднее спец.
10	8	Мишина	Татьяна	Николаевна	02.06.1969	высшее
11	9	Орлова	Галина	Геннадьевна	26.04.1956	среднее спец.
12	10	Васильева	Ольга	Николаевна	27.06.1971	высшее
13						
14	1. По фамилии сотрудника **ВОЛКОВА** определить **ОТЧЕСТВО**, используя функцию =ПРОСМОТР().					
15	2. По заданному номеру **8** извлечь фамилию, используя функцию =ВПР(). Например, для **МИШИНОЙ**.					
16	3. В таблице вернуть число 4, поскольку фамилия **"ВОЛКОВ"** находится в **ЧЕТВЕРТОЙ** строке, используя функцию =ПОИСКПОЗ().					

	A	B	C	D	E	F
1	**В колонках A, B, C даны данные по суммам отгрузки товара, по договорным и фактическим датам оплаты. Необходимо выявить суммы, оплаченные в срок, и просроченные суммы. Также требуется установить количество просроченных сумм:**					
2	Сумма отгрузки	Дата оплаты по договору	Дата оплаты фактическая	Суммы в срок	Суммы просроченные	
3	50000	01.04.2016	06.04.2016	-	***50000***	=ЕСЛИ(C3>B3;A3;"-")
4	31000	10.04.2016	08.04.2016	***31000***	-	
5	22000	05.04.2016	05.04.2016	***22000***	-	
6	23000	25.02.2016	26.02.2016	-	***23000***	
7	24000	11.04.2016	10.04.2016	***24000***	-	
8	25000	26.05.2016	24.05.2016	***25000***	-	
9	26000	10.07.2016	07.07.2016	***26000***	-	
10	27000	24.08.2016	20.08.2016	***27000***	-	
11				***155000***	***73000***	
12			Количество просроченных сумм:		***2***	

Исходный 1 2 3 4 5 6 7 8

	A	B	C	D	E	F
1	**Дан период дат, а также даты и соответствующие суммы. Требуется распределить по разным колонкам суммы, попадающие и не попадающие в период дат:**					
2		**Период**	**01.02.2016**	**11.04.2016**		
3	Дата	Сумма	Сумма попадает в период	Сумма не попадает в период		
4	01.04.2016	50000	*31000*	-		
5	10.04.2016	31000	*22000*	-		
6	05.04.2016	22000	*23000*	-		
7	25.02.2016	23000	*24000*	-		
8	11.04.2016	24000	*25000*	-		
9	26.05.2016	25000	-	*25000*		
10	10.07.2016	26000	-	*26000*		
11	24.08.2016	27000	-	*27000*		
12		ИТОГО:	*125000*	*78000*		

=ЕСЛИ(НЕ(И(A4>=$C$2;A4<=$D$2));B4;"-")

Исходный 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Задание 10.

Создать таблицу «Расчет заработной платы». Произвести расчеты по справочным формулам.

Справочные формулы

*Оклад =Тариф * Базовая величина*

Начислено = Оклад + Надбавка + Премия

*Премия =% премии * Оклад*

*Подоходный налог = % налога * Начислено*

*Надбавка = % надбавки * Оклад*

*Профсоюз = % взноса * Начислено*

К выдаче = Начислено – (Подоходный налог +Профсоюз)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	**Расчет заработной платы**								
2	**Должность**	**Тариф**	**Оклад**	**Надбавка**	**Премия**	**Начислено**	**Подоходный налог**	**Профсоюз**	**К выдаче**
3	Профессор	7,54							
4	Доцент	6,59							
5	Ст. преподав.	6,04							
6	Преподаватель	5,52							
7									
8	Базовая величина	% надбавки	% премии	% налога	% взноса				
9	18 000	10%	25%	9%	2%				

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего используется электронная таблица?
2. Как называется документ в программе Excel? Из чего он состоит?
3. Каковы особенности типового интерфейса табличных процессоров?
4. Какие типы констант могут содержать электронные таблицы?
5. Какие данные называют зависимыми, а какие независимыми?
6. По какому признаку программа определяет, что введенные данные являются не значением, а формулой?
7. Что в Excel используется в формулах в качестве операндов?
8. Что такое формула в электронной таблице и ее типы? Приведите примеры.
9. Что такое функция в электронной таблице и ее типы? Приведите примеры.
10. Поясните, для чего используются абсолютные и относительные адреса ячеек? Как они выглядят?
11. Что такое автозаполнение?
12. Каков приоритет выполнения операций в арифметических формулах Excel?
13. Как можно “размножить” содержимое ячейки?
14. Как посмотреть и отредактировать формулу, содержащуюся в ячейке?
15. Какой тип адресации используется в Excel по умолчанию?
16. В чем состоит удобство применения относительной и абсолютной адресации при заполнении формул?
17. Что такое диапазон, как его выделить?
18. Как защитить содержимое ячеек электронной таблицы от несанкционированного доступа и внести изменения?
19. Укажите, какие Вы знаете типы диаграмм, используемых для интерпретации данных электронной таблицы. Поясните, когда следует или не следует использовать каждый из них.
20. Какие способы объединения нескольких исходных электронных таблиц в одну Вам известны?
21. Как использовать электронную таблицу для моделирования по типу решения задачи “Что будет, если...”?
22. Какая текстовая функция позволяет объединить в одной ячейке текстовую информацию из нескольких ячеек?
23. Какая функция позволяет вычислить количество символов в ячейке?
24. Какая функция возвращает заданное число знаков из строки текста, начиная с указанной позиции?
25. Какая функция возвращает указанное количество знаков с начала строки?
26. Какая функция возвращает указное количество знаков с конца строки?
27. Какая функция форматирует число и преобразует его в текст?

28. Какая функция возвращает позицию начала искомой строки текста в содержащей ее строке текста?
29. К какой категории относится функция ЕСЛИ?
30. К какой категории относится функция ПОИСКПОЗ?
31. Какие основные типы данных используются в Excel?
32. Как записывается логическая команда в Excel?
33. Для чего можно использовать клавишу F4 в Excel?
34. Для чего используется добавление символа $ в адресной ячейке?
35. Каким символом выделяется действие «Вставить функцию»?
36. Каким образом скопировать число из ячейки?
37. Как скопировать число из ячейки с шагом 1?
38. Как скопировать число из ячейки с произвольным шагом?
39. Как заполнить недели текстом «понедельник», «вторник» и т. д.?
40. Как заполнить строку названием месяцев: «янв.», «фев.», . . . ?
41. Что такое блок ячеек?
42. Как выделить блок контурной линией?
43. Как залить блок определенным цветом?
44. Как удалить из блока все числа?
45. Как удалить линии блока?
46. Как удалить раскраску блока?
47. Как объединить ячейки?
48. Как расположить текст в ячейке по центру ил в правой его части?
49. Как осуществить сортировку чисел по убыванию?
50. Как округлить значение числа в ячейке до 2-х знаков в дробной части?
51. Как построить гистограмму?
52. Как построить график?
53. Как построить круговую диаграмму?
54. Какое отличие между листом и книгой?
55. Как называется документ в программе Excel?
56. Что такое активная ячейка?
57. Может ли ячейка содержать текст, формулу, число?
58. С какого символа начинается формула в ячейке?
59. Какие действия следует выполнить при помощи поиска ошибок?
60. Что такое понятие «Влияющие ячейки», «Зависимые ячейки»?

===

Тест на знание Excel с ответами

Примечание. Правильные ответы отмечены символом +.

1. Основное назначение электронных таблиц.

а) редактировать и форматировать текстовые документы;

+в) выполнять расчет по формулам;

г) нет правильного ответа.

2. Какие действия выполняются в электронной таблице?

а) производится обработка текстовых данных;

+ б) при изменении данных автоматически пересчитывается результат;

в) выполняются чертежные работы.

3. Можно ли в ЭТ построить график, диаграмму по числовым значениям таблицы?

+а) да;

б) нет.

4. Основным элементом электронных таблиц является:

а) цифры;

+б) ячейки;

в) данные.

5. Какая программа не является электронной таблицей?

а) Excel;

б) Superkalk;

+в) Word.

6. Как называется документ в программе Excel?

а) рабочая таблица;

+б) книга;

в) страница.

7. Рабочая книга состоит из:

а) нескольких рабочих страниц;

+б) нескольких рабочих листов;

в) нескольких ячеек.

8. Наименьшей структурной единицей внутри таблицы является:

а) строка;

+б) ячейка;

в) столбец.

9. Укажите правильный адрес ячейки:

а) Ф7;

+б) L6;

в) 7В.

10. С какого знака начинается формула в ячейке:

а)";

б) №;

+в) =.

11. Какая ячейка называется активной?

а) любая;

+ б) та, которая выделена;

в) заполненная числами.

12. Какой знак отделяет целую часть числа от дробной

а) :

б) ;
в) ,
13. Как можно задать округление числа в ячейке?
а) используя формат ячейки;
б) используя функцию ОКРУГЛ();
+в) оба предыдущее ответа правильные.
14. В качестве диапазона не может выступать…
а) фрагмент строки или столбца;
б) прямоугольная область;
+в) группа ячеек: A1, B2, C3.
15. Что не является типовой диаграммой в таблице?
а) круговая;
+б) сетка;
в) гистограмма.
16. К какой категории относится функция ЕСЛИ?
а) математической;
б) статистической;
+в) логической.
17. Какие основные типы данных в Excel?
а) числа, формулы;
+б) текст, числа, формулы;
в) цифры, даты, числа.
18. Как записывается логическая команда в Excel?
а) если (условие, действие1, действие 2);
б) (если условие, действие1, действие 2);
+в) =если(условие; действие1; действие 2).
19. Как понимать сообщение # знач! при вычислении формулы?
а) формула использует несуществующее имя;
б) формула ссылается на несуществующую ячейку;
+в) ошибка при вычислении функции.
20. Что означает появившийся символ в ячейке #####?
+а) ширина ячейки меньше длины вводимого числа;
б) ошибка в формуле вычислений;
в) отсутствие результата.
21. В электронных таблицах нельзя удалить:
а) текстовые данные ячеек;
+ б) имена ячеек;
в) столбцы.
22. Минимальной составляющей таблицы является:
+ а) ячейка;
б) строка;
в) книга.
23. В электронной таблице имя ячейки образуется:
а) произвольным образом;

б) путем соединения имен строки и столбца;
+ в) путем соединения имени столбца и строки.

24. Рабочая книга табличного процессора состоит из:

а) таблиц;
б) строк и столбцов;
+ в) листов.

25. Какие типы диаграмм позволяют строить табличные процессоры?

+ а) График, точечная, линейчатая, гистограмма, круговая;
б) коническая, плоская, поверхностная, усеченная;
в) гистограмма, график, локальное пересечение, аналитическая.

26. Категория математические используют функции:

+ а) ABS, COS, TAN, ОКРУГЛ, ПИ, СУММ;
б), СУММ, ВЫБОР, ПОИСКПОЗ;
в) ABS, COS, СТРОКА, ТРАНСП.

27. В какой категории находится функция ПОИСКПОЗ:

а) математическая;
+ б) ссылки и массивы;
в) логическая.

28. Документ табличного процессора Excel по умолчанию называется:

+ а) книгой;
б) томом;
в) таблицей.

29. В Excel могут использоваться следующие типы данных:

а) матричный, временной, математический, текстовый, денежный;
б) банковский, целочисленный, дробный, текстовый, графический;
+ в) числовой, денежный, финансовый, дата, время, процентный.

30. Какова структура рабочего листа табличного процессора?

а) строки, столбцы, командная строка, набор функций;
б) ячейки, набор функций, строка состояния;
+ в) строки и столбцы, пересечения которых образуют ячейки.

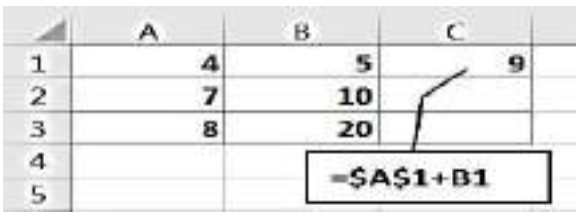
30. Как называется документ, созданный в Excel?

+ а) рабочая книга;
б) рабочий лист;
в) рабочая область.

31. В виде чего нельзя отобразить данные в электронной таблице?

а) чисел и букв;
+ б) оператора;
в) формул.

31. Приведен фрагмент электронной таблицы:



Чему будет равно число в ячейке С3, при относительном копировании вниз по столбцу из ячейки С1?
а) 28;
+б) 24;
в) 9.

32. Что означает запись =$A$5:

+ а) ссылка на абсолютный адрес строки и столбца;
б) ссылка на абсолютный адрес строк;
в) ссылка на абсолютный адрес столбца.

33. Расширение файлов, созданных в MS Excel – это:

+ а) .xls;
б) .doc;
в) .bmp.

34. Координата в электронной таблице – это адрес:

+ а) клетки в электронной таблице;
б) данных в столбце;
в) клетки в строке.

35. Какие типы фильтров существуют в табличном процессоре Excel?

а) тематический фильтр, автофильтр;
+ б) автофильтр, расширенный фильтр;
в) текстовый фильтр, числовой фильтр.

36. Наиболее наглядно будет выглядеть представление средних зарплат представителей разных профессий в виде:

а) круговой диаграммы;
б) ярусной диаграммы;
+ в) столбчатой диаграммы.

37. 40 ячеек электронной таблицы содержится в диапазоне:

+ а) E2:H11;
б) A15:D25;
в) C4:F15.

38. Укажите на абсолютный адрес ячейки:

а) D3;
б) D3;
+ в) $D$3.

39. Скопированные или перемещенные абсолютные ссылки в электронной таблице:

+ а) не изменяются;
б) преобразуются в соответствии с новым положением формулы;
в) преобразуются в соответствии с новым видом формулы.

40. Активная ячейка – это ячейка:

а) с формулой, в которой содержится абсолютная ссылка;
+ б) в которую в данный момент вводят данные;
в) с формулой, в которой содержится относительная ссылка.

41. Отличием электронной таблицы от обычной является:

+ а) автоматический пересчет задаваемых формулами данных в случае изменения исходных;
б) представление связей между обрабатываемыми данными;
в) обработка данных различного типа.

42. В табличном процессоре Excel столбцы:

+ а) обозначаются буквами латинского алфавита;
б) обозначаются римскими цифрами;
в) получают имя произвольным образом.

43. Символ «=» в табличных процессорах означает:

а) фиксацию абсолютной ссылки;
+ б) начало ввода формулы;
в) фиксацию относительной ссылки.

44. Какого элемента структуры электронной таблицы не существует?

а) полосы прокрутки;
б) строки формул;
+ в) командной строки.

45. Числовое выражение 15,7E+4 из электронной таблицы означает число:

+ а) 157000;
б) 157,4;
в) 0,00157.

46. В одной ячейке можно записать:

+ а) только одно число;
б) одно или два числа;
в) сколько угодно чисел.

47. Подтверждение ввода в ячейку осуществляется нажатием клавиши:

а) Tab;
б) F6;
+ в) Enter.

48. Содержимое активной ячейки дополнительно изображается в:

а) поле имени;
+ б) строке формул;
в) строке состояния;

49. Укажите верную запись формулы:

а) B10C11+64;
+ б) =D3*D4-D5;
в) A1=A3+2*B1.

50. Маркер автозаполнения появляется, когда курсор устанавливают:

+ а) в правом нижнем углу активной ячейки;
б) в левом верхнем углу активной ячейки;
в) по центру активной ячейки.

51. Диапазоном не может быть:

а) прямоугольная область;
б) фрагмент столбца;
+ в) Группа ячеек D1, E2, F3.

52. Можно ли убрать сетку в электронной таблицу Excel?
а) нет;
+ б) да;
в) да, если снята защита от редактирования таблицы.
53. Каким символом выделяется действие: вставить функцию?
+ а) *fx*;
б) f(x);
в) Vx.
54. Что означает запись =$B6?
+ а) абсолютная ссылка на колонку В;
б) абсолютная ссылка на ячейку В6.
в) ошибка в записи адреса ячейки.
55. Что означает запись =B$6?
+ а) абсолютная ссылка на строку 6;
б) абсолютная ссылка на ячейку В6;
в) ошибка в записи адреса ячейки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзек, М.П. Вычисления, графики и анализ данных в Excel 2010. Самоучитель / М.П. Айзек. - СПб.: Наука и техника, 2013. - 352 с.

2. Айзек, М.П. Вычисления, графики и анализ данных в Excel 2010: Самоучитель / М.П. Айзек, В.В. Серогодский, М.В. Финков. - СПб.: НиТ, 2013. - 352 с.

3. Айзек, М.П. Вычисления, графики и анализ данных в Excel 2013. Самоучитель / М.П. Айзек. - СПб.: Наука и техника, 2015. - 416 с.

4. Долженков, В.А. Самоучитель Excel 2010 / В.А. Долженков, А.Б. Стученков. - СПб.: БХВ-Петербург, 2013. - 400 с.

5. Леонов, В. Word и Excel. Простой и понятный самоучитель / В. Леонов. - М.: Эксмо, 2016. - 352 с.

6. Леонтьев, В.П. Excel 2016. Новейший самоучитель / В.П. Леонтьев. - М.: Эксмо, 2016. - 128 с.

7. Серогодский, В. Excel 2013. 2 в 1: Пошаговый самоучитель + справочник пользователя / В. Серогодский. - СПб.: Наука и техника, 2016. - 400 с.

8. Серогодский, В.В. Excel 2010. Пошаговый самоучитель + справочник пользователя / В.В. Серогодский. - СПб.: Наука и техника, 2012. - 400 с.

9. Серогодский, В.В. Excel 2010. Пошаговый самоучитель + справочник пользователя / В.В. Серогодский, Р.Г. Прокди, А.Ю. Дружинин. - СПб.: НиТ, 2012. - 400 с.

10. Шагаков, К.И. Визуальный самоучитель Word и Excel / К.И. Шагаков. - М.: Эксмо, 2013. - 224 с.

Учебное издание

Валентин Александрович Боровков

Светлана Михайловна Колмогорова

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТАБЛИЧНЫЙ ПРОЦЕССОР EXCEL

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» *для студентов*
всех технологических специальностей
очного и заочного обучения

Редактор В. В. Баклаева

Компьютерная верстка В. А. Боровкова

Подписано в печать

Бумага офсетная. Формат 60 x 84 1/16.

Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.

Печ. л. Уч.-изд. л. Тираж 100. Заказ

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ

103

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

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» ***для студентов***
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 – «Горное дело»
очного и заочного обучения

Екатеринбург – 2017

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

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
Института мировой
экономики
«30» января 2017 г.
Председатель комиссии
_____ проф. Л. А. Мочалова

В. А. Боровков, С. М. Колмогорова

ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 – «Горное дело»
очного и заочного обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

УДК 004.9 (072)
Б83

Рецензент: *В. П. Некрасов, канд. техн. наук, профессор* кафедры
информационных систем и технологий УрТИСИ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании
кафедры информатики «18 » января 2017 г.
(протокол № 4) и рекомендовано для издания в УГГУ

Боровков В. А., Колмогорова С. М.

Б83 ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD: учебно-методическое пособие по дисциплине «Информатика» для студентов всех технологических специальностей направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения / В. А. Боровков, С. М. Колмогорова; Урал.гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 89 с.

В учебно-методическом пособии «ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD» представлен лекционный материал и приведены лабораторные работы, а так же предложены вопросы для самоконтроля изучаемого материала. В конце учебно-методического пособия приведен список рекомендуемой литературы. Объем учебно-методического пособия 92 с. текста.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех технологических специальностей по направлению подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения, а так же будет полезно др. специалистам, осваивающим работу с текстовым редактором Word 2010.

© Боровков В. А., Колмогорова С. М., 2017
© Уральский государственный горный
университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ....4
1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ....5
2. ТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКСТОВОГО РЕДАКТОРА MS WORD....6
2.1. Интерфейс Microsoft Word 2010 6
2.2. Работа с файлами....11
2.3. Работа с документом 15
2.4. Создание текста 17
2.5. Оформление текста....22
2.6. Редактирование документа. Шрифт 32
2.7. Оформление текста. Абзацы 41
2.8. Оформление текста. Списки....45
2.9. Оформление текста. Стили и темы 48
2.10. Создание таблиц 50
2.11. Рисунки и графические объекты Ms Word....59
2.12. Рассылки и слияние....63
2.13. Работа с колонтитулами....72
2.14. Подготовка к печати и печать документа 74
3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ....75
4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА ПО КУРСУ ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD....80
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 87

ВВЕДЕНИЕ

Изучение текстового редактора MS WORD интегрированного пакета Office является обязательным элементом при освоении курса информатики.

Поэтому учебно-методическое пособие по изучению курса информатики с использованием текстового редактора MS Word соответствует изучению курса информатики по Государственному образовательному стандарту (ГОС) и предназначено для студентов всех технологических специальностей направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» очного и заочного обучения.

В учебно-методическом пособии материал представлен по схеме читаемого лекционного курса в виде 14 лекций, 8 лабораторных работ и 310 контрольных вопросов, позволяющих усвоить работу в текстовом редакторе MS Word.

Темы занятий следующие:

- Интерфейс Microsoft Word 2010 (Тема 1).
- Работа с файлами (Тема 2).
- Работа с документом (Тема 3).
- Создание текста (Тема 4).
- Редактирование текста (Тема 5).
- Оформление текста. Шрифт (Тема 6).
- Оформление текста. Абзацы (Тема 7).
- Оформление текста. Списки (Тема 8).
- Оформление текста. Стили и темы (Тема 9).
- Создание таблиц (Тема 10).
- Рисунки и графические объекты в MS Word (Тема 11).
- Рассылки и слияние (Тема 12).
- Работа с колонтитулами (Тема 13).
- Подготовка к печати и печать документа (Тема 14).

Лабораторные работы состоят из следующих заданий:

- создание текста;
- маркированный, нумерованный, многоуровневый список;
- работа с таблицей, преобразование текста в таблицу (и наоборот);
- изменение направления текста в таблице;
- создание колонок в таблице с разделителем и буквицей, создание 3-х колонок с маркированным списком;
- создание колонтитула с номерами страниц;
- создание оглавления;
- методы ввода формул в ячейки таблицы;

– примеры использование математических функций;
– рассмотрены практические примеры вычислений (Задание 1, Задание 2, Задание 3, Задание 4).

В конце учебно-методического пособия приведен список рекомендуемой литературы.

1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС) студентам очного и заочного обучения по всем технологическим специальностям направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» необходимо знать работу текстово-графического редактора MS Word и уметь им пользоваться.

«Информатика» как учебная дисциплина дает комплекс знаний, умений и навыков в области информатики и базируется на знаниях, полученных студентами еще в школе при изучении учебной дисциплины «Информатика», и является фундаментом для успешного применения информационных технологий в процессе обучения и последующей профессиональной деятельности.

Базовые знания образуют основу дисциплины. С учетом того, что студенты имеют разный уровень подготовки, то для одних данный материал будет повторением школьного, поэтому изучение его необходимо ставить на более высокий уровень. Для других – это новый материал, и уже с самого начала необходима четкость в определении всех новых понятий дисциплины.

Технологическая часть дисциплины связана с практическим освоением ПК, приобретением умений и навыков работы в наиболее распространенных программных средах. Дисциплина ориентирована на изучение операционной системы Windows и пакета программ MS Office (в данном разделе это в основном текстовый редактор MS Word).

В качестве основы для изучения курса следует взять приведенный здесь перечень лекций, примеры лабораторных работ и один из учебников. Не следует с первых шагов использовать несколько источников и пытаться ответить на все поставленные вопросы.

При изучении теоретического материала каждой темы следует по учебно-методическому пособию ознакомиться с её содержанием и требованиями к объему знаний. Освоив теоретический материал, необходимо самостоятельно, без помощи литературы, сделать попытку ответить на вопросы по теме. Если где-то не получается быстро освоить материал, то пройденный материал необходимо повторить. С каждой темой связан перечень основных навыков работы с редактором MS Word.

2. ТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕКСТОВОГО РЕДАКТОРА MS WORD

2.1. ИНТЕРФЕЙС MICROSOFT WORD 2010

Данная тема знакомит с интерфейсом Microsoft Word 2010. Представлены основные элементы интерфейса. Знакомство с лентой инструментов. Перечислены вкладки окна Microsoft Word 2010, описаны способы работы с элементами управления: кнопками, списками и др.

Запуск текстового редактора Word

Для запуска текстового редактора Word могут быть рекомендованы следующие способы:

- нажать левой клавишей манипулятора «Мышь» кнопку «Пуск» на панели задач, далее выбрать в меню пункт Программы (Все программы), затем «Microsoft Word»;
- в меню кнопки «Пуск» может находиться позиция «New Office Document», которая позволит запустить нужное приложение в режиме создания нового документа.

Существует еще несколько способов запуска текстового редактора Word для создания нового документа. Одним из самых простых способов запуска редактора является использование пиктограммы редактора MS Word, который выведен на рабочий стол Windows.

Главный элемент пользовательского интерфейса Microsoft Word 2010 представлен в виде **Ленты** (рис. 1), на которой размещаются все основные наборы команд, сгруппированные по темам на отдельных вкладках или группах.

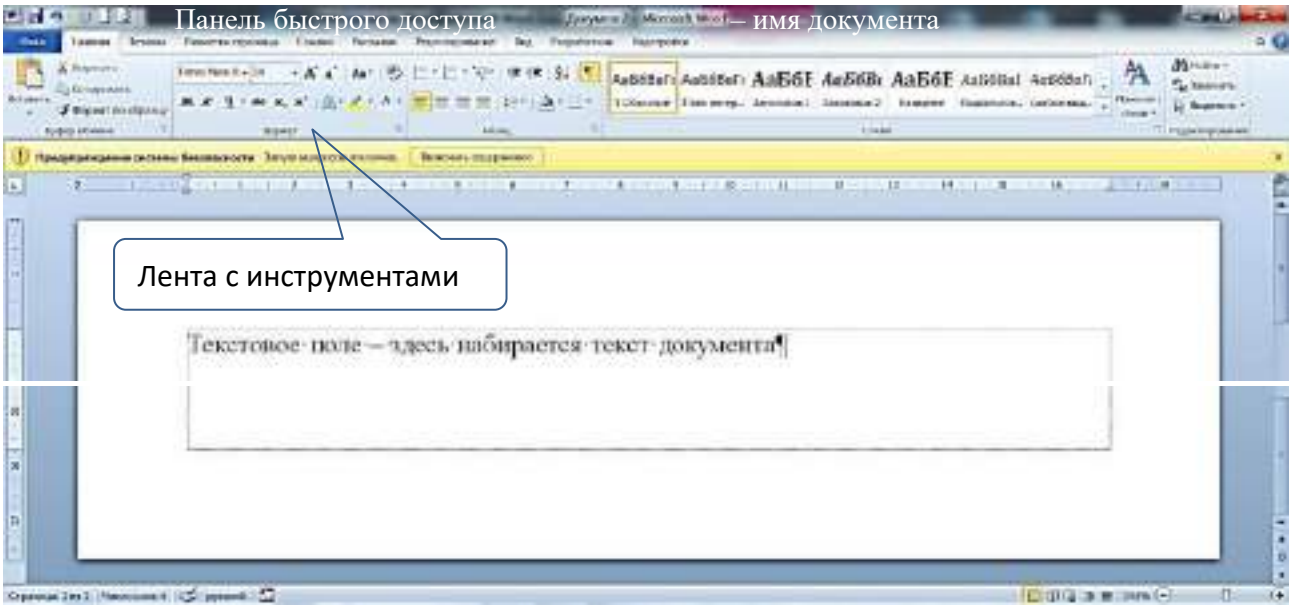


Рис. 1. Рабочее окно Word 2010

Несмотря на то, что часть инструментов скрыта, все они остаются доступны. Достаточно щелкнуть по значку или стрелке кнопки названия группы (рис. 2) и эти элементы тут же отражаются на экране.

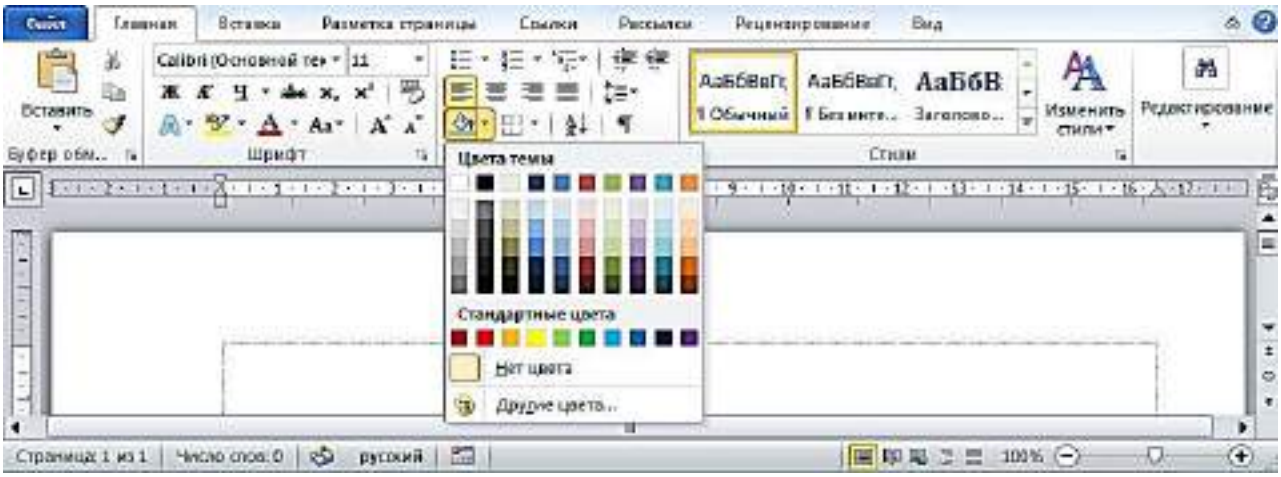


Рис. 2. Пример отображение скрытых элементов ленты вкладки **Главная**

Ленту можно настраивать: переименовывать и изменять последовательность расположения постоянных вкладок, создавать новые вкладки и удалять их, создавать, удалять, изменять расположение групп элементов на вкладках, добавлять и удалять отдельные элементы и др.

Настройка ленты производится в категории **Настройка ленты** окна **Параметры Word** (рис. 3). Для восстановления стандартных настроек ленты достаточно нажать кнопку **Сброс** и выбрать необходимую команду для восстановления выбранной вкладки ленты или для сброса всех изменений ленты.

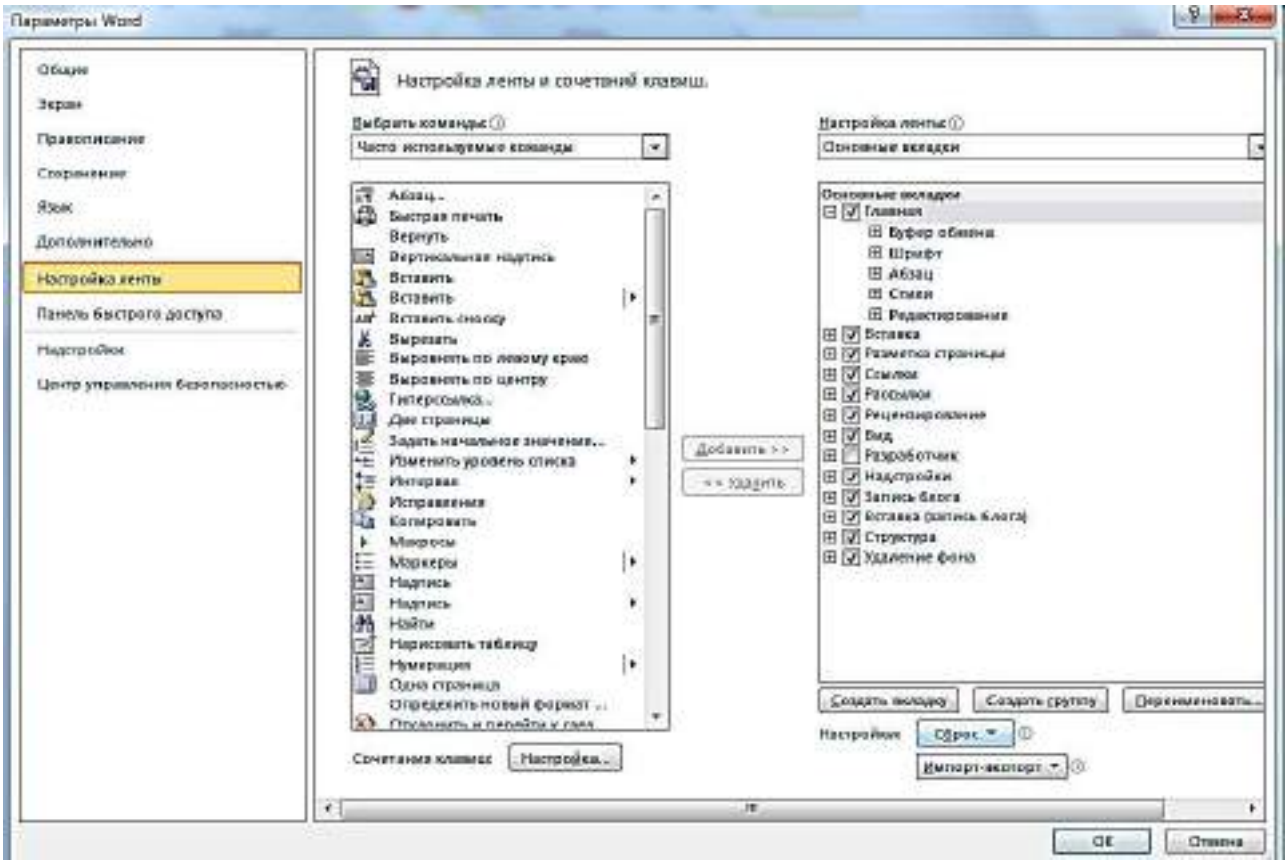


Рис. 3. Настройка ленты

Вкладка – это составляющая часть ленты с командами, сгруппированными по задачам, которые чаще всего выполняются совместно.

При запуске Word 2010 всегда открывается на вкладке **Главная**. По умолчанию в окне отображается восемь постоянных вкладок: Файл, Главная, Вставка, Разметка страницы, Ссылки, Рассылки, Рецензирование, Вид.

Группа – это набор команд, сформированных по принципу наибольшей совместимости. В группах располагаются кнопки для выполнения определенных команд или активации меню.

Вкладка (меню) «**Файл**».

Вкладка **Файл** всегда расположена в ленте первой слева. По своей сути вкладка **Файл** представляет собой меню (рис. 4).

Рис. 4. Вкладка (меню). Файл раздел Сведения

Меню содержит команды для работы с файлами (**Сохранить**, **Сохранить как**, **Открыть**, **Закрыть**, **Последние**, **Создать**), для работы с текущим документом (**Сведения**, **Печать**, **Доступ**), а также для настройки **MS Word** (**Справка**, **Параметры**).

Команды **Сохранить как** и **Открыть** вызывают соответствующие окна для работы с файловой системой.

Команда **Сведения** (см. рис. 4) открывает раздел вкладки для установки защиты документа, проверки совместимости документа с предыдущими версиями Word, работы с версиями документа, а также просмотра и изменения свойства документа.

Команда **Последние** открывает раздел вкладки со списком последних файлов, с которыми работали в Word, в том числе и закрытых файлов (рис. 5).

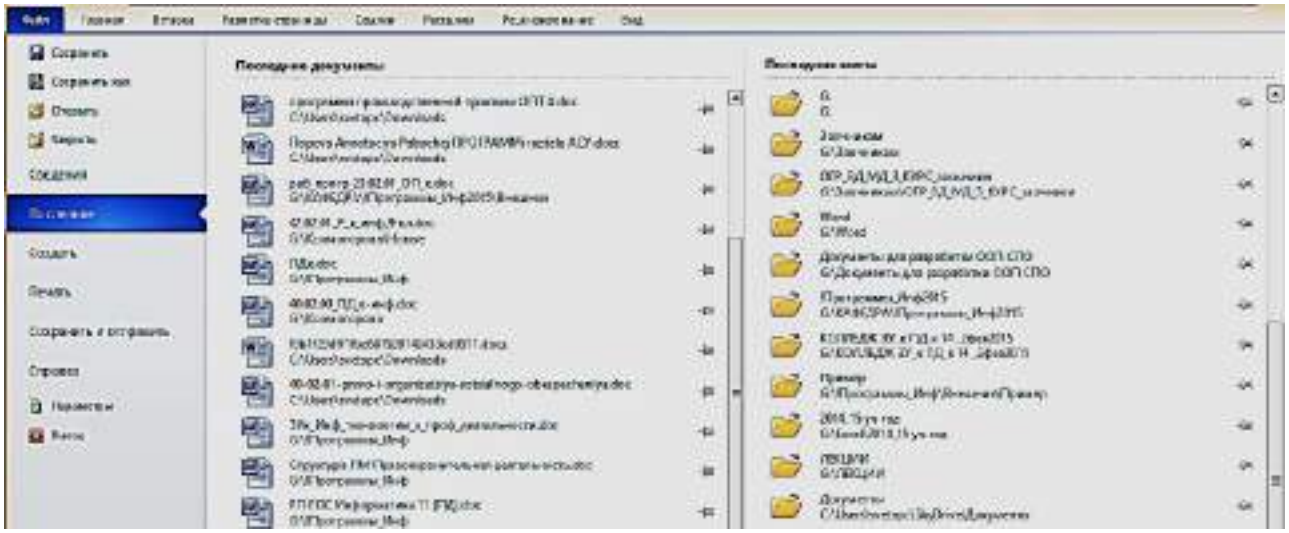


Рис. 5. Вкладка (меню). Файл раздел «Последние»

Команда **Создать** открывает раздел вкладки с шаблонами для создания новых документов (рис. 6).

Рис. 6. Вкладка (меню). Файл раздел «Создать»

Команда **Печать** открывает раздел вкладки для настройки и организации печати документа, а также предварительного просмотра документа (рис. 7).

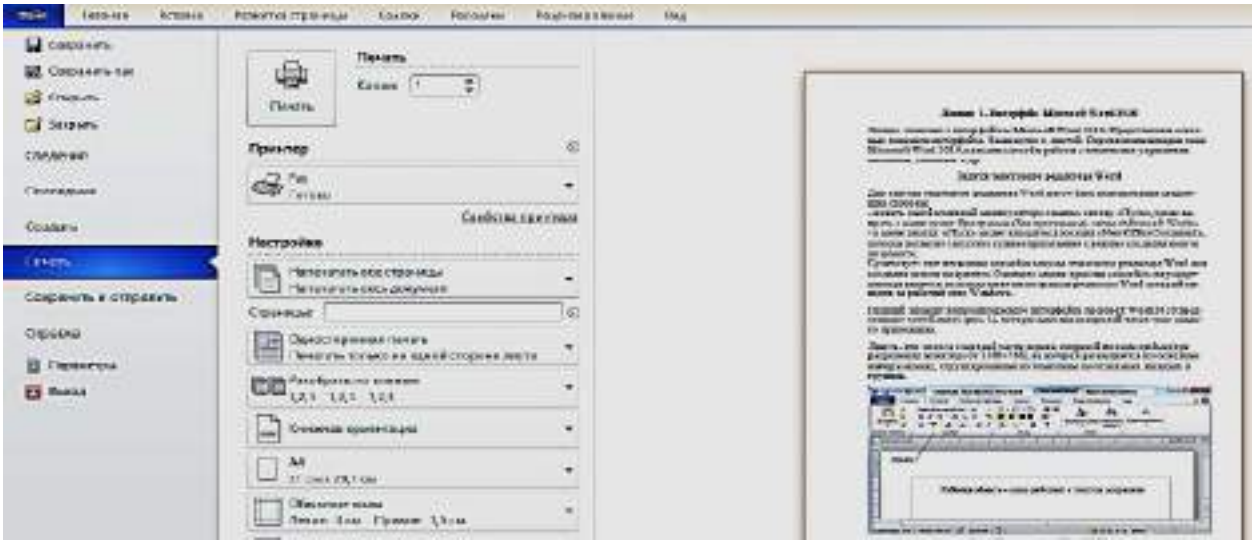


Рис. 7. Вкладка (меню). Файл раздел «Печать»

Команда **Доступ** открывает раздел вкладки для отправки документа по электронной почте, публикации в Интернете или в сети организации и изменения формата файла документа (рис. 8).

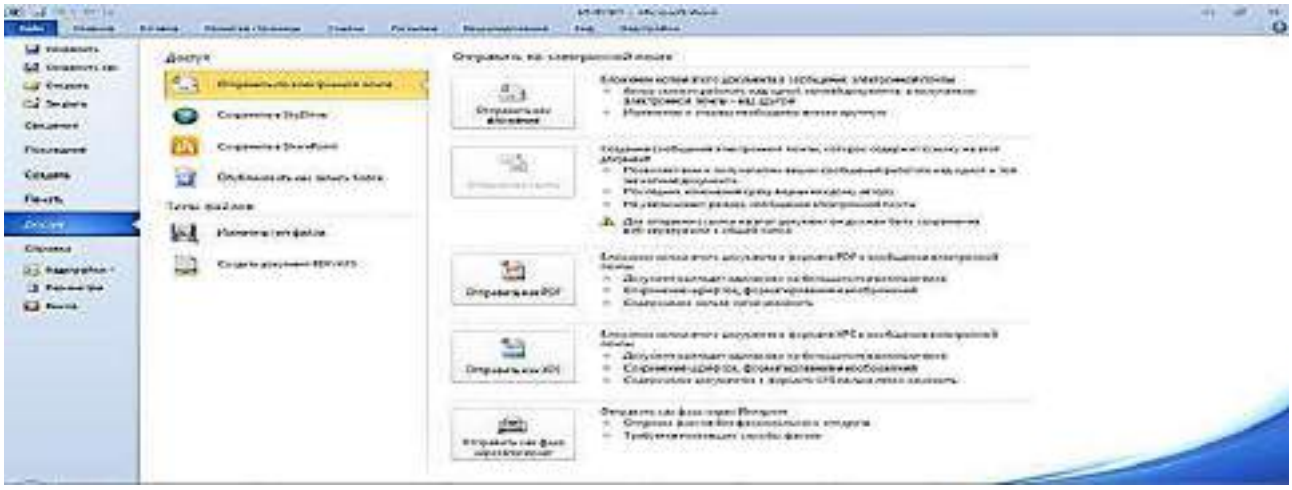


Рис. 8. Вкладка (меню). Файл раздел «Доступ»

Команда **Справка** открывает раздел вкладки для просмотра сведений об установленной версии Microsoft Office, проверки наличия обновлений, настройки параметров Word (рис. 9).

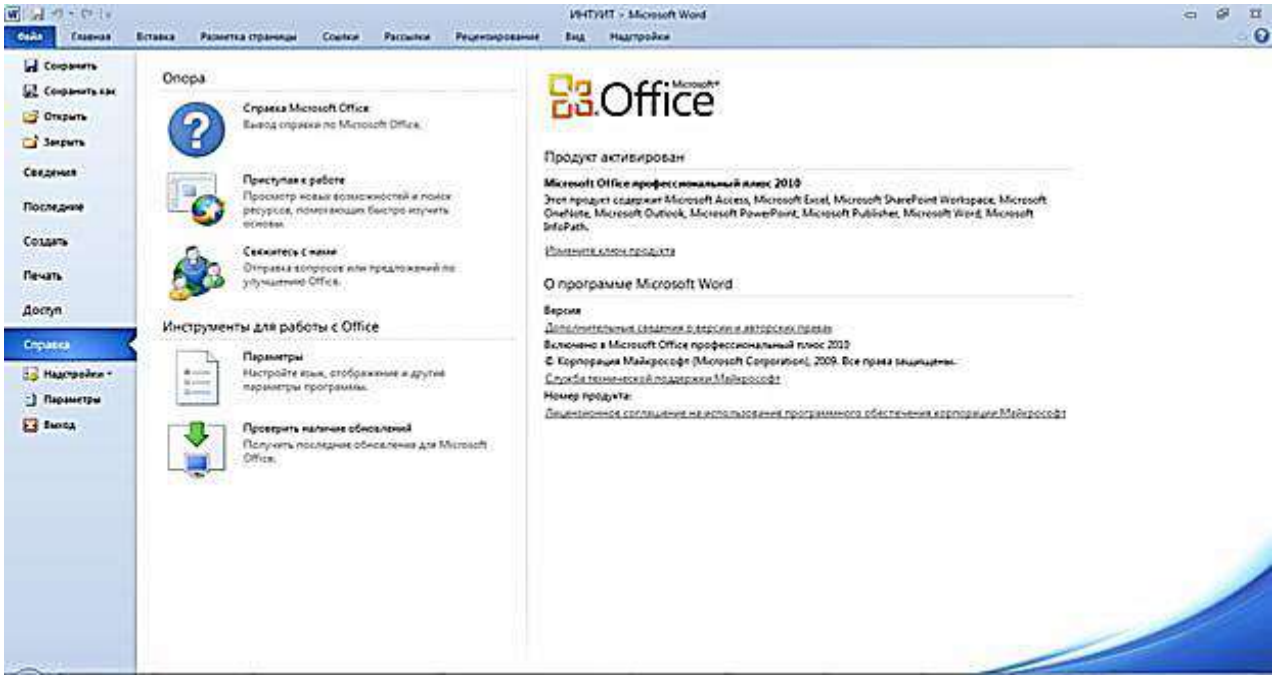


Рис. 9. Вкладка (меню). Файл раздел «Справка»

Команда **Параметры** отображает диалоговое окно **Параметры Word** для настройки параметров **Word**.

Кнопка **Выход** завершает работу с приложением.

2.2. РАБОТА С ФАЙЛАМИ

Открытие файлов Word

Для *открытия файла* выполняются следующие действия:

1. Перейти во вкладку **Файл** и выбрать команду **Открыть** (рис. 11).

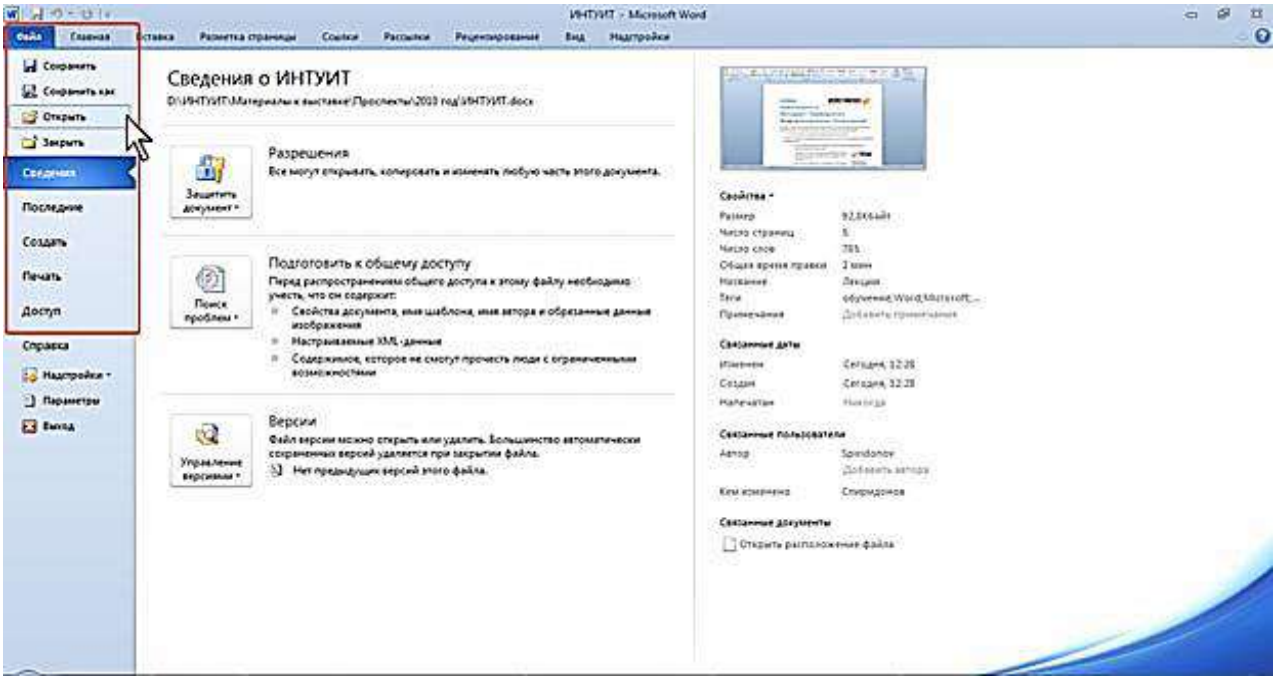


Рис. 11. Открытие файла

2. В окне **Открытие документа** перейти к папке или библиотеке, содержащей нужный файл, и щелкнуть два раза по значку открываемого файла или выделить этот файл и нажать кнопку **Открыть** (рис. 12).

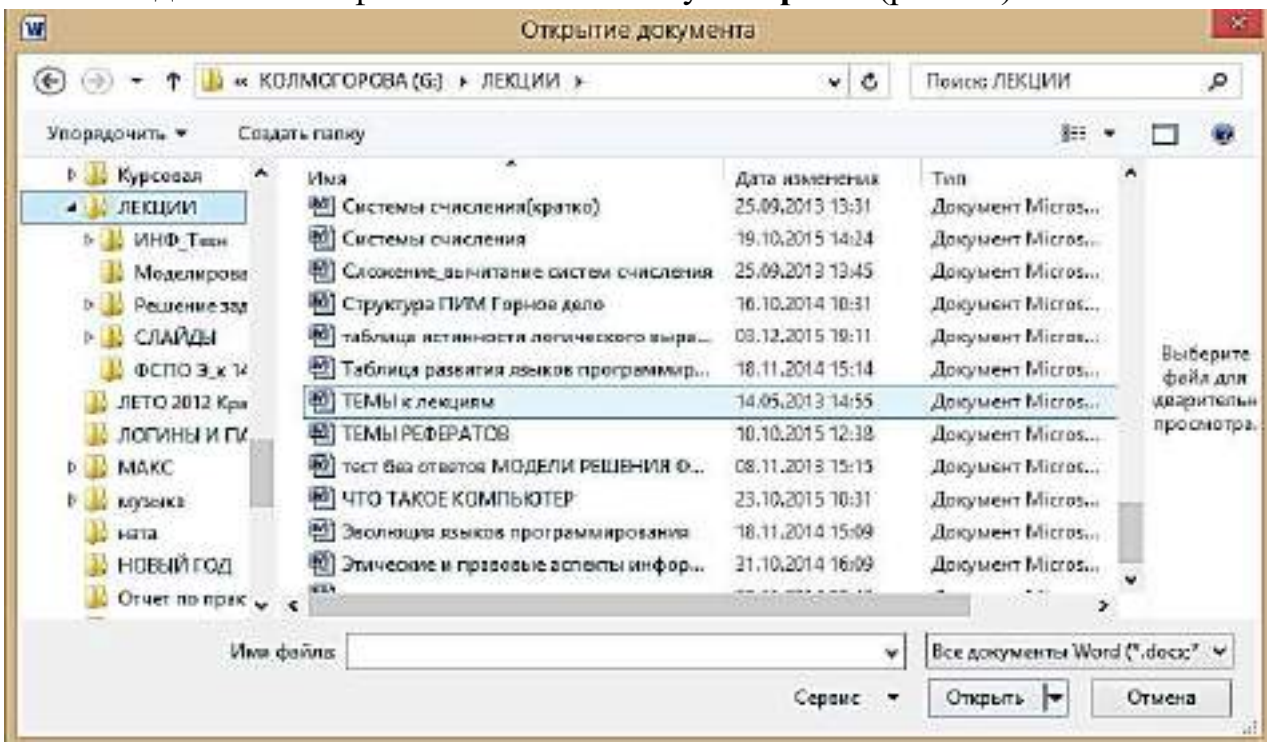


Рис. 12. Выбор открываемого файла

Для *открытия файла* можно также щелкнуть по его значку в окне **Проводника Windows**.

Для открытия одного из последних файлов, с которыми осуществлялась работа в MS Word, можно воспользоваться вкладкой **Файл**.

3. Перейти во вкладку «**Файл»** и выбрать команду «**Последние**». В нем отобразятся последние открытые и сохраненные документы.

4. Щелкнуть левой клавишей мыши по имени открываемого файла.

Открытие файлов других форматов

Word позволяет открывать файлы разных форматов. По умолчанию в окне **Открытие документа** отображаются только файлы MS Word. Чтобы открыть файл другого формата, щелкнуть по кнопке, на которой *указан тип* открываемых файлов, и выбрать необходимый формат или режим **Все файлы** (рис. 13).

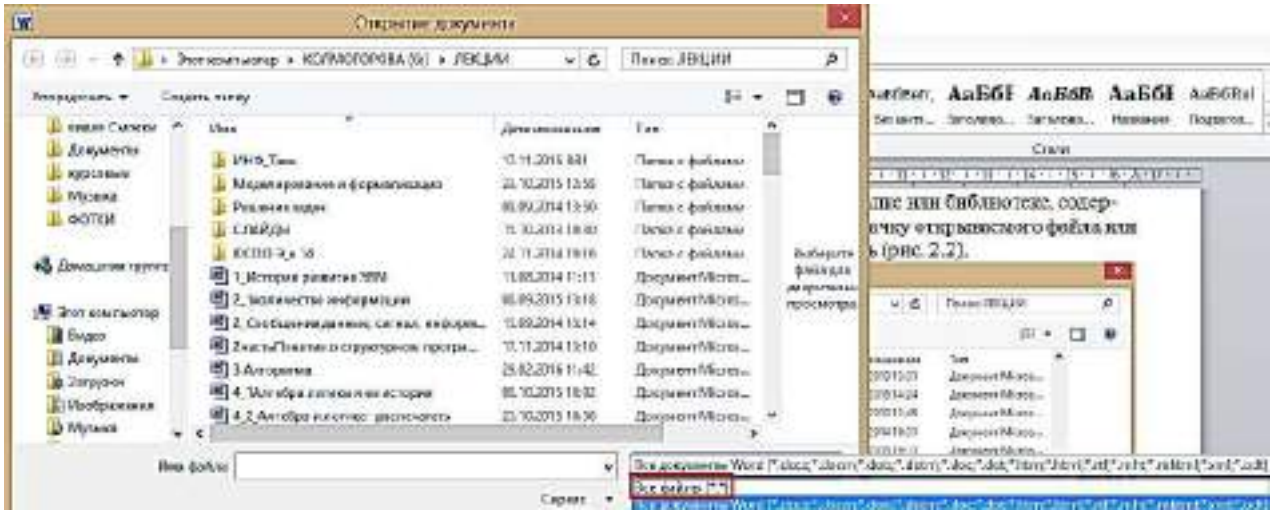


Рис. 13. Выбор типа открываемого файла

Таким образом, например, можно открывать файлы формата **txt** или **rtf**. При открытии *текстовых файлов* формата **txt** может появиться запрос на выбор *кодировки* для преобразования файла.

При открытии в MS Word 2010 документа, созданного в MS Word 2003, MS Word 2002 или MS Word 2000, автоматически включается режим совместимости, а в строке заголовка окна документа отображается надпись **Режим ограниченной функциональности**. Включение режима совместимости гарантирует, что при работе с документом не будут использоваться новые и расширенные возможности MS Word 2010, и пользователи более ранних версий, Microsoft Word смогут редактировать любую часть этого документа.

Следует отметить, что в режиме совместимости можно открывать, редактировать и сохранять документы Word 97-2003, но использование новых возможностей текстового редактора Word 2010 будет ограничено.

Создание документов

Новый документ создается автоматически сразу после запуска Ms Word.

Новый незаполненный документ или документ на основе шаблона можно создать в процессе работы:

1. Перейти во вкладку Файл и выбрать команду «Создать», после чего отображается раздел «Создать».

2. Для создания нового незаполненного документа дважды щелкнуть по значку «Новый документ» или выделить этот значок и нажать кнопку «Создать».

3. Для создания документа на основе шаблона, установленного на компьютере, щелкнуть по значку «Образцы шаблонов» (рис. 14). Прокручивая список, выбрать нужный шаблон и дважды щелкнуть по его значку или выделить этот значок и нажать кнопку «Создать». Для возврата в начало раздела «Создать» нажать кнопку «Домой».

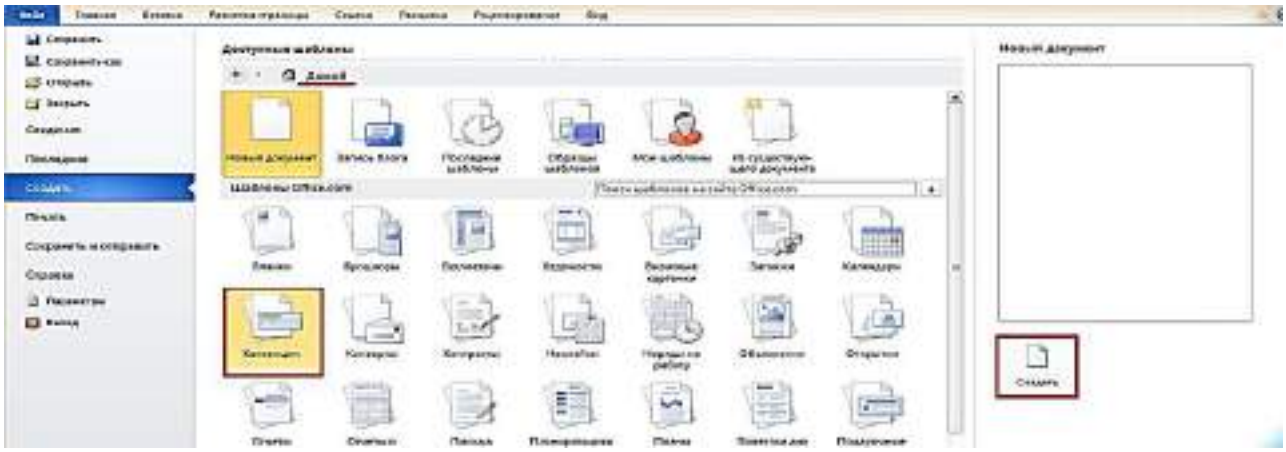


Рис. 14. Создание документа на основе установленного шаблона

4. При наличии подключения к *Интернету* можно обратиться к шаблонам, расположенным на *сайте Microsoft Office*. В разделе «Шаблоны» Office.com (рис. 15) щелкнуть по значку нужной группы шаблонов и дождаться, пока они загрузятся. Прокручивая список, выбрать нужный шаблон и дважды щелкнуть по его значку или выделить этот значок и

Рис. 15. Создание документа на основе шаблона с сайта Microsoft Office

5. Для создания документа на основе одного из ранее использованных шаблонов щелкнуть по значку «Последние шаблоны» (рис. 16). Выбрать нужный шаблон и дважды щелкнуть по его значку или выделить этот значок и нажать кнопку «Создать» или «Загрузить».

Рис. 16. Создание документа на основе недавно использовавшихся шаблонов

Сохранение файлов

Сохранение изменений в существующем файле

Для *сохранения изменений* в существующем файле достаточно нажать кнопку «Сохранить» в панели быстрого доступа.

Сохранение изменений в виде нового файла

Для сохранения нового документа в виде файла или существующего документа в виде нового файла (с другим именем и/или в другой папке) выполнить следующие действия:

1. Перейти во вкладку «Файл» и выбрать команду «Сохранить как» (рис. 17).

2. В окне «Сохранение документа» перейти к нужной папке.

3. В поле «Имя файла» ввести (при необходимости) *имя файла* (расширение имени вводить не следует) и нажать кнопку «Сохра-

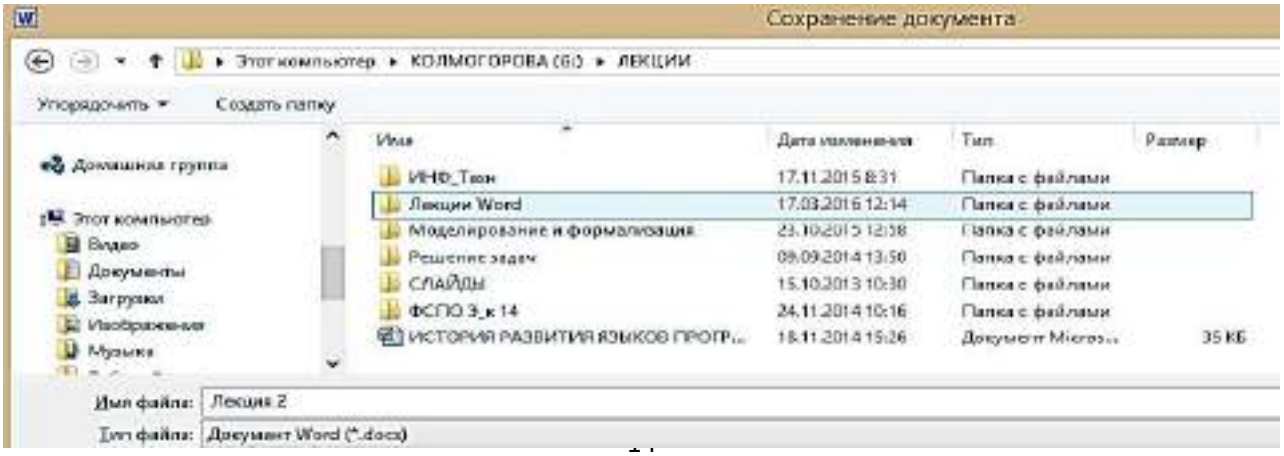


Рис. 17. Сохранение файла

2.3. РАБОТА С ДОКУМЕНТОМ

Выбор режима просмотра документа

Выбрать режим просмотра документа можно при работе в любой вкладке Ms Word 2010. Ярлыки режимов просмотра документа обычно расположены в правой части строки состояния (рис. 18).

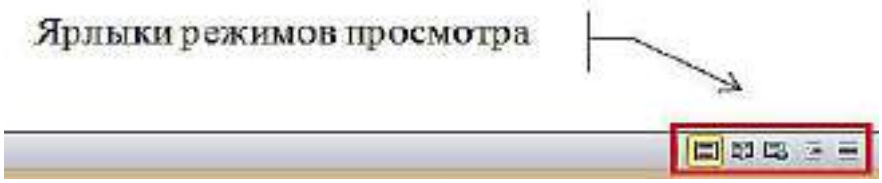


Рис. 18. Ярлыки выбора режима просмотра документа

Так же можно переключаться между режимами просмотра документа во вкладке «Вид». Группа «Режимы просмотра документа». Они содержит кнопки для выбора основных режимов (рис. 19)**.**

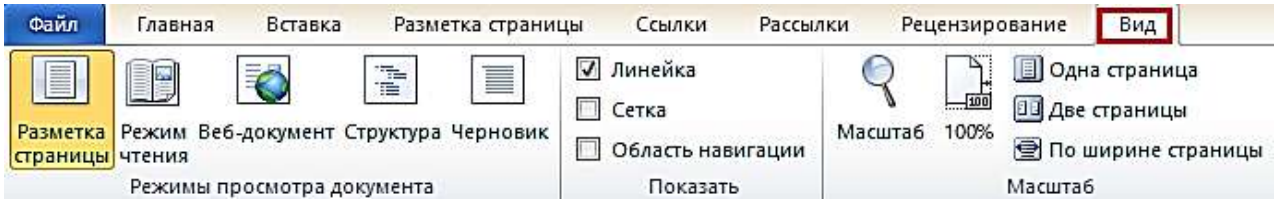


Рис. 19. Кнопки выбора режима просмотра документа

Наиболее часто используемый режим просмотра документа – **Разметка страницы**. В этом режиме положение текста, таблицы, рисунка и др. элементов отображаются в таком виде, в каком они будут размещены на печатной странице. Режим разметки удобно использовать и при создании документа, и для окончательного оформления документа, в том числе, для изменения колонтитулов и полей, а также работы с колонками текста (газетный текст) и с графическими объектами. Именно этот режим устанавливается по умолчанию в Ms Word 2010.

Режим **Черновик** удобен для ввода, редактирования и оформления текста. В этом режиме *форматирование* текста отображается полностью, а разметка страницы – в упрощенном виде, что ускоряет ввод и редактирование текста. Границы страниц, колонтитулы, сноски, фон, а также графические объекты, для которых не установлено обтекание **В тексте**, в этом режиме не показываются.

Режим **Веб-документ** обеспечивает представление документа в том виде, который будет изображен при просмотре в Web-обозревателе, а также для отображения *электронных документов*, предназначенных только для просмотра на экране. В этом режиме отображается фон, текст переносится по границе окна, а рисунки занимают те же *позиции*, что и в окне Web-обозревателя.

Режим чтения предназначен для чтения документа на экране компьютера. В этом режиме можно также отображать документ в том виде, в каком он будет выведен на *печать*. Здесь можно и редактировать текст, делать пометки, добавлять примечания, работать в режиме записи исправлений.

Изменение масштаба отображения документа

Изменять масштаб отображения документа можно при работе в любой вкладке Ms Word 2010. Для этого надо Щелкнуть по кнопке со знаком « + » (плюс) – для увеличения масштаба, или по кнопке со знаком « – » (минус) – для уменьшения текстового поля на экране (рис. 20). Масштаб можно также изменять перетаскиванием ползунка линейки масштаба.

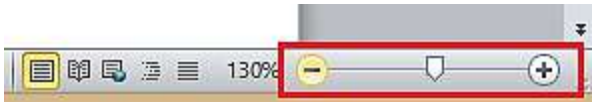


Рис. 20. Изменение масштаба отображения документа

Минимальный масштаб отображения – 10 %, максимальный – 500 %.

Масштаб отображения документа можно изменять также во вкладке **Вид**. Для этого в группе **Масштаб** следует нажать нужную кнопку: **100 %**, **Одна страница**, **Две страницы** или **Ширина страницы.**

Нажав кнопку **Масштаб** в диалоговом окне **Масштаб** (рис. 21), можно установить требуемый масштаб отображения документа.

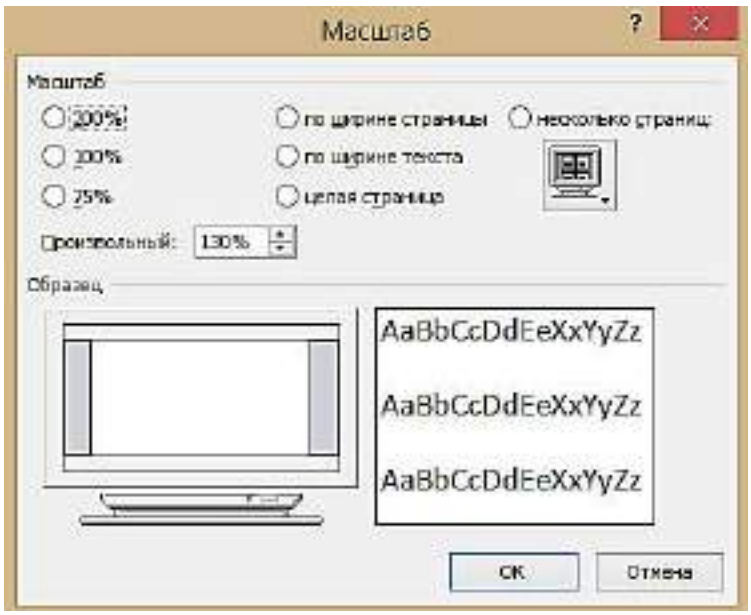


Рис. 21. Изменение масштаба отображения документа
в диалоговом окне «Масштаб»

Отмена и возврат действий

При работе в Ms Word существует возможность отмены действий, выполненных при работе с документом. Для отмены последнего выполненного действия нажать кнопку **Отменить** в **Панели быстрого доступа**

Можно отменить сразу несколько последних действий:

1. Щелкнуть по стрелке кнопки **Отменить.**

2. Выбрать действие, начиная с которого следует отменить все действия, расположенные выше в списке (рис. 22).

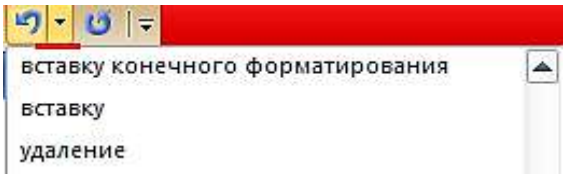


Рис. 22. Отмена нескольких действий

Возврат действий

Отмененные действия можно вернуть. Для возврата последнего отмененного действия нажать кнопку **Вернуть** в **Панели быстрого доступа**. Для возврата нескольких действий несколько раз нажать кнопку **Вернуть**.

Если все отмененные действия были возвращены, кнопка **Вернуть** заменяется на кнопку **Повторить**

2.4. СОЗДАНИЕ ТЕКСТА

Ввод текста в документ

При вводе и редактировании текста с клавиатуры следует придерживаться определенных правил и рекомендаций.

Текст следует вводить в ту *позицию*, где «мигает» текстовый *курсор*.

Ms Word 2010 допускает свободный ввод текста. Это означает, что в любом месте пустой страницы можно дважды щелкнуть левой кнопкой *мыши*, после чего будет произведено некоторое автоматическое *форматирование* и текстовый *курсор* будет зафиксирован в этом месте. Именно с этого места и следует далее вводить текст.

Несмотря на возможность свободного ввода, чаще всего ввод текста начинают от левого края страницы.

Переход на новую строку произойдет автоматически, как только будет заполнена текущая строка. Не следует использовать клавишу Enter для перехода к новой строке. Для принудительного перехода к новой строке без образования нового абзаца надо нажать комбинацию клавиш Shift + Enter. В документ будет вставлен непечатаемый знак – разрыв строки.

Переход на новую страницу произойдет автоматически, как только будет заполнена текущая страница. Нельзя использовать клавишу Enter для перехода к новой странице. Для принудительного перехода к новой странице нажать комбинацию клавиш Ctrl + Enter. В документ будет вставлен непечатаемый знак – разрыв страницы.

Между словами ставится один *пробел*. При выравнивании текста *Word* может изменять ширину пробелов между словами. Если требуется, чтобы величина какого-либо пробела не изменялась или по этому пробелу не было перехо-

да на новую строку, вместо клавиши «Пробел» следует набрать комбинацию клавиш «Ctrl + Shift + Пробел». В документ будет вставлен непечатаемый знак – неразрывный *пробел*.

Нельзя расставлять переносы в словах с использованием клавиши дефис (-). При необходимости переносы расставляются автоматически во всем документе.

Нельзя использовать клавишу «Пробел» для получения абзацного отступа («красной строки») или выравнивания текста по ширине страницы.

Знаки препинания **. , : ; ! ?** пишутся слитно со словом, за которым следуют эти символы.

В тексте после знаков препинания **. , : ; ! ?** ставится *пробел*, за исключением тех случаев, когда этими знаками заканчивается абзац.

Перед знаками « » ([{ ставится *пробел*. Следующее за этими ми *слово* пишется без пробела.

Знаки « »)] } пишутся слитно со словом, за которым они следуют. После этих знаков ставится *пробел*, за исключением тех случаев, когда ставятся знаки препинания, которые пишутся слитно со словом, за которым следуют.

Знак дефиса (-) пишется слитно с предшествующей и последующей частями слова.

Для образования знака тире (–) после слова ставится *пробел*, затем дефис, затем еще *пробел* и продолжите ввод текста. После ввода следующего слова знак дефиса автоматически преобразуется в тире (–). Для ввода знака тире можно использовать также комбинацию клавиш Ctrl + - (минус на цифровой клавиатуре). Для ввода знака длинного тире (—) следует нажать комбинацию клавиш «Alt + Ctrl + - » (минус на цифровой клавиатуре).

Неправильно введенный символ можно удалить. Для удаления символа, стоящего справа от текстового *курсора*, надо нажать клавишу ры Delete, а для удаления символа, стоящего слева от *курсора,* – шу Back Space (←). Комбинация клавиш клавиатуры Ctrl + Delete удаляет текст от *курсора* вправо до ближайшего пробела или знака препинания. Комбинация Ctrl + Back Space удаляет текст от *курсора* влево до ближайшего пробела или знака препинания.

Вставка специальных символов

При вводе текста часто приходится использовать символы, которых нет на клавиатуре. Это могут быть:

- математические символы, например, √ | ∞ | ∫ | ≈ | ≠ | ≤ | ≥ ;
- буквы греческого алфавита, например, | α | β | γ | δ | ε | ζ | η | θ | ι ;
- буквы с надбуквенными значками, например, Ü | Ÿ | Þ | ß | à | á ;
- или просто символы – картинки, например, ✂ | ✍ | 🕭 | 🕮 | 🕯 | ☎ .

Во вкладке **Вставка** в группе **Символы** щелкнуть по кнопке **Символ**. Затем щелкнуть по нужному символу. Если в открывшемся списке нужного символа нет, выбрать команду **Другие символы** (рис. 23).

Рис. 23. Вставка специальных символов

Вставка даты и времени

Установить *курсор* в позицию вставки даты и/или времени и во вкладке **Вставка** в группе **Текст** нажать кнопку **Вставка/Дата и время** (рис. 23). В *диалоговом окне* **Дата и время** выбрать язык и формат вставляемых данных.

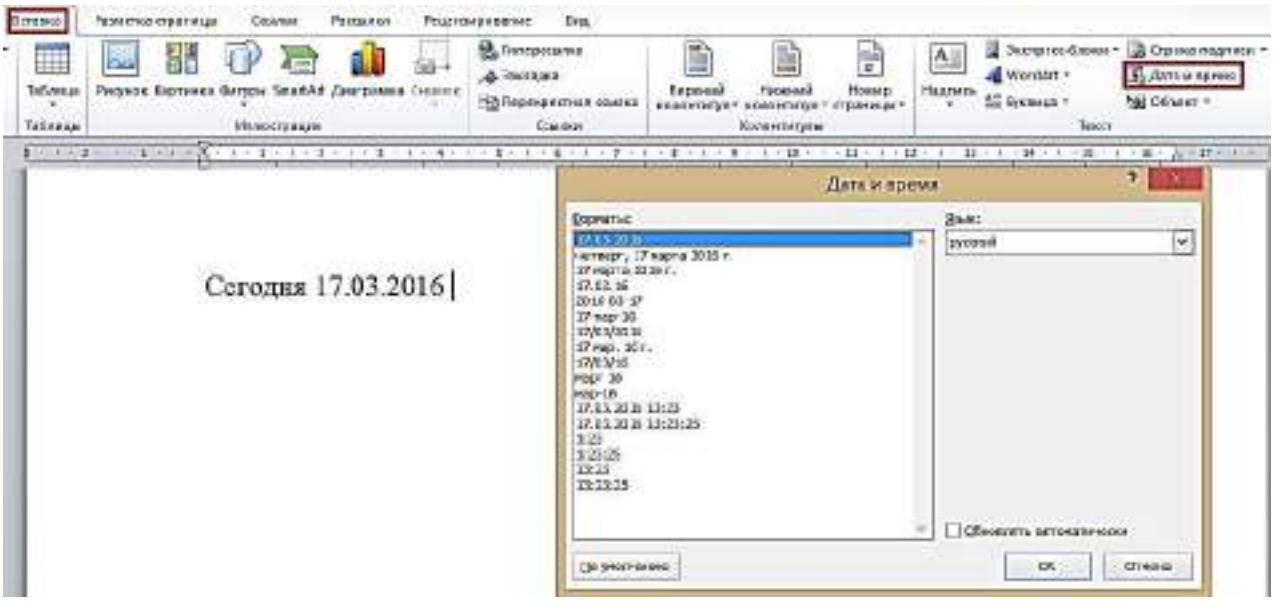


Рис. 23. Вставка в документ даты и/или времени

Если перед вставкой в *диалоговом окне* **Дата и время** установить флажок **Обновлять автоматически**, то дата и время, вставленные в документ, будут обновляться каждый раз при открытии документа.

Автоматически обновляемые дата и/или время вставляются в документ как специальное *поле*. Если требуется обновить дату и время уже после открытия документа, следует поставить *курсор* на это *поле* и нажать клавишу клавиатуры **F9**. При установке *курсора «поле»* обычно затеняется серым цветом. Это выделение не отображается при печати документа. При перемещении *курсора* за пределы этого поля затенение обычно автоматически снимается.

Добавление титульной страницы в документе

К документу можно добавить специально оформленную титульную (первую) страницу.

Во вкладке **Вставка** в группе **Страницы** щелкнуть по кнопке **Титульная страница** и в появившемся списке выбрать один из предлагаемых вариантов (рис. 24).

Рис. 24. Выбор титульной страницы

Добавляемая страница может иметь рисунки и др. графические объекты, а также подсказки с указанием вводимой информации.

Некоторые поля титульной страницы заполняются автоматически, при этом информация берется, например, из свойств файла. Некоторые поля надо заполнять самостоятельно.

При заполнении полей не обязательно следовать указанным в них подсказкам. Можно изменять содержимое автоматически заполненных полей. Незаполненные поля оставлять нельзя; их следует удалить.

Содержимое полей можно оформлять как обычный текст. На титульную страницу можно добавлять текст, таблицы, графические объекты.

Для удаления титульной страницы во вкладке «Вставка» в группе «Страницы» щелкнуть по кнопке «Титульная страница» и в появившемся меню выбрать команду «Удалить текущую титульную страницу».

Добавление оглавления

Для создания оглавления *заголовки* в тексте документа должны быть выделены соответствующим образом. Проще всего для этого при оформлении заголовков использовать стили типа **Заголовок 1**, **Заголовок 2**, **Заголовок 3** и т. д.

Во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** щелкнуть по ке «Оглавление» и в появившемся списке выбрать один из предлагаемых вариантов автособираемого оглавления (рис. 25). По умолчанию в Оглавление включаются заголовки, оформленные стилями Заголовок 1 – Заголовок 3.

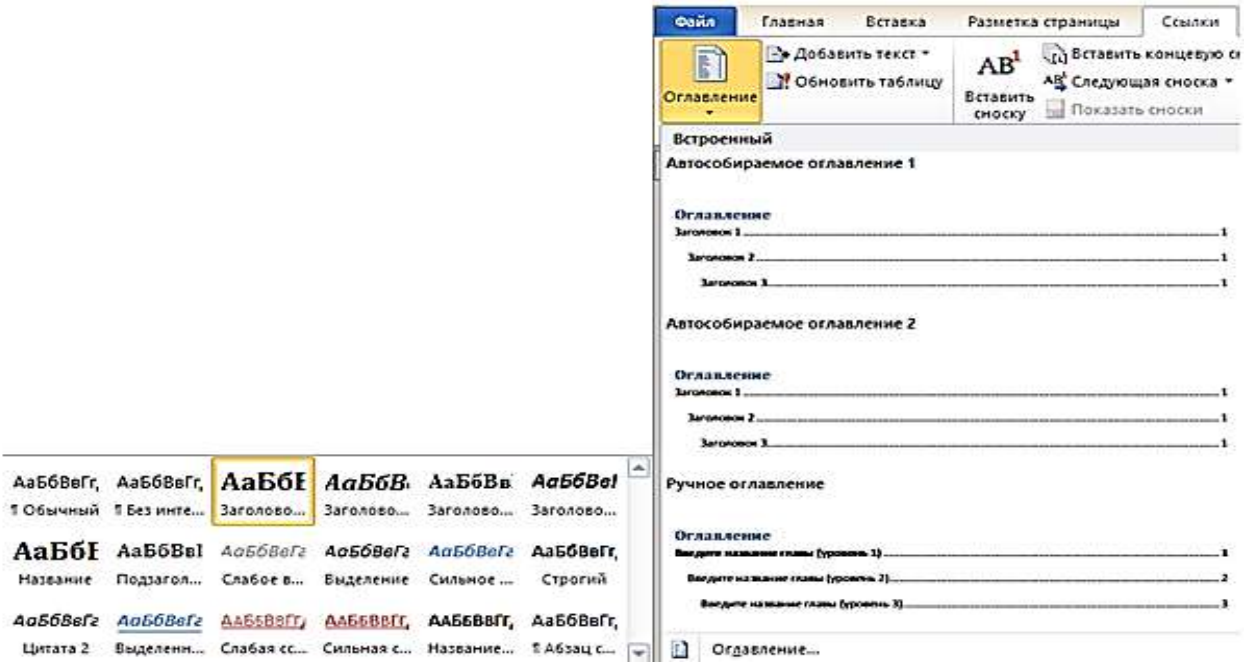


Рис. 25. Выбор стиля заголовка и типа оглавления

Оглавление вставляется как специальное поле. При наведении указателя мыши оглавление затеняется бледным фоном. При печати документа этот фон не отображается. Можно настроить параметры создаваемого оглавления. Во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** щелкнуть по кнопке **Оглавление** и в появившемся *меню* выбрать команду **Оглавление**. В *диалоговом окне* **Оглавление** выбрать и установить требуемые параметры. Можно, например, выбрать другой заполнитель или уровни заголовков, включаемые в оглавление (рис. 26).

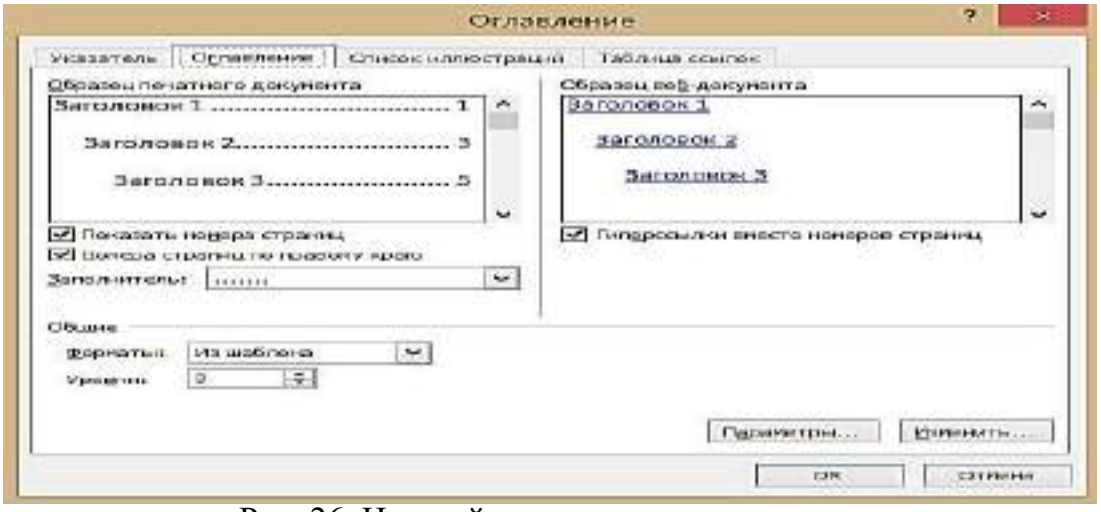


Рис. 26. Настройка параметров оглавления

Если в документе произведены изменения, оглавление следует обновить:

1. Во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** нажать ку **Обновить таблицу**. Если *курсор* находится в оглавлении и отобра-

жается рамка оглавления, можно нажать кнопку **Обновить таблицу**, расположенную в верхней части рамки.

2. В окне запроса на обновление оглавления выбрать требуемый режим. Для удаления оглавления во вкладке **Ссылки** в группе **Оглавление** щелкнуть по кнопке **Оглавление** и в появившемся *меню* выбрать команду **Удалить оглавление.**

2.5. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА

Работа с текстом

Выбор языка

Выбор языка текста определяет возможность автоматической проверки правописания и расстановку переносов.

В Ms Word 2010 выбор языка обычно производится автоматически в зависимости от используемой раскладки клавиатуры. При вводе текста в русской раскладке устанавливается русский язык, при вводе текста в английской раскладке – английский (США).

При необходимости, язык текста можно установить самостоятельно:

1. Выделить весь документ или его *фрагмент*.

2. Во вкладке **Рецензирование** в **ние** нажать кнопку **Язык** и в появившемся меню выбрать ду **Язык проверки правописания** (рис. 27).

3. В *диалоговом окне* **Язык** выбрать нужный язык.

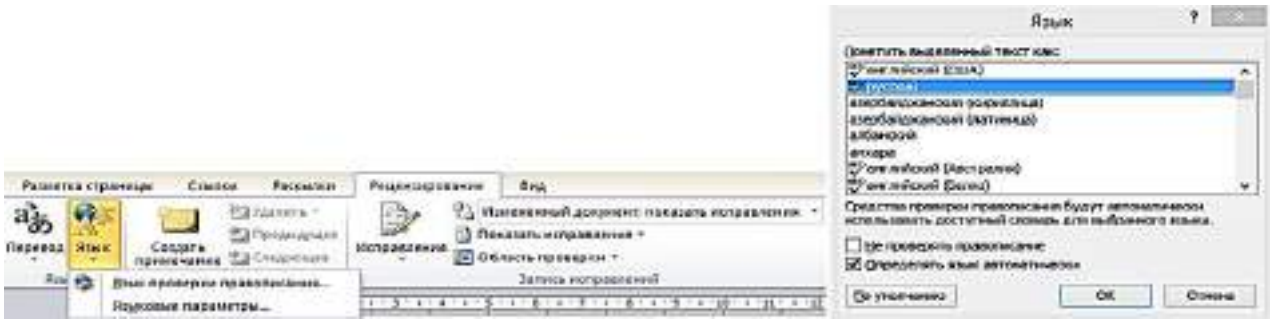


Рис. 27. Выбор языка проверки правописания

Расстановка переносов

Переносы в словах не следует расставлять с использованием клавиши клавиатуры - (дефис).

Переносы расставляются сразу во всем документе. Выделять какой-либо отдельный *фрагмент* не следует.

Во вкладке **Разметка страницы** в группе **Параметры страницы** щелкнуть по кнопке **Расстановка переносов** и в появившемся меню выбрать режим **Авто** (рис. 28).

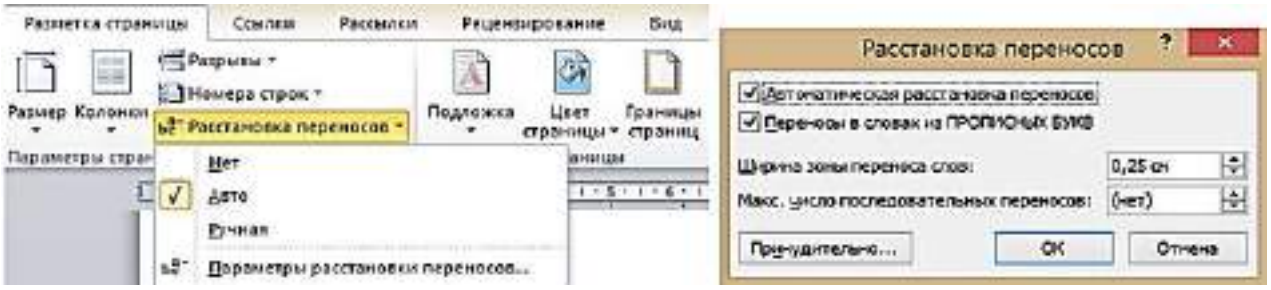


Рис. 28. Автоматическая расстановка переносов

Можно запретить расстановку в некоторых *фрагментах* документа, например, в заголовках:

1. Выделить *фрагмент* документа, в котором запрещаются переносы.

2. Во вкладке **Главная** или **Разметка страницы** щелкнуть по значку группы **Абзац**.

3. Во вкладке **Положение на странице** *диалогового окна* **Абзац** установить флажок **запретить автоматический перенос слов.**

Проверка правописания

При вводе текста Ms Word 2010 обычно автоматически проводит проверку правописания (орфографию и *грамматику*).

Можно настроить основные параметры такой проверки:

1. Перейти во вкладку **Файл** и выбрать команду **Параметры**.

2. В *диалоговом окне* **Параметры Word** перейти в рию **Правописание**.

3. Установить параметры проверки орфографии и грамматики. На рис. 29 показаны параметры, рекомендуемые для большинства случаев.

Проверку правописания можно производить как при вводе текста, так и после ввода текста сразу во всём документе.

Правописание можно проверять для всех языков, для которых имеется такая возможность. По умолчанию в Word 2010 – это русский, английский, немецкий, и украинский. Можно добавить и др. языки.

Проверка орфографии ведется путем сравнения слов в документе со словами, имеющимися в основном и вспомогательных словарях *Microsoft Office* 2010.

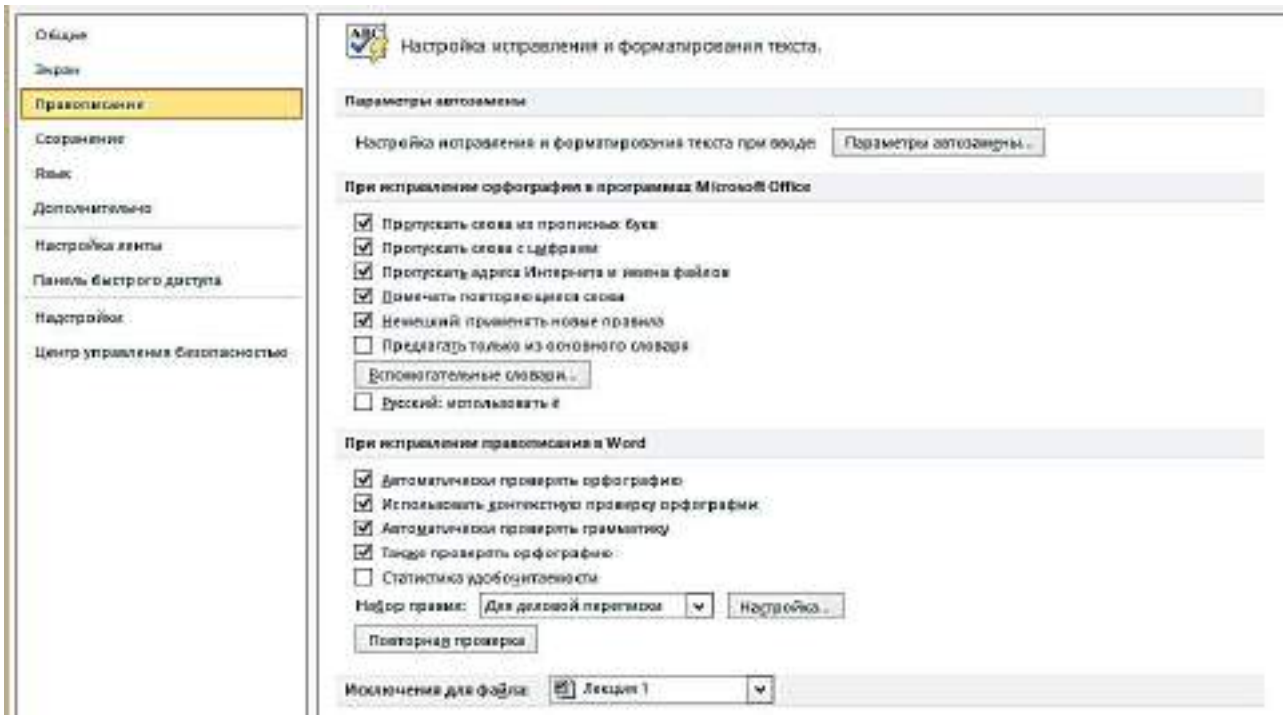


Рис. 29. Настройка проверки правописания

Таким образом, фактическая опечатка или ошибка могут быть не замечены, если такое слово отсутствует в словарях. Например, если вместо слова «страница» будет написано «станица» или «странница», Word не определит это как ошибку. С другой стороны, правильно написанные слова, отсутствующие в словарях, будут определены как ошибочные. Обычно это касается специальных терминов и собственных имен.

Проверка грамматики и стилистики производится на основе правил, заложенных в Word 2010. Выбрать набор правил можно в окне настройки параметров проверки правописания в раскрывающемся списке **Набор правил**. Нажав кнопку **Настроить**, можно просмотреть и изменить набор правил.

Необходимо отметить, что проверка правописания средствами Word 2010 не исключает необходимости тщательной проверки правописания документа самим пользователем.

Проверка правописания при вводе текста

При вводе текста в документе красной волнистой линией подчеркиваются слова, в которых есть орфографические ошибки, а также повтор одного и того же слова. Зеленой волнистой линией подчеркнуты слова, знаки препинания,

фрагменты предложений и целые предложения, в которых есть грамматические и стилистические ошибки, а также ошибки в расстановке знаков препинания.

Для исправления орфографической ошибки надо щелкнуть правой кнопкой мыши по подчеркнутому слову и в контекстном меню выбрать правильный вариант написания слова.

Проверка правописания во всём документе

Документ может содержать ранее не исправленные или не замеченные ошибки. Это может быть текст, скопированный из какого-либо внешнего источника. Для того чтобы не искать *фрагменты* текста, подчеркнутые красными и зелеными волнистыми линиями, следует запустить проверку правописания во всем документе:

1. Во вкладке **Рецензирование** в группе **Правописание** нажать кнопку **Правописание**.

2. При обнаружении орфографической или грамматической ошибки появится диалоговое окно **Правописание**. В заголовке окна будет указан также язык проверки (рис. 30).

3. Для орфографических ошибок в верхней части *диалогового окна* **Правописание** выводится *фрагмент* текста с ошибочным словом, выделенным красным цветом. В нижней части окна могут быть приведены правильные варианты написания слова. Для грамматических и стилистических ошибок в верхней части *диалогового окна* **Правописание** выводится предложение с ошибкой. В нижней части окна могут быть приведены грамматические замечания или рекомендации по исправлению ошибки.

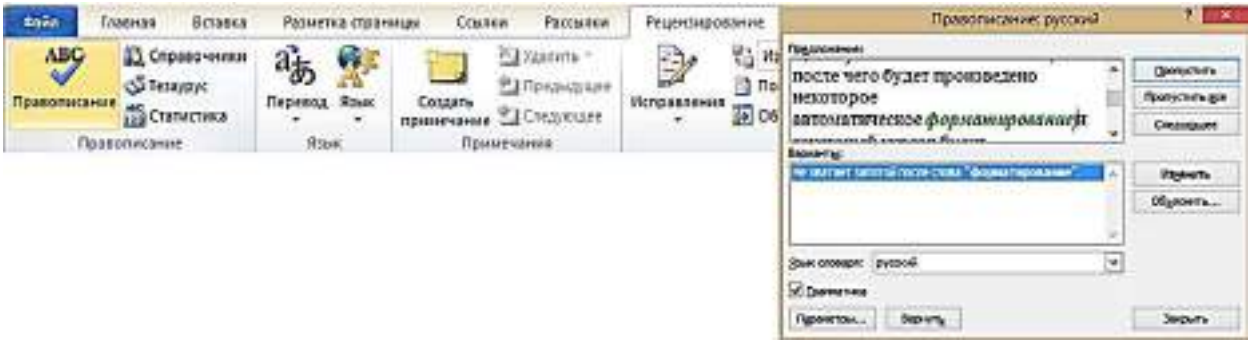


Рис. 30. Выявленная орфографическая ошибка

4. Для исправления орфографической ошибки нужно выбрать правильный вариант написания и нажать кнопку «Заменить» или «Заменить все». Для исправления грамматической ошибки – нажать кнопку «Изменить».

5. Если в нижней части окна нет правильных вариантов написания слова или конкретной грамматической рекомендации, то ошибку следует исправлять

самостоятельно. Это можно сделать в верхней части окна, после чего, в зависимости от вида ошибки, необходимо нажать кнопку **Заменить**, **Заменить все** или **Изменить**.

Добавление слов в словарь

Слово в тексте может быть написано правильно, но оно отсутствует в словаре Word 2010 и потому выделяется как ошибочное. Чтобы это не повторялось, слово следует добавить во вспомогательный словарь.

При проверке правописания при вводе текста в контекстном меню выбрать команду **Добавить в словарь**. При проверке правописания во всем документе, для добавления слова в словарь нажать кнопку **Добавить**.

Поиск текста

В документе может потребоваться найти какое-либо слово или текст:

Во вкладке Главная в группе Редактирование нажать кнопку Найти, после чего в окне появится Область навигации (рис. 31).

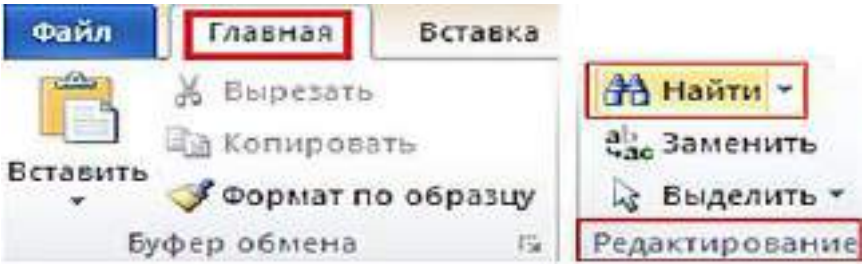


Рис. 31. Область навигации

1. Щелкнуть мышью в поле поиска в верхней части Область навигации и начать вводить текст для поиска. Поиск производится в режиме реального времени, т. е. по мере ввода текста. Например, достаточно ввести одну букву и в документе эта буква будет выделена желтым фоном. После ввода следующей буквы искомого текста в документе будут найдены и выделены эти две буквы и т. д. После ввода слова в документе будет найдено и выделено это слово. Фрагменты документа с найденным текстом отображаются в Области навигации. Найденный текст будет выделен в документе желтым фоном (рис. 32).

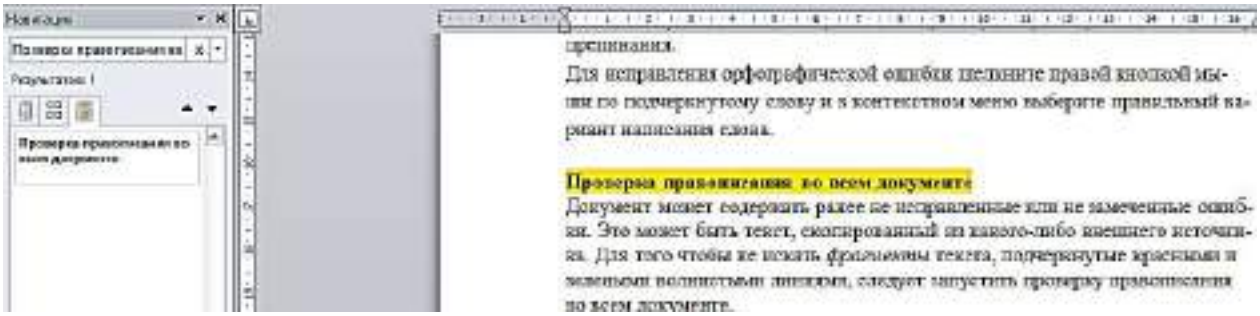


Рис. 32. Поиск текста в документе

3. Для перехода к нужному фрагменту документа щелкнуть по нему в **Области навигации**. Для последовательного перехода по результатам поиска можно использовать кнопки **Предыдущий** и **Следующий** в **Области навигации.**

Замена текста

В документе может потребоваться заменить какой-либо текст:

1. Во вкладке **Главная** в группе **Редактирование** нажать кнопку **Заменить**.

2. Во вкладке **Заменить** *диалогового окна* **Найти и заменить** в поле **Найти** ввести искомый текст, в поле **Заменить на** – заменяющий текст (рис. 33).

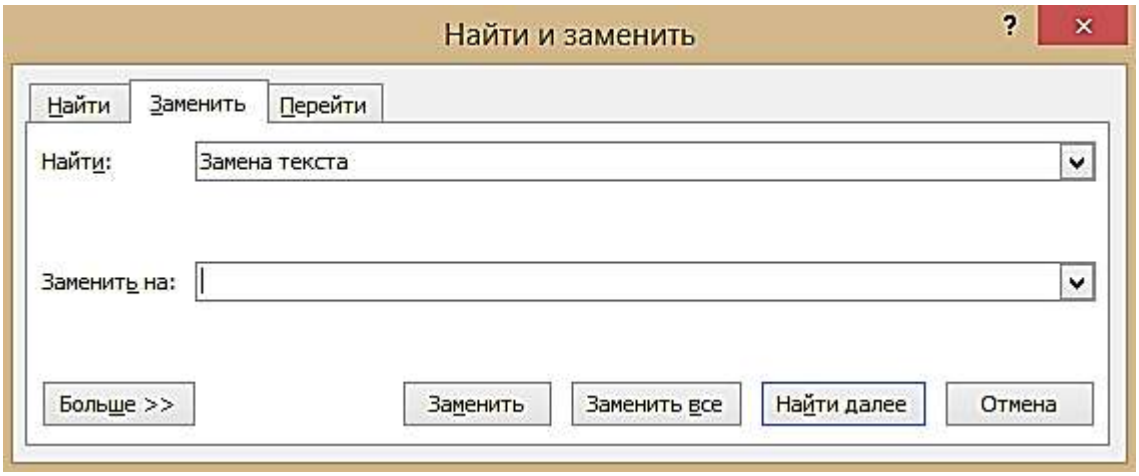


Рис. 33. Окно Найти и Заменить

3. Чтобы найти следующее вхождение текста в документе, нажать кнопку **Найти далее**.

4. Чтобы заменить вхождение текста в документе, нажать кнопку **Заменить**. После нажатия кнопки **Заменить** будет выделено следующее вхождение указанной фразы.

5. Чтобы заменить все вхождения текста в документе, нажать кнопку **Заменить все**.

Использование синонимов

Язык документа должен быть ярким и выразительным. Нельзя допускать многочисленных повторов одних и тех же слов, *тавтологий*, речевых штампов. При необходимости можно использовать словарь синонимов, имеющийся в словаре Word 2010.

Замену синонимом можно произвести непосредственно в тексте: для этого надо Щелкнуть по слову правой кнопкой *мыши*, затем в контекстном меню

выбрать команду **Синонимы** и выбрать подходящий *текст или текстовый оборот* (рис. 34).

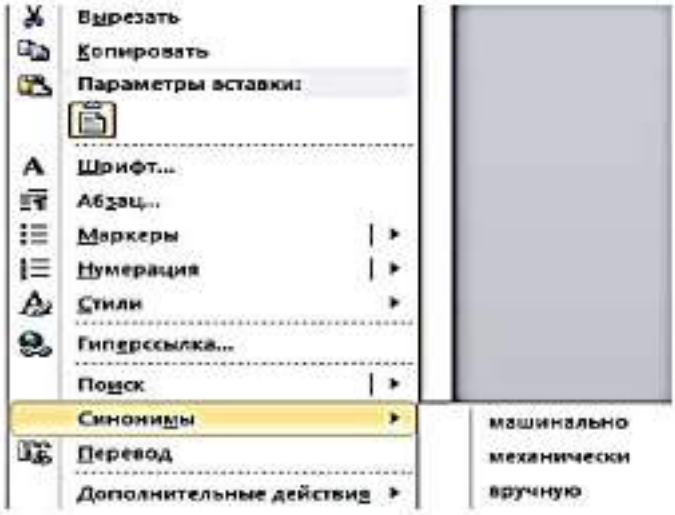


Рис. 34. Выбор синонима

В контекстном меню приводится список не более чем из восьми синонимов. Чтобы посмотреть полный список, выбрать команду контекстного меню **Тезаурус** или во вкладке **Рецензирование** в группе **Правописание** нажать кнопку **Тезаурус**.

В области задач **Справочные материалы** будет приведен полный список синонимов. Кроме того, может быть представлен перечень разных значений слова, если таковые имеются, а также *антонимов* и связанных слов.

Перемещение и копирование фрагментов документа перетаскиванием

Перемещать и копировать можно только выделенные *фрагменты* документа.

В пределах видимой части документа проще всего перемещать и копировать *фрагменты* перетаскиванием.

Выделить *фрагмент* документа и подвести к нему *указатель мыши* так, чтобы *указатель* принял вид стрелки, повернутой кверху по диагонали:

1. Нажать левую кнопку *мыши* и, не отпуская ее, переместить *фрагмент* документа на новую позицию (рис. 35).

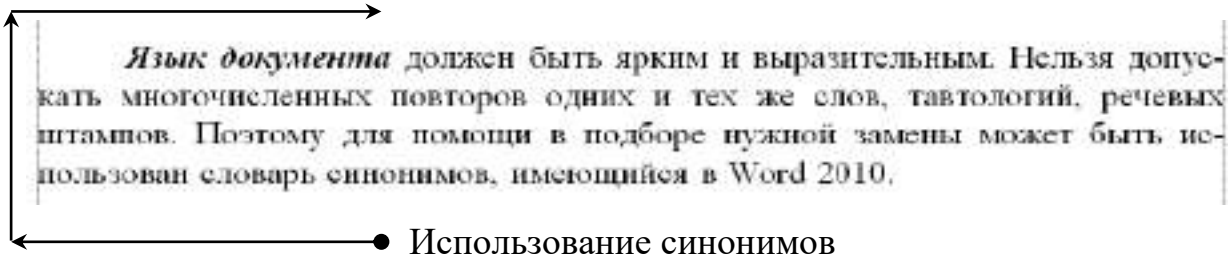


Рис. 35. Перемещение фрагмента документа перетаскиванием

2. После того, как будет отпущена левая кнопка *мыши*, произойдет перемещение фрагмента документа.

После перетаскивания текста непосредственно под вставленным *фрагментом* появляется кнопка **Параметры вставки**. При нажатии этой кнопки отображается список, в котором можно выбрать способ вставки данных в документ. Перечень доступных вариантов зависит от типа вставляемого содержимого, а также от формата текста, в который производится вставка.

Копирование фрагмента перетаскиванием производится точно так же, как и перемещение, только при нажатой клавише клавиатуры **Ctrl:**

1. Нажать левую кнопку *мыши*, затем – клавишу **Ctrl**. При нажатой левой кнопке *мыши* переместить *фрагмент* в нужную позицию текста; при этом рядом с указателем *мыши* появится пунктирный *прямоугольник* со знаком + (плюс), в месте предполагаемой вставки отображается специальная пунктирная метка, а в строке состояния появляется вопрос **Куда копировать**?

2. Отпустить левую кнопку *мыши* и, только затем, клавишу **Ctrl**.

Фрагмент документа можно перетаскивать и за пределы видимой части документа, например, вниз или вверх. Для этого надо, «ухватившись» за *фрагмент*, перемещать его вниз или вверх к границе видимой части документа и там *остановить*. Документ начнет автоматически прокручиваться в своем окне. В нужный момент вывести *указатель* в поле документа – прокрутка остановится. Левую кнопку *мыши* отпускать нельзя до тех пор, пока нужный фрагмент документа не окажется на желаемом месте. Выделенный *фрагмент* можно перетаскивать и при нажатой правой кнопке *мыши*. При этом в документе также появляется метка вставки. По окончании перетаскивания появляется контекстное меню, в котором можно выбрать необходимое действие (**Переместить** или **Копировать**).

Перемещение и копирование с использованием буфера обмена

Буфер обмена – специальная область памяти компьютера, в которой могут храниться файлы или их *фрагменты*.

Процедура перемещения и *копирования* через буфер обмена всегда состоит из двух действий. Сначала необходимо отправить *фрагмент* в буфер, а затем извлечь его оттуда для вставки в документ.

Для перемещения необходимо вырезать *фрагмент* в буфер обмена. Это можно сделать, например, следующими способами:

1. Во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена** нажать кнопку **Вырезать**.

2. Щелкнуть по выделенному фрагменту правой кнопкой *мыши* и выбрать команду контекстного меню **Вырезать**.

Для *копирования* необходимо копировать *фрагмент* в буфер обмена. Это можно сделать, например, так:

1) во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена** нажать кнопку **Копировать**;

2) щелкнуть по выделенному фрагменту правой кнопкой *мыши* и выбрать команду контекстного меню **Копировать**.

Для того чтобы извлечь *фрагмент* из буфера обмена и вставить его в документ, можно, например:

1) поставить *курсор* в место вставки и во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена** нажать кнопку **Вставить**;

2) щелкнуть в месте вставки правой кнопкой *мыши* и в контекстном меню выбрать способ вставки (рис. 36).

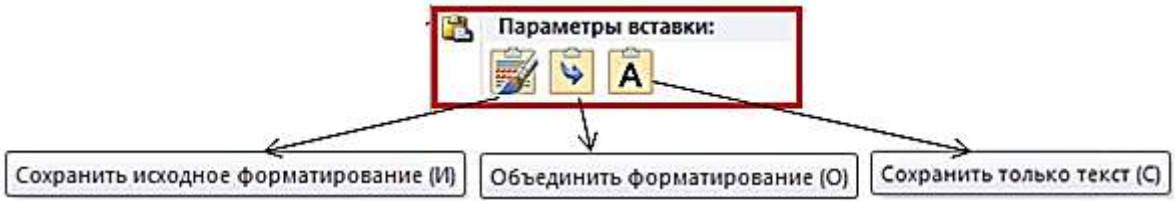


Рис. 36. Выбор способа вставки фрагмента из буфера обмена

Варианты способов вставки зависят от вида информации, находящейся в буфере обмена (обычный текст или список, рисунок, таблица и т. д.) и от окружения, в которое вставляется *фрагмент* (обычный текст или список, рисунок, таблица и т. д.). При наведении указателя *мыши* на значок способа вставки срабатывает функция динамического (предварительного) просмотра и вставляемый *фрагмент* отобразится в документе в том виде, как он будет выглядеть при выбранном способе вставки.

После извлечения фрагмента из буфера обмена так же, как и при перетаскивании, появляется кнопка **Параметры вставки**. При нажатии этой кнопки отображается список, в котором можно выбрать способ вставки данных в документ. Перечень доступных вариантов зависит от типа вставляемого содержимого, а также от формата текста, в который производится вставка.

Использование буфера обмена Office

В буфере обмена *Office* может одновременно храниться до 24 фрагментов. Чтобы воспользоваться ими, необходимо вывести в окно Word область задач **Буфер обмена**. Для отображения области задач во вкладке **Главная** щелк-

нуть по значку группы **Буфер обмена**. В некоторых случаях эта область задач может появляться автоматически.

В области задач отображаются все накопленные элементы (объекты). Вид значка элемента зависит от *источника данных*. Для вставки любого из этих элементов щелкнуть по нему левой кнопкой *мыши*.

Для вставки сразу всех элементов в том порядке, как они помещались в буфер обмена, нажать кнопку **Вставить все**. Для просмотра дополнительных параметров отображения или скрытия буфера обмена щелкнуть по кнопке **Параметры**.

Отдельные элементы можно удалить из буфера обмена. Щелкнуть по элементу в области задач правой кнопкой *мыши* и выбрать команду контекстного меню **Удалить**. Для удаления сразу всех элементов нажать в области задач кнопку **Очистить все**.

Чтобы скрыть область задач, нажать кнопку **Закрыть** в правом верхнем углу области.

Перемещение и копирование с помощью специальной вставки

При перемещении и *копировании* фрагментов документов с использованием буфера обмена могут возникнуть и более сложные задачи, чем простая вставка фрагмента в нужное место документа. Это могут быть задачи двух типов: копировать *фрагмент* в одном формате, а в документ вставить в другом; или связать вставляемый *фрагмент* с исходным копируемым *фрагментом*.

Обе эти задачи решаются с использованием возможностей **Специальной вставки:**

1. Переместить или скопировать *фрагмент* в буфер обмена.

2. Поставить *курсор* в место вставки, во вкладке **Главная** в группе **Буфер обмена,** щелкнуть стрелку кнопки **Вставить** и в появившемся меню выбрать команду **Специальная вставка** (рис. 37).

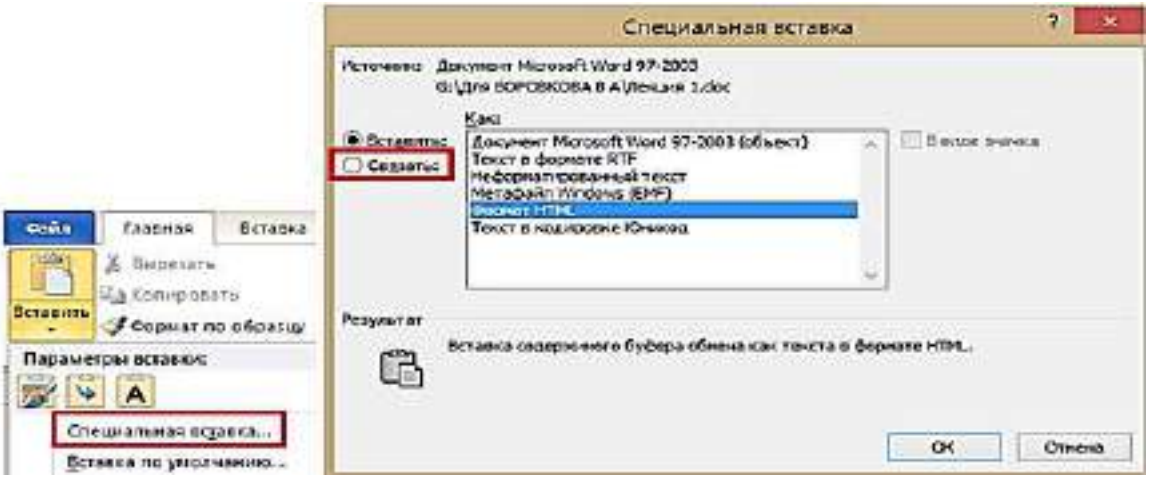


Рис. 37. Переход к специальной вставке

3. В *диалоговом окне* **Специальная вставка** в списке **Как** выбрать формат данных, вставляемых из буфера обмена. При необходимости установить связь с исходным файлом, поставив *переключатель в положение* **Связать**. Этот параметр доступен только в том случае, если исходное приложение поддерживает *связывание*. Перед установкой связи с исходным файлом необходимо сохранить его в исходном приложении.

2.6. РЕДАКТИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТА. ШРИФТ

Основные параметры

Понятие «Основные параметры» весьма условно. В эту группу можно отнести параметры, которые устанавливаются с использованием элементов группы **Шрифт** вкладки **Главная** и некоторых элементов мини-*панели инструментов* (рис. 38).

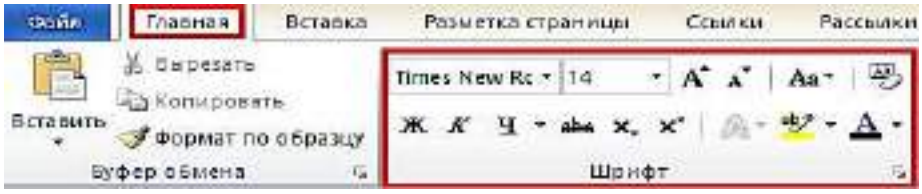


Рис. 38. Инструменты для установки основных параметров шрифта

Выбор шрифта и размера

Шрифт определяет внешний вид символов текста.

По умолчанию в Word 2010 при создании нового документа для основного текста принят *шрифт Calibri*, а для заголовков – *Cambria*.

Выбор шрифтов по умолчанию зависит от выбранной темы и набора стилей документа:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. В раскрывающемся списке **Шрифт** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* выбрать *шрифт* или *размер* (рис. 39). При наведении *указателя мыши* на выбираемый *шрифт* или *размер* срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отображается указанным шрифтом.

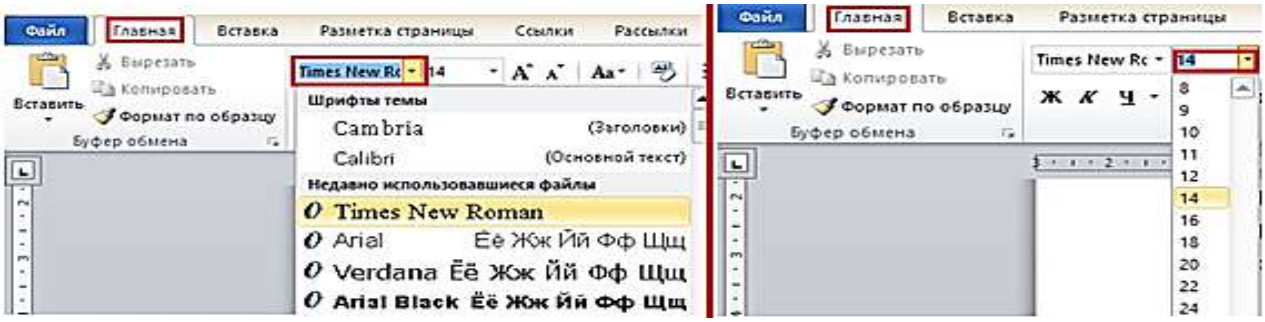


Рис. 39. Выбор и размер шрифта

Определенных правил для выбора *шрифта* документа не существует. Не рекомендуется в одном документе использовать большое разнообразие шрифтов – это затрудняет восприятие текста.

При выборе *шрифта* следует иметь в виду, что не все шрифты содержат начертания русских букв, а некоторые шрифты вообще не отображают никаких букв (например, *шрифт Wingdings*. **Вставка / Символы / Другие символы**).

Минимально возможный *размер шрифта* – 1 пт. Максимальный размер – 1638 пт. *Размер шрифта* можно устанавливать с точностью до 0,5 пт.

Для установки произвольного *размера шрифта* следует ввести требуемое значение в поле раскрывающегося списка **Размер шрифта** группы **Шрифт** вкладки **Главная** (рис. 40) или мини-*панели инструментов* и нажать клавишу **Enter**.

Рис. 40. Установка произвольного размера шрифта

Определенных правил для выбора *размера шрифта* документа не существует. Обычно для оформления основной части текста документа используют шрифты размером от 8 до 14 пт. 1 пт = 1"/72=25,4 мм/72≈0,35 мм. (14 пт ≈ 4,9 мм).

Для изменения *размера шрифта* можно воспользоваться также кнопками **Увеличить размер** или **Уменьшить размер** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* (рис. 41).

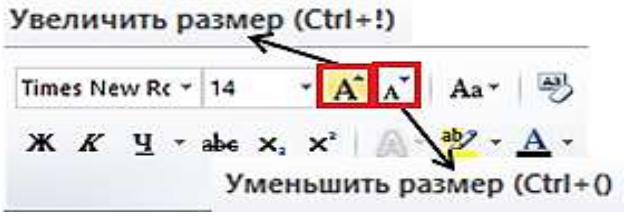


Рис. 41. Изменение размера шрифта

Выбор цвета шрифта

По умолчанию в Word 2010 при создании нового пустого документа для основного текста установлен цвет *шрифта авто*, который на белом фоне отображается как черный. Режим *авто* означает, что при использовании заливок (фона) темных цветов цвет *шрифта* автоматически изменится на белый. Цвет *шрифта*, принятый по умолчанию для заголовков и др. *элементов текста* документа, зависит от выбранной темы оформления:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет текста** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* и выбрать требуемый цвет *шрифта* (рис. 42). При наведении *указателя мыши* на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отобразится указанным цветом *шрифта*.

Рис. 42. Выбор цвета шрифта

Следует иметь в виду, что при выборе цветов темы цвет *шрифта* может измениться, если выбрать другую тему при оформлении документа. Стандартные цвета не изменяются при выборе другой темы документа.

Определенных правил выбора цвета *шрифта* документа не существует. Не рекомендуется использовать бледные цвета на белом фоне. Не рекомендуется в одном документе использовать большое разнообразие цветов – это затрудняет восприятие текста.

Установка начертания

Начертание определяет особенности внешнего вида символов текста. Можно установить полужирное начертание, курсив, подчеркнутый шрифт.

Для установки полужирного начертания *шрифта* используется ка **Полужирный** (**Ж**), для установки курсивного начертания – кнопка **Курсив** (**К**), для установки подчеркнутый – (**Ч**) группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов* (рис. 43):

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Нажать на кнопку **Ж, К, или Ч.**

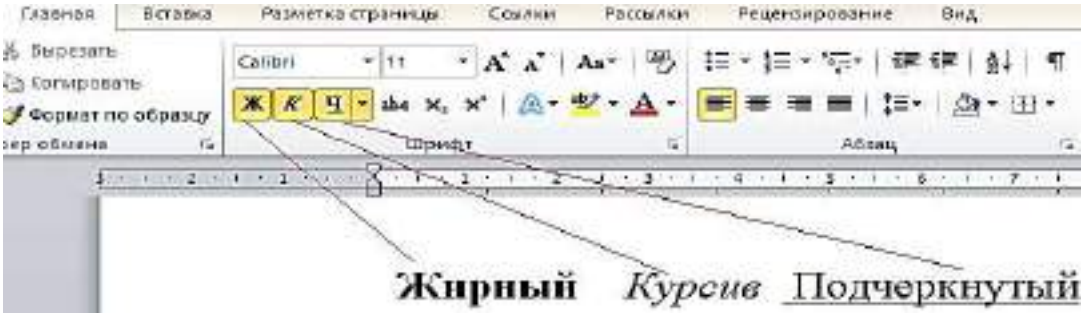


Рис. 43. Установка начертания шрифта

Эти кнопки работают в режиме *переключателя*, т. е. после того, как будет установлено начертание для выделенного фрагмента, кнопка так и останется нажатой. Чтобы убрать оформление полужирным начертанием, курсивом или подчеркиванием, следует еще раз нажать на соответствующую кнопку.

По умолчанию цвет подчеркивающей линии совпадает с цветом подчеркиваемого текста. После подчеркивания можно изменить вид линий.

Помимо имеющихся в списке способов подчеркивания можно выбрать и др. варианты. В меню кнопки **Подчеркнутый** группы **Шрифт** вкладки **Главная** выбрать команду **Другое подчеркивание** и во вкладке **Шрифт** *диалогового окна* **Шрифт** в раскрывающемся списке **Подчеркивание** выбрать требуемый способ.

Изменение регистра текста

Если текст уже введен, можно изменить его регистр: например, строчные (маленькие → а) буквы преобразовать в прописные (большие → А) или наоборот:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Регистр** группы **Шрифт** вкладки **Главная** и выбрать нужный регистр (рис. 44).

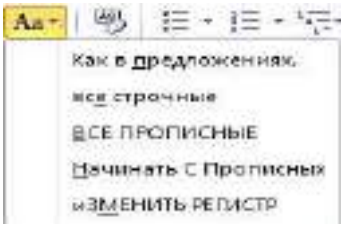


Рис. 44. Изменение регистра текста

Использование надстрочных и подстрочных знаков

Для оформления надстрочных или подстрочных знаков (верхних и нижних индексов) используют соответствующие кнопки группы **Шрифт** вкладки **Главная** (рис. 45) или:

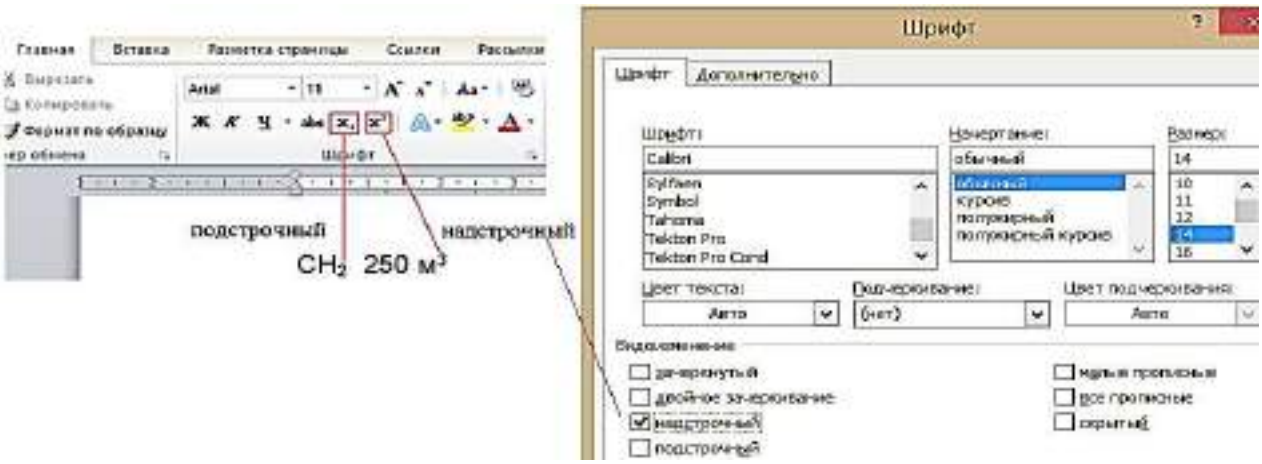


Рис. 45. Надстрочные и подстрочные знаки

1. Выделить *фрагмент* текста или конкретный символ.
2. Нажать на кнопку x_2 или x^2.

Обе кнопки работают в режиме *переключателя*, т. е. после того, как будет установлено оформление фрагмента, кнопка так и останется нажатой. Чтобы убрать оформление, следует еще раз нажать на соответствующую кнопку.

Зачеркнутый текст

Зачеркнутый текст используется, в основном, при оформлении документов *частного* характера, в частности, при создании записей в *блогах*.

Текст нормальный, разряженный или уплотненный

Во вкладке **Дополнительно** устанавливаются интервалы между символами в строке, ширина символов или смещение. Все эти параметры доступны по схеме (рис. 46).

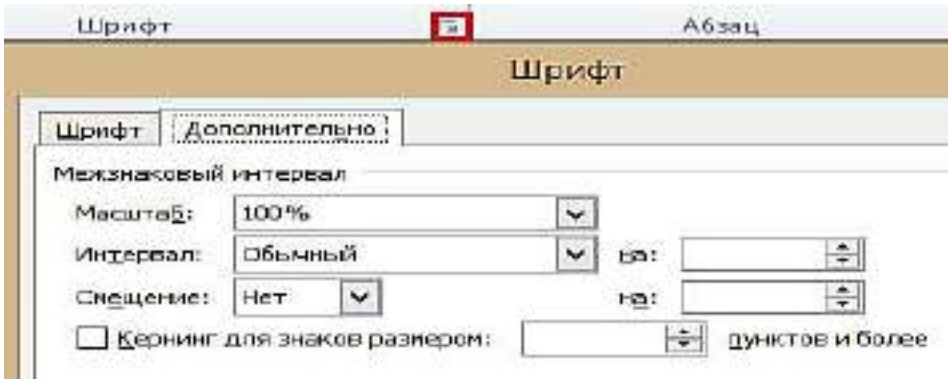


Рис. 46. Вкладка Интервал диалогового окна «Шрифт»

Видоизменение шрифта

Видоизменения *шрифта* (шрифтовые эффекты) устанавливаются флажками группы **Видоизменение** вкладки **Шрифт** *диалогового окна*. Некоторые из них (зачеркнутый, надстрочный, подстрочный) можно установить в группе **Шрифт** вкладки **Главная**.

Видоизменение строчных букв на прописные используют для написания заголовков. Видоизменение всех прописных превращает все буквы в строчные.

Видоизменение **Скрытый** делает текст невидимым на экране. Чтобы просмотреть скрытый текст, надо во вкладке **Главная** в группе **Абзац** нажать кнопку **Отобразить все знаки**. Скрытый текст будет отображен с подчеркиванием точечным пунктиром. При этом все параметры оформления будут отображены.

Изменение ширины символов шрифта

Для изменения ширины символов используется раскрывающийся сок **Масштаб** вкладки **Дополнительно** *диалогового окна* **Шрифт.** Можно

выбрать любое значение из этого списка или, не открывая списка, щелкнуть левой кнопкой *мыши* в его поле и ввести требуемое значение. Увеличение масштаба используют обычно для заголовков; уменьшение масштаба (80–85 %) можно применять для «подгонки» *длины строк* (см. рис. 46). Допустимый *диапазон* масштабирования символов – от 1 до 600 %. Точность установки масштаба – 1 %.

Изменение интервалов между символами

Применяя раскрывающийся список **Интервал** вкладки **Дополнительно** и рядом расположенный счетчик на *диалоговом окне* **Шрифт**, можно изменять интервалы (*расстояние*) между символами в строке текста.

В раскрывающемся списке **Интервал** можно выбрать **Разряженный** или **Уплотненный**, а в *счетчике* надо установить требуемое значение разрежения или сжатия *интервалов*. Величина изменения *интервалов* между символами по умолчанию устанавливается в пунктах (пт), но, при желании, значение можно указать и в сантиметрах или миллиметрах. Для этого следует в поле счетчика ввести число и через пробел – сокращение см или мм: например, **0,5 см** или **5 мм**. *Расстояние* между символами можно изменять с точность до 0,05 пт или 0,01 мм. Разреженный *интервал* применяют при оформлении заголовков (с интервалом, как правило, 3 или 4 пт) или для выделения отдельных слов в тексте.

Уплотненный *интервал* используется в основном для «подбора» длины текста в строке, например, для удаления коротких последних строк абзацев. Уменьшать интервалы рекомендуется не более чем на 0,2–0,4 пт. Эти внесенные изменения буду почти незаметны в скорректированном тексте.

Смещение текста

Раскрывающийся список **Смещение** вкладки **Дополнительно** *диалогового окна* **Шрифт** позволяет сместить текст выше или ниже основного уровня строки. В *счетчике* устанавливается величина смещения – по умолчанию в пунктах (пт), но значение смещения можно указать и в сантиметрах или миллиметрах. Для этого следует в поле счетчика ввести число и через пробел – сокращение см или мм: например, **1 см** или **3 мм**. Величину смещения можно изменять с точность до 0,5 пт или 0,1 мм. Смещение часто используется вместо надстрочных и подстрочных знаков (верхних и нижних индексов). Отличие заключается в том, что при этом *размер смещаемых символов не изменяется*.

Анимация текста

Установка *анимации* придает тексту художественное оформление. *Анимация* позволяет применять заливку символов текста и изменять *контур*, установить эффекты объема и тени, назначить другие эффекты:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная** и в появившейся галерее выбрать устанавливаемый вариант (рис. 47). При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отобразится соответственно.

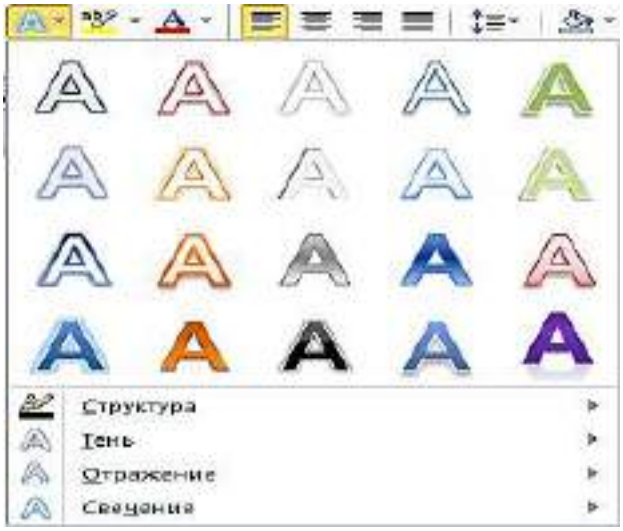


Рис. 47. Выбор варианта анимации

Настройка параметров анимации

К выбранному варианту *анимации* можно добавить различные эффекты: тень, отражение, свечение:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная**, в появившейся галерее выбрать вид применяемого эффекта (Тень, Отражение, Свечение), а затем – конкретный вариант эффекта. При наведении указателя мыши на выбираемый эффект срабатывает функция динамического просмотра, и фрагмент текста отобразится с выбранным эффектом.

Изменение параметров контура и заливки

Представленные в галерее варианты *анимации* имеют предустановленное оформление: цвет и *градиент* заливки *шрифта*, а также параметры *контура шрифта* (толщина, тип и цвет линии). Эти варианты разработаны художниками-дизайнерами и, в большинстве случаев, их не рекомендуется произвольно изменять.

Однако при необходимости можно изменить параметры *контура*:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная**, в появившейся галерее выбрать команду **Структура**, а затем цвет линии, ее толщину и тип. При наведении *указателя мыши* на выбираемый эффект срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отображается с выбранными параметрами.

Изменение цвета и заливки *шрифта*

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет** текста группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели* инструментов и выбрать требуемый цвет шрифта. При наведении указателя мыши на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и фрагмент текста отобразится указанным цветом шрифта.

Многие варианты *анимации* имеют градиентную (неравномерную) заливку. Можно установить *градиент* и для произвольно выбранного цвета заливки:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет текста** группы **Шрифт** вкладки **Главная** или мини-*панели инструментов*, выбрать команду **Градиентная**, а затем – вариант градиентной заливки. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* текста отобразится с выбранной *градиентной заливкой*.

Удаление анимации

Примененный вариант *анимации* и все назначенные для него эффекты можно удалить:

1. Выделить *фрагмент* текста.

2. Щелкнуть по кнопке **Анимация** группы **Шрифт** вкладки **Главная** и в появившейся галерее выбрать команду **Очистить текстовые эффекты**.

Выделение цветом:

1. Кнопка для выделения цветом находится в группе **Шрифт** вкладки **Главная** или на мини-*панели инструментов*.

2. Выделение цветом применяют для привлечения внимания к фрагментам текста. Это своеобразный аналог цветного маркера, который используется при работе с бумажными документами.

3. Выделить *фрагмент* документа.

4. Щелкнуть по стрелке кнопки **Цвет** выделения текста в группе **Шрифт** вкладки **Главная** или на мини-*панели инструментов* и выбрать требуемый цвет. При наведении *указателя мыши* на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается выделенным цветом.

Оформление буквицы

Буквица (большая заглавная буква) применяется в начале документа или главы:

1. Выделить абзац, который должен начинаться с буквицы.

2. Во вкладке **Вставка** в группе **Текст** щелкнуть по кнопке **Буквица** и выбрать положение буквы (**В тексте** или **На поле**). При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается с буквицей.

3. *По* умолчанию буквица оформлена тем же шрифтом, что и абзац, а ее *высота* составляет три строки текста.

4. Для настройки параметров буквицы в *меню* кнопки **Буквица** (рис. 48) выбрать команду **Параметры буквицы**.

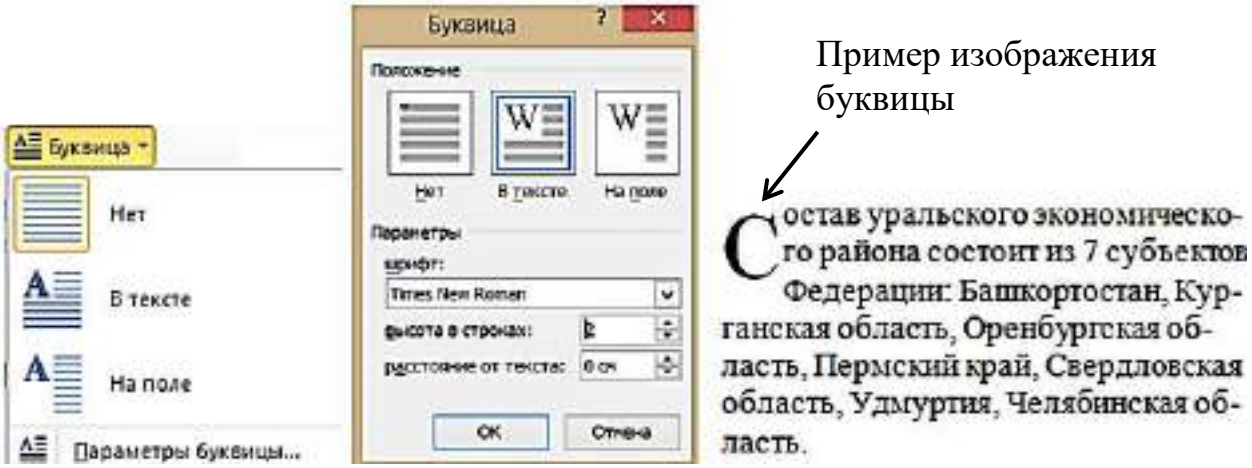


Рис. 48. Настройка параметров буквицы

5. В *диалоговом окне* **Буквица** в раскрывающемся списке **Шрифт** выбрать *шрифт* буквы, в *счетчике высота* в строках указать количество строк, которое будет занимать буква, а в *счетчике расстояние* от текста можно указать это *расстояние*.

6. Буквица размещается в специальной рамке. Для выделения рамки нужно сначала щелкнуть левой кнопкой *мыши по* буквице, после чего вокруг буквы появится пунктирная рамка, а затем щелкнуть *по* этой рамке так, чтобы на рамке появились маркеры. После этого можно изменять параметры *шрифта* буквы в буквице; перетаскиванием маркеров можно изменить размер рамки. Кроме того, ухватившись за рамку буквицы, ее можно переместить в любое *место* текста документа.

7. Если выделить не весь абзац, а только его первое *слово*, то все это *слово* будет оформлено как буквица.

8. Для удаления оформления абзаца с буквицей выделить абзац и в *меню* кнопки **Буквица** выбрать вариант **Нет**.

2.7. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА. АБЗАЦЫ

Абзацем называют *фрагмент* текста от одного нажатия клавиши **Enter** до следующего. Абзацем также является *фрагмент* от начала документа до первого нажатия клавиши **Enter**. В *ячейках* таблицы абзацем является *фрагмент* от начала *ячейки* до ближайшего нажатия клавиши **Enter** или знака конца *ячейки*.

Абзацы могут иметь разный размер: от одной строки до любого количества строк. Может существовать пустой абзац, не содержащий текста. При выделении абзаца важно, чтобы в область выделения был включен непечатаемый знак конца абзаца (¶). Для отображения этих знаков во вкладке **Главная** в группе **Абзац** можно нажать кнопку **Отобразить все знаки** (рис. 49).

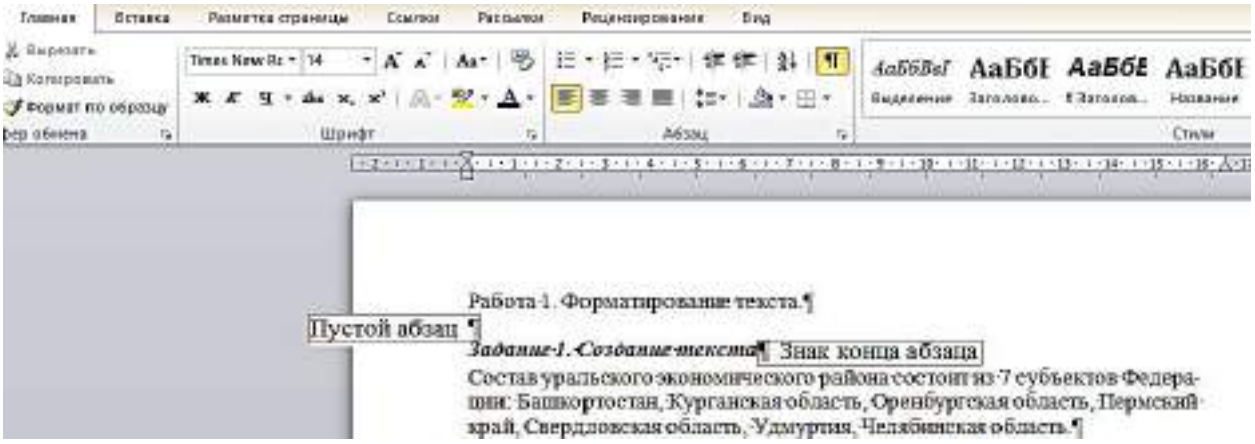


Рис. 49. Абзацы в документе

При установке параметров для одного абзаца выделять его не обязательно. Достаточно, если в этом абзаце будет находиться *курсор*. Если же оформляется сразу несколько абзацев, их необходимо выделить.

Инструменты для форматирования абзацев

Word 2010 имеет многочисленные инструменты для оформления абзацев. Большая часть их сосредоточена в группе **Абзац** вкладки **Главная** (рис. 50). Для установки отдельных параметров можно воспользоваться мини-*панелью инструментов*.

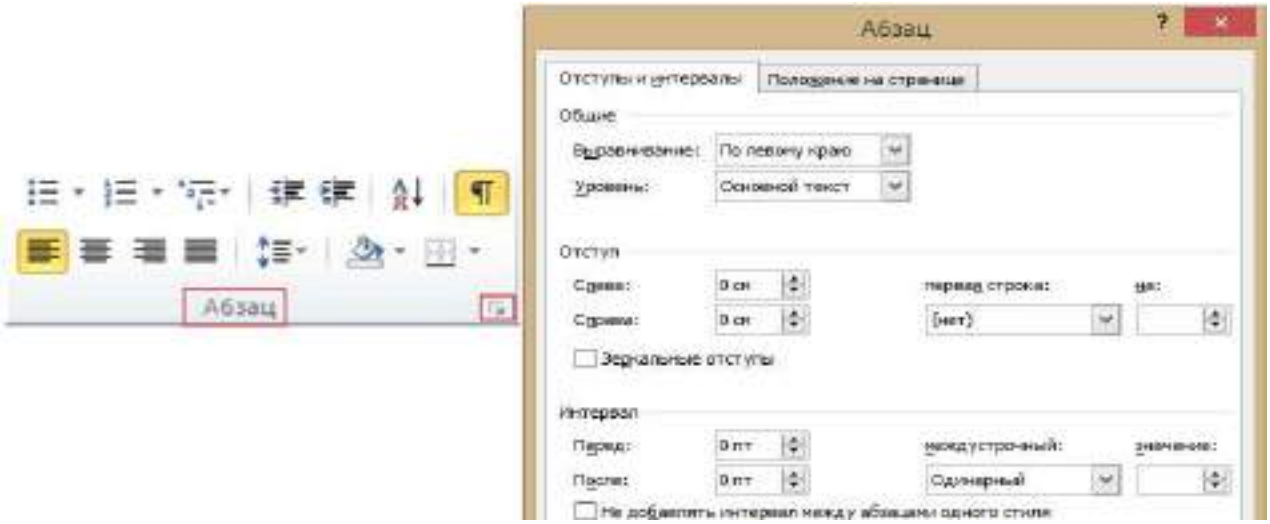


Рис. 50. Инструменты вкладки «Главная» для установки основных параметров абзаца

Кроме того, группа **Абзац** имеется также во вкладке **Разметка страницы**. Она содержит инструменты для установки отступов и *интервалов* между абзацами.

Для установки отступов можно пользоваться горизонтальной линейкой окна документа. Для отображения линейки установите соответствующий флажок в группе **Показать** вкладки **Вид** или специальный значок в верхней части вертикальной *полосы прокрутки* (рис. 51).

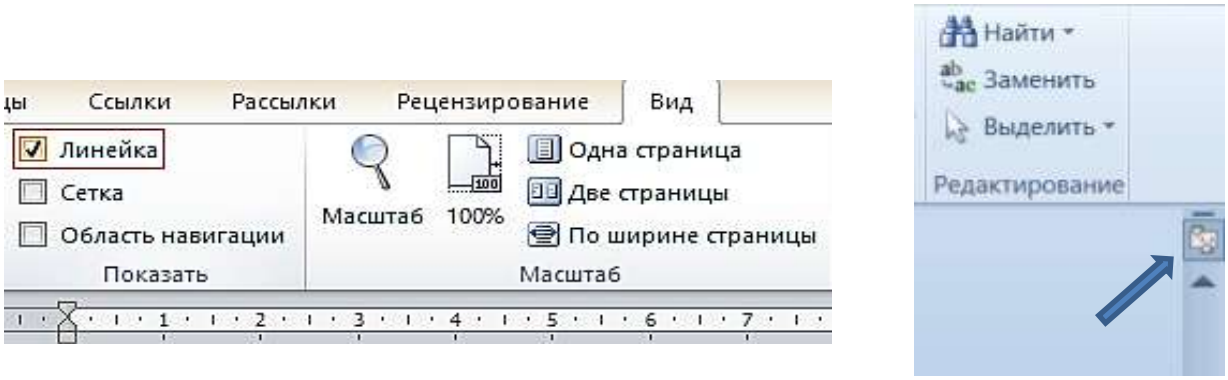


Рис. 51**.** Отображение линейки и кнопка для установки горизонтальной линейки

Для установки некоторых параметров приходится использовать *диалоговое окно* **Абзац**. Чтобы отобразить окно, щелкнуть по значку группы **Абзац** в любой из вкладок (**Главная** или **Разметка страницы**). Можно также щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенному *фрагменту* документа и в контекстном меню выбрать команду **Абзац**. Для работы с абзацами в основном используют вкладку **Отступы и интервалы**. Но в отдельных случаях применяется и вкладка **Положение на странице**.

Установка выравнивания абзацев

Абзацы документа могут быть выравнены одним из четырех способов: по левому краю, по центру страницы, по правому краю, по ширине страницы:

1. Выделить один или несколько абзацев.
2. Нажать соответствующую кнопку группы **Абзац** вкладки **Главная**.

Для выравнивания по центру страницы можно также воспользоваться кнопкой мини-панели инструментов.

Установка отступов

Установка отступа абзаца изменяет положения текста относительно левого и/или правого полей страницы. Можно установить *отступ* всего абзаца, только первой строки абзаца или всех строк, кроме первой (выступ первой строки). Положительное *значение* отступа означает смещение абзаца к центру страницы, отрицательное – от центра к краям страницы

Для установки отступов можно использовать «бегунки» на горизонтальной линейке:

1. Выделить один или несколько абзацев.
2. Перетащить соответствующий бегунок горизонтальной линейки (рис. 52).

Рис. 52. Установка отступов абзацев с использованием «бегунков» на горизонтальной линейке

Если перетаскивание производить при нажатой клавише **Alt**, на горизонтальной линейке будут отображаться точные размеры устанавливаемых отступов, а также размер полей страницы. *Отступ* изменится после того, как будет отпущена левая кнопка *мыши*.

Более точная установка отступов (с точностью до 0,01 см) производится во вкладке **Отступы и интервалы** *диалогового окна* **Абзац**.

Междустрочный *интервал* определяет *расстояние* по вертикали между строками текста в абзаце. Размер *интервала* обычно устанавливается количеством строк. Величина междустрочного *интервала* зависит от размера выбранного *шрифта*.

Для установки величины *интервала* используют кнопку **Интервал** группы **Абзац** вкладки **Главная:**

1. Выделить один или несколько абзацев.

2. Щелкнуть по кнопке **Междустрочный интервал** группы **Абзац** вкладки **Главная** (рис. 53) и в появившемся меню выбрать требуемый *интервал*. Функция динамического просмотра при выборе *интервала* не работает.

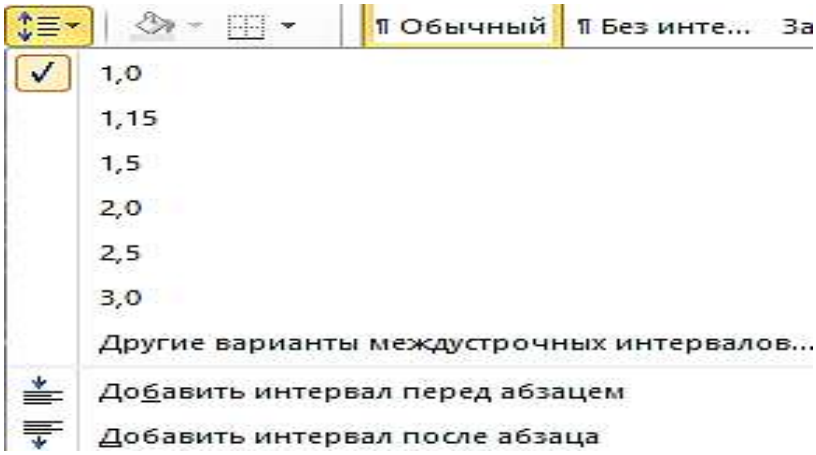


Рис. 53. Установка междустрочного интервала

Для использования дополнительных возможностей установки междустрочных *интервалов* следует воспользоваться вкладкой **Отступы и интервалы** *диалогового окна* **Абзац**.

Интервалы между абзацами

Интервалы между абзацами удобно устанавливать в счетчиках **Интервал** группы **Абзац** вкладки **Разметка страницы**.

Для установки *интервалов* между абзацами можно воспользоваться счетчиками **До** и **После** в группе **Интервал** вкладки **Отступы и интервалы** *диалогового окна* **Абзац**.

Заливка абзацев

Установка заливки

Для установки заливки используют кнопку **Заливка**, расположенную в группе **Абзац** вкладки **Главная:**

1. Выделить один или несколько абзацев.

2. Во вкладке **Главная** в группе **Абзац** щелкнуть по стрелке кнопки **Заливка** и выбрать необходимый цвет. При наведении *указателя мыши* на выбираемый цвет срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается с заливкой указанным цветом.

2.8. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА. СПИСКИ

Оформление нумерованных списков

При оформлении списков следует иметь в виду, что *элементом списка* может быть только абзац. Список, набранный в строку, автоматически пронумеровать нельзя:

1. Выделить несколько абзацев, оформляемых в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Нумерация** группы **Абзац** вкладки **Главная** и в галерее списков выбрать нужный вариант нумерации. При наведении указателя мыши на выбираемый список срабатывает функция динамического просмотра, и фрагмент документа отобразится нумерованным (рис. 54).

Рис. 54. Примеры различных вариантов записи списков в документе

Настройка параметров списка

Можно изменить параметры созданного ранее списка или настроить эти параметры при создании списка (рис. 55):

1. Выделить абзацы, оформленные или оформляемые в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Нумерация** группы **Абзац Главная** (см. рис. 55) и выбрать команду **Определить новый формат номера**.

3. В *диалоговом окне* **Определение нового формата номера** установить необходимые параметры.

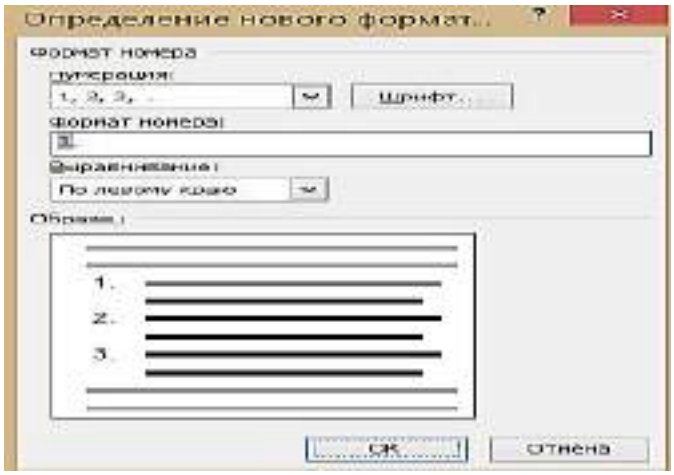


Рис. 55. Настройка параметров списка

4. В раскрывающемся списке *нумерация* выбрать требуемый вид *нумерации*. Можно выбрать *нумерацию* арабскими или римскими цифрами, латинскими или русскими буквами, количественными и порядковыми числительными и т. д.

5. В поле **Формат номера** при необходимости добавить к *нумерации* текст, который будет отображаться при каждом номере. Текст можно вводить как перед номером, так и после него. Например, при *нумерации* списка компьютеров можно добавить к номерам слово **Компьютер**.

Изменение порядка нумерации

Для имеющегося списка можно изменить начальный номер, с которого начинается список. Можно также оформить текущий список как продолжение предыдущего списка в документе:

1. Выделить абзацы, оформленные в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки «Нумерация» группы «Абзац» вкладки «Главная» и выбрать команду «Задать» начальное значение.

3. В диалоговом окне **Задание начального значения** установить необходимые параметры.

Оформление маркированных списков

При оформлении списков следует иметь в виду, что *элементом списка* может быть только абзац. Список, набранный в строку, маркировать нельзя:

1. Выделить несколько абзацев, оформляемых в виде списка.

2. Щелкнуть по стрелке кнопки **Маркеры** группы **Абзац** вкладки **Главная** (рис. 56) и в галерее выбрать нужный маркер. При наведении *указателя мыши* на выбираемый маркер срабатывает функция динамического просмотра, и *фрагмент* документа отображается маркированным.

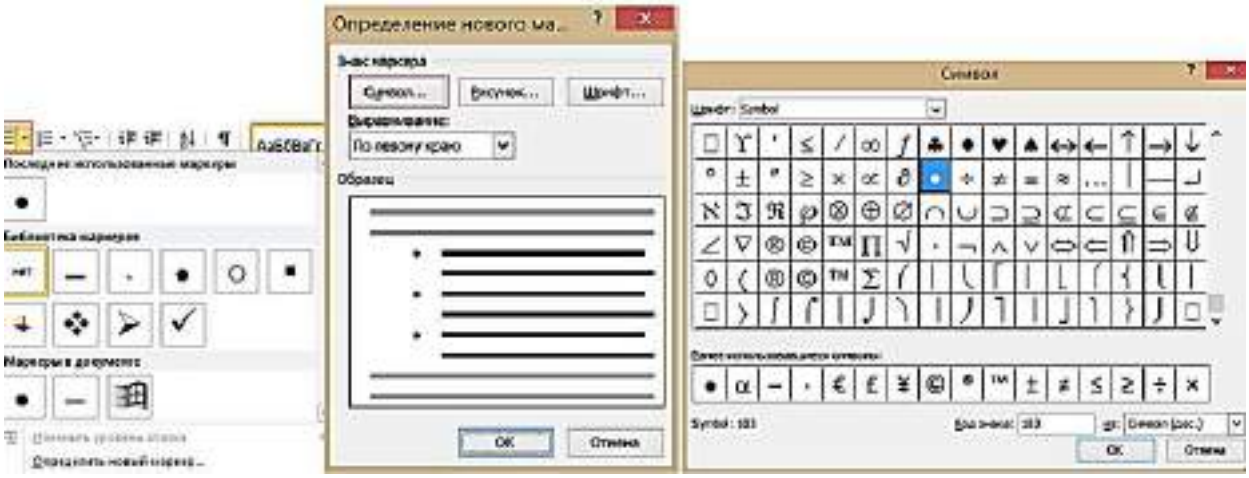


Рис. 56. Оформление маркированного списка

Оформление многоуровневых списков

При оформлении списков следует иметь в виду, что *элементом списка* может быть только абзац:

1. Выделить один или несколько абзацев, оформляемых в виде многоуровневого списка.

2. Щелкнуть по кнопке **Многоуровневый список** (рис. 57) группы **Абзац** вкладки **Главная** и в галерее списков выбрать нужный вариант *нумерации*. При наведении *указателя мыши* выбираемый список отображается более крупно, но функция динамического просмотра в документе не работает.

Если абзацы оформляемого текста не различаются отступами слева, то первоначально список не будет многоуровневым.

3. Для понижения уровня отдельных абзацев списка надо увеличить отступ слева. Выделить абзац (абзацы) и нажать кнопку **Увеличить отступ** группы **Абзац** вкладки **Главная** Каждое нажатие кнопки понижает выделенные абзацы на один уровень. Для повышения уровня нажать кнопку **Уменьшить отступ**. Для этой же цели можно использовать аналогичные кнопки мини-*панели инструментов*.

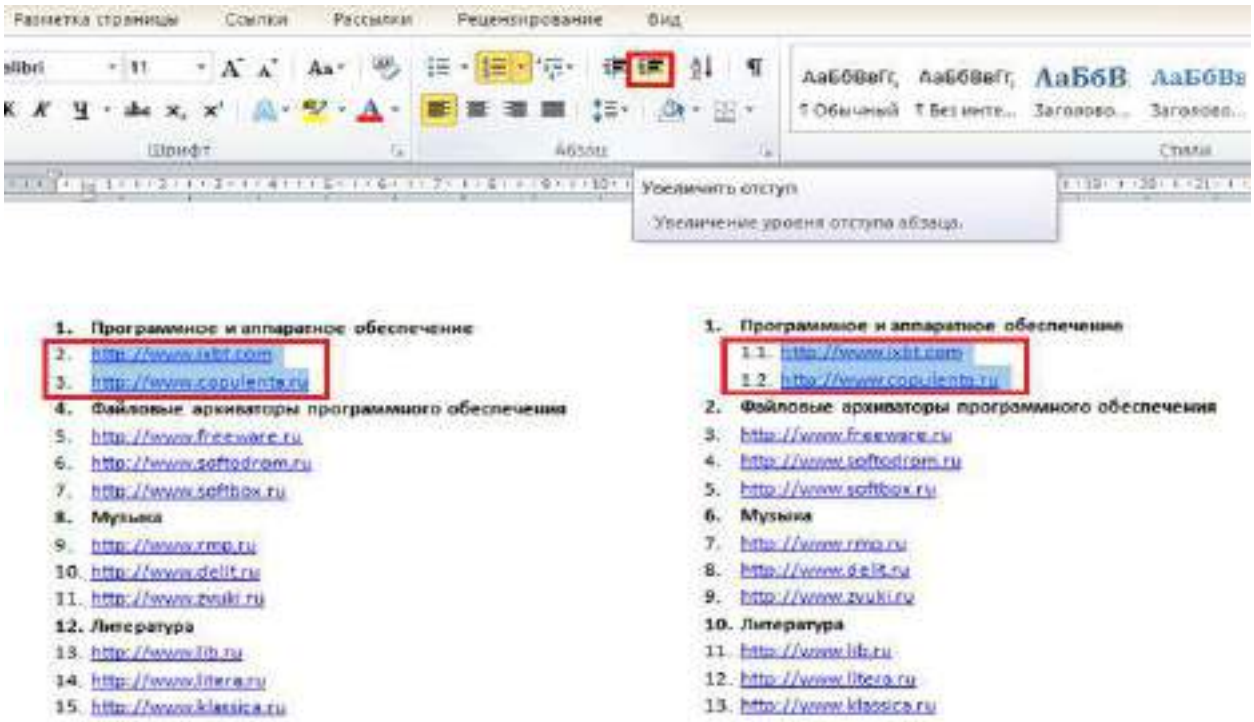


Рис. 57. Заготовка многоуровневого списка

Для понижения уровня элементов в списке можно также использовать клавишу **Tab**, а для повышения – комбинацию **Shift +Tab**.

2.9. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕКСТА. СТИЛИ И ТЕМЫ

Для работы со стилями используют элементы группы **Стили** вкладки **Главная**, область задач **Стили**, а также команда контекстного меню **Стили** и ее подчиненное меню (рис. 58).

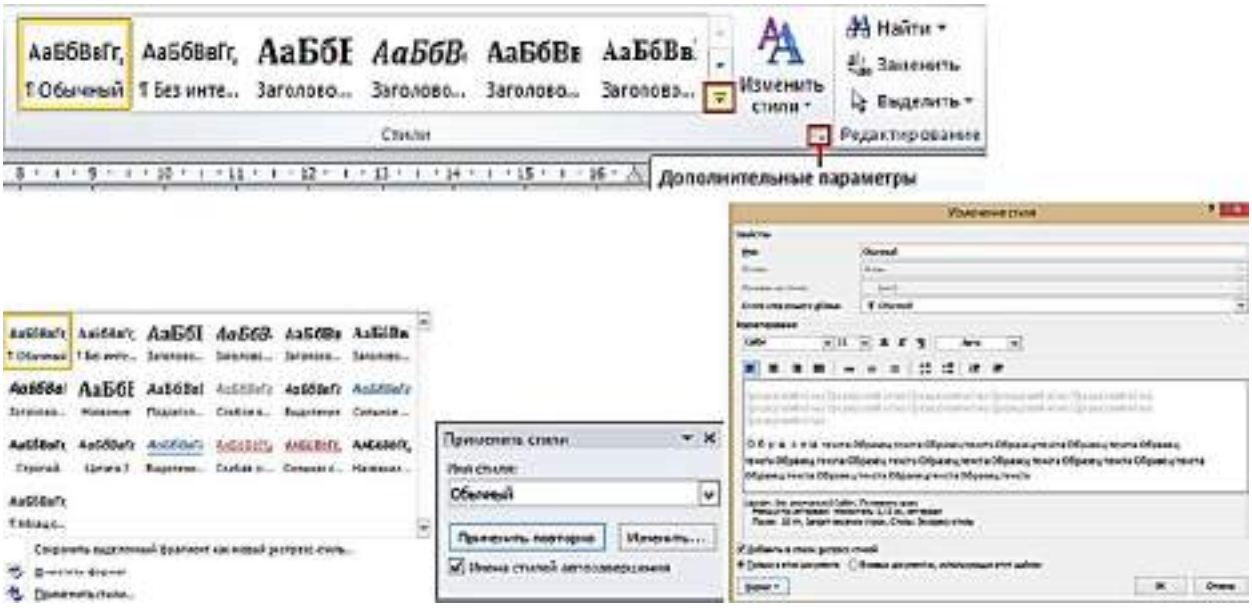


Рис.58. Выбор стиля

Создание стиля

Стиль обычно создают на основе оформленного *фрагмента* документа.

Можно создать новый стиль и сразу же добавить его в коллекцию **Экспресс-стили:**

1. Выделить *фрагмент* текста, параметры оформления которого требуется использовать для создания нового стиля.

2. Щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенному *фрагменту* документа, в контекстном меню выбрать команду **Стили**, а затем в подчиненном меню – команду **Сохранить выделенный фрагмент как новый экспресс-стиль**.

Инспекция стилей

Можно определить, какой стиль применен к *фрагменту* документа и не было ли применено к этому *фрагменту* оформление, отличающееся от параметров стиля:

1. Выделить фрагмент текста, для которого требуется определить используемый стиль.

2. Нажать кнопку «Инспектор стилей» в области задач «Стили».

3. В области задач «Инспектор стилей» будет отображено название стиля абзаца и отличие параметров выделенного фрагмента, а также название стиля знака и отличие параметров (рис. 59).

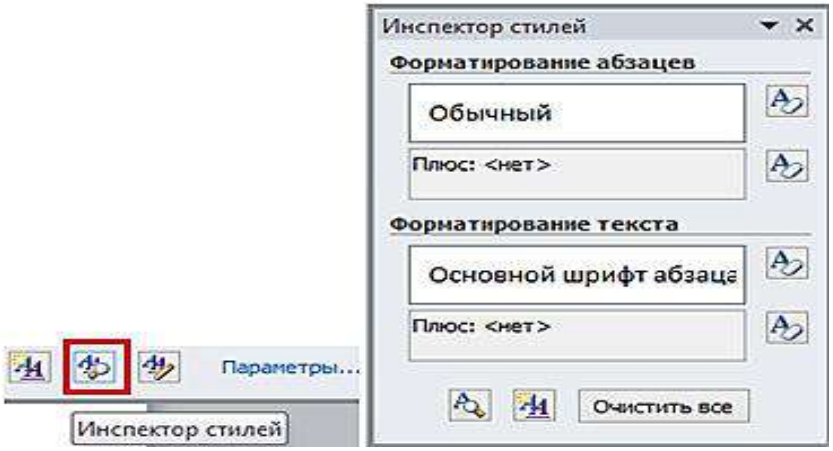


Рис. 59. Инспекция стилей

Новый стиль можно создавать и, не используя оформленный *фрагмент* документа:

1. Нажать кнопку **Создать стиль** в области задач **Стили**.

2. В *диалоговом окне* **Создание стиля** установить параметры стиля.

2.10. СОЗДАНИЕ ТАБЛИЦ

Ячейки таблицы могут содержать текст, графические объекты, *вложенные таблицы*.

Для вставки таблицы используют вкладку **Вставка**.

Для работы с таблицами в Microsoft Word применяют контекстные вкладки **Конструктор** и **Макет** группы вкладок **Работа с таблицами**. Эти вкладки автоматически отображаются, когда *курсор* находится в какой-либо *ячейке* существующей таблицы.

Таблица всегда вставляется в то место документа, где в данный момент находится *курсор*. Лучше всего поставить *курсор* в начало абзаца текста, перед которым должна располагаться создаваемая таблица.

Для быстрой вставки простой таблицы во вкладке **Вставка** нажать кнопку **Таблица** и в появившемся табло при нажатой левой кнопке выделить необходимое число столбцов и строк (рис. 60). При наведении *указателя мыши* срабатывает функция *динамического* просмотра, и создаваемая таблица отображается в документе. Таблица занимает всю ширину страницы и имеет столбцы одинаковой ширины.

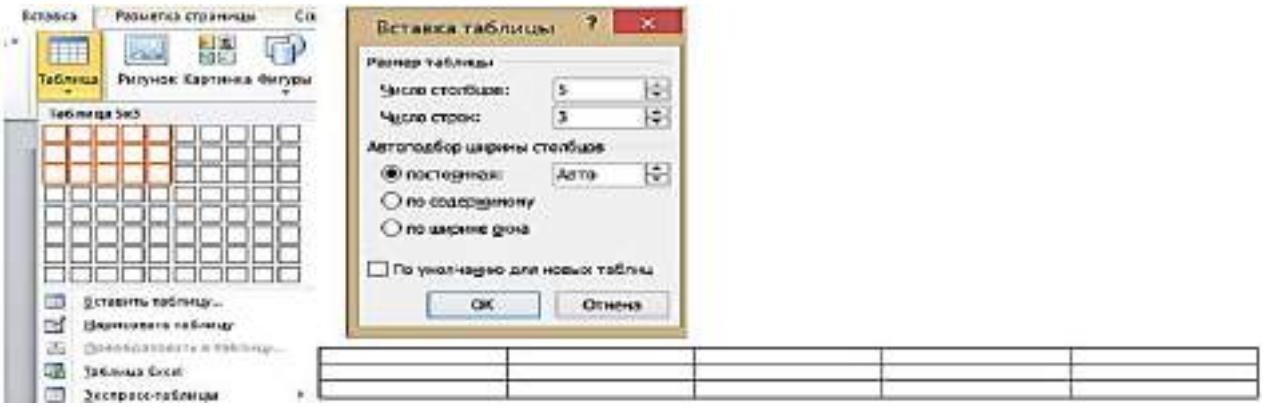


Рис. 60. Вставка простой таблицы

Можно настроить некоторые параметры создаваемой таблицы:

1. Установить *курсор* в позицию, где будет находиться создаваемая таблица.

2. Щелкнуть кнопку **Таблица** во вкладке **Вставка** и выбрать команду **Вставить таблицу**.

3. В окне **Вставка таблицы** выбрать требуемое количество строк и столбцов, а также способ автоподбора ширины столбцов.

При *создании таблицы* можно воспользоваться имеющимися заготовками Microsoft Word или собственными, ранее *созданными таблицами:*

1. Установить *курсор* туда, где будет находиться создаваемая таблица.

2. Нажать кнопку **Таблица** во вкладке **Вставка** и выбрать команду **Экспресс-таблицы**.

3. Прокрутить список таблиц и выбрать нужную форму. Пользовательские таблицы, занесенные в список экспресс-таблиц, обычно располагаются в разделе **Общие** в конце списка.

В результате в документ будет вставлена готовая таблица, содержащая текст и соответствующее оформление. Оформление встроенных экспресс-таблиц Microsoft Word зависит от выбранной темы документа. Созданная таблица может иметь заголовок. Ненужный текст можно удалить. Можно также изменить оформление таблицы.

Копирование таблиц из документов Microsoft Excel

Таблицу из документов (*рабочих книг*) Microsoft *Excel* можно копировать в документ Microsoft Word с помощью буфера обмена. Вставляемая таблица может быть связанной или несвязанной. В связанной таблице данные могут обновляться при изменении данных в исходной таблице Microsoft *Excel*. В несвязанной таблице обновление данных не происходит (рис. 61):

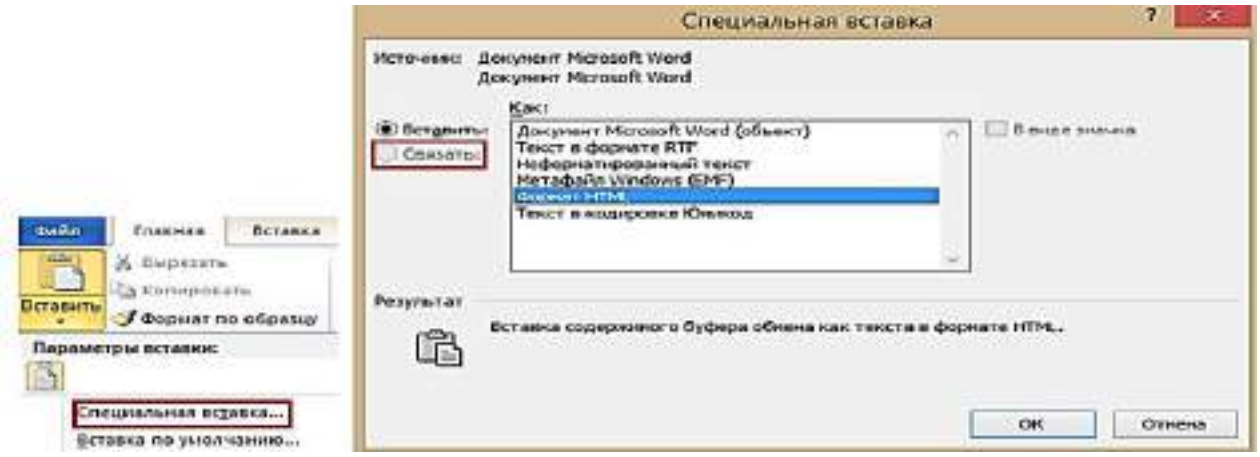


Рис. 61. Вставка связанной таблицы Microsoft Excel

1. Выделить таблицу или *фрагмент* таблицы на листе документа Microsoft *Excel* и скопировать ее в буфер обмена.

2. Установить *курсор* туда, где будет находиться вставляемая таблица.

3. Для вставки несвязанной таблицы нажать кнопку **Вставить** во ке **Главная**.

4. Для вставки связанной таблицы щелкнуть по стрелке кнопки **Вставить** во вкладке **Главная** и выбрать команду **Специальная вставка**. В

окне **Специальная вставка** установить *переключатель* **Связать** и выбрать формат вставляемой таблицы.

Параметрами обновления связанной таблицы можно управлять:

1. Перейти во вкладку **Файл** и выбрать команду **Сведения**.

2. В разделе вкладки **Сведения** нажать кнопку **Изменить связи с файлами**.

3. В окне **Связи** в разделе **Способ обновления связи** выбрать требуемый параметр.

Преобразование текста в таблицу

Для преобразования текста в таблицу необходимо разделить текст с помощью табуляции, точки с запятой или другого знака – разделителя, чтобы указать начало нового столбца. Строка таблицы отмечается знаком абзаца:

1. Выделить *фрагмент* документа, преобразуемый в таблицу.

2. Щелкнуть кнопку **Таблица** во вкладке **Вставка** и выбрать команду **Преобразовать в таблицу** (рис. 62).

3. В окне **Преобразовать в таблицу** в *счетчике* **Число столбцов** установить число столбцов создаваемой таблицы (число строк устанавливается автоматически); в разделе **Автоподбор ширины столбцов** выбрать способ изменения ширины столбцов таблицы (при выборе параметра **постоянная** можно указать ширину столбцов); выбрать знак разделителя.

Рис. 62. Преобразование текста в таблицу

Добавление столбцов

Для добавления столбцов в таблицу можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* столбца таблицы, левее или правее которого требуется вставить новый столбец.

2. Нажать кнопку **Вставить слева** или **Вставить справа** группы **Строки и столбцы** (рис. 63).

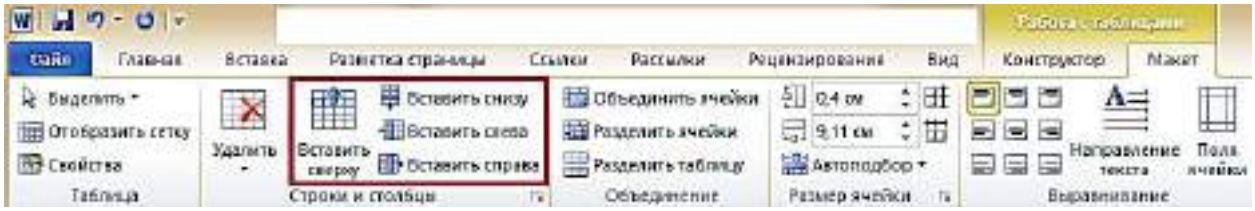


Рис. 63. Добавление столбцов с использованием контекстной вкладки «Макет»

При работе в других вкладках для вставки столбцов можно воспользоваться контекстным меню:

1. Щелкнуть правой кнопкой *мыши* по любой *ячейке* столбца таблицы, левее или правее которого требуется вставить новый столбец, и выбрать команду **Вставить**.

2. В подчиненном меню выбрать команду **Вставить столбцы слева** или **Вставить столбцы справа**.

Если в таблицу требуется вставить сразу несколько новых столбцов, то следует выделить в таблице такое же число столбцов, а затем воспользоваться любым способом, описанным выше.

Удаление элементов таблицы

Удаление строк и столбцов

Для удаления строк и столбцов таблицы можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* удаляемой строки или удаляемого столбца таблицы.

2. Нажать кнопку **Удалить** группы **Строки и столбцы** (рис. 64) и в меню выбрать соответствующую команду (**Удалить строки или Удалить столбцы**).

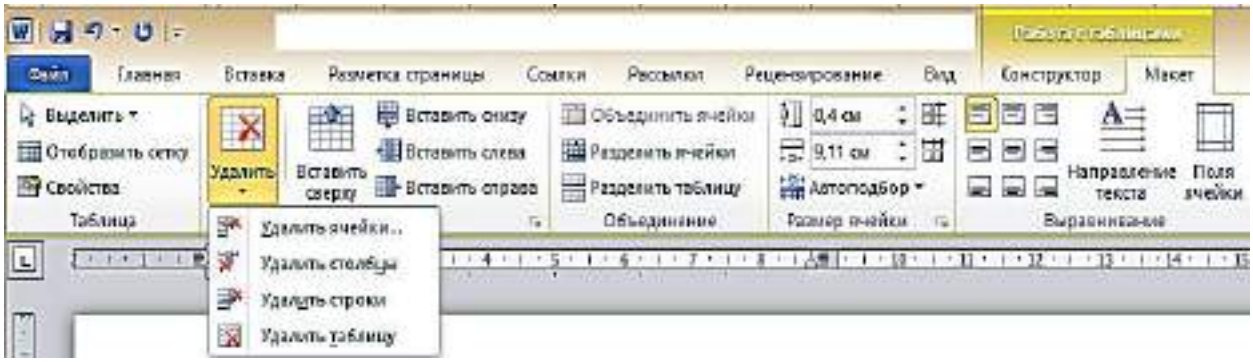


Рис. 64. Удаление строк и столбцов с использованием контекстной вкладки «Макет»

При работе в других вкладках для удаления строк и столбцов можно воспользоваться клавиатурой или контекстным меню:

1. Выделить удаляемую строку (удаляемый столбец).

2. Нажать клавишу **BackSpase** или щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенному элементу таблицы и выбрать команду **Удалить строки** (**Удалить столбцы**).

Если в таблице требуется удалить сразу несколько строк или столбцов, то следует их выделить, а затем воспользоваться любым из описанных выше способов.

Удаление ячеек

Удаление ячеек может потребоваться для исправления структуры таблицы:

1. Установить *курсор* в *ячейку*, нажать кнопку **Удалить** группы **Строки и столбцы**, и выбрать команду **Удалить ячейки** или щелкнуть правой кнопкой *мыши* по *ячейке* и выбрать команду контекстного ню **Удалить ячейки**.

2. В появившемся окне выбрать направление сдвига существующих ячеек таблицы.

Изменение размеров элементов таблицы

Высоту строки можно изменить перетаскиванием *нижней границы* строки:

1. Навести *указатель мыши* на границу строки так, чтобы он превратился в *двунаправленную* стрелку (рис. 65).

2. Нажать на левую кнопку *мыши* и перетащить границу строки.

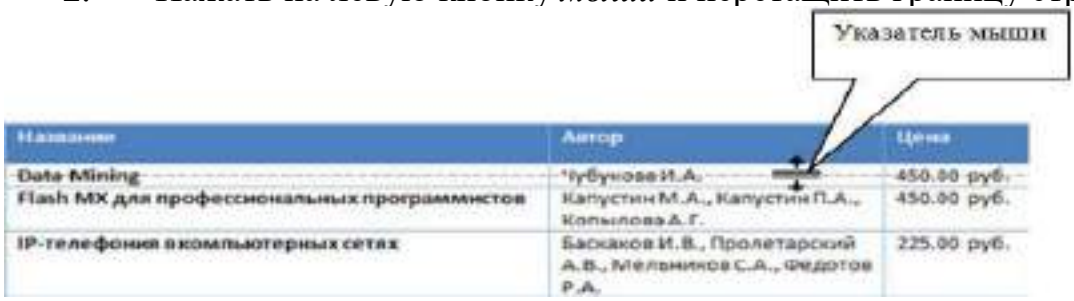


Рис. 65. Изменение высоты строки перетаскиванием границы

Если при этом держать нажатой клавишу **Alt**, то на вертикальной линейке будет указана высота каждой строки таблицы.

Для установки *высоты* строк в таблице можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* строки таблицы или выделить несколько смежных строк.

2. В *счетчике* **Высота строки таблицы** группы **Размер ячейки** установить требуемое значение.

Высота строк обычно устанавливается в режиме автоподбора. Например, если установлена высота строки 0,7 см, то при увеличении количества текста или *размера шрифта* в *ячейках* строки высота будет автоматически увеличиваться.

Изменение ширины столбцов

Ширину столбца можно изменить перетаскиванием его границы. Следует иметь в виду, что при этом может изменяться ширина смежных столбцов:

1. Навести *указатель мыши* на границу столбца так, чтобы он превратился в *двунаправленную* стрелку.

2. Нажать на левую кнопку *мыши* и перетащить границу столбца.

Если при этом держать нажатой клавишу **Alt**, то на горизонтальной линейке будет указана ширина каждого столбца таблицы без учета левого и правого полей ячеек.

Для установки ширины столбцов в таблице можно воспользоваться контекстной вкладкой **Макет:**

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* столбца таблицы или выделить несколько смежных столбцов.

2. В *счетчике* **Ширина столбца таблицы** группы **Размер ячейки** установите требуемое значение.

Автоподбор ширины столбцов

Можно подобрать ширину столбцов в зависимости от количества текста в *ячейках:*

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* таблицы.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Размер ячейки** нажать кнопку **Автоподбор** и выбрать требуемый вариант.

Автоподбор по содержимому – автоматическое изменение ширины столбцов в таблице по размеру вводимого текста. Автоподбор по ширине окна – автоматическое изменение ширины столбцов таким образом, чтобы таблица занимала всю ширину страницы. При изменении параметров страницы (поля,

ориентация страницы, размер бумаги) ширина таблицы изменяется автоматически. Фиксированная ширина столбцов – прекращение режима автоподбора ширины столбцов.

Выравнивание высоты строк и ширины столбцов

Можно выровнять *высоту* нескольких смежных строк или всех строк таблицы:

1. В первом случае выделить выравниваемые строки, во втором – достаточно установить *курсор* в любую *ячейку* таблицы.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Размер ячейки** нажать кнопку **Выровнять высоту строк.**

Для выделенных строк или всех строк таблицы будет установлено *среднее значение высоты*, но таким образом, чтобы полностью отображалось содержимое самой высокой строки.

Одновременное изменение высоты всех строк и ширины всех столбцов таблицы

1. Навести *указатель мыши* на маркер таблицы, расположенный около ее правого нижнего угла так, чтобы он превратился в *двунаправленную* стрелку.

2. Нажать на левую кнопку *мыши* и перетащить маркер. В процессе перетаскивания *указатель мыши* примет вид крестика, а граница таблицы будет отображаться пунктиром.

Объединение ячеек

Объединять можно только смежные *ячейки*, которые суммарно образуют прямоугольную область:

1. Выделить объединяемые *ячейки*.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Объединить** нажать кнопку **Объединить ячейки**.

При работе в других вкладках для *объединения* ячеек можно щелкнуть правой кнопкой *мыши* по выделенным ячейкам и в контекстном меню выбрать команду **Объединить ячейки**.

Разделение ячеек

Ячейку можно разделить на части, как по вертикали (столбцы), так и по горизонтали (строки):

1. Установить *курсор* в разделяемой *ячейке* или выделить несколько разделяемых ячеек.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Объединить** нажать кнопку **Разбить ячейки**.

3. В окне **Разбиение ячеек** указать требуемое число столбцов и строк, на которые разделяется ячейка.

Разделение таблицы

Таблицу можно разделить по горизонтали:

1. Установить *курсор* в любой *ячейке* строки, с которой будет начинаться новая таблица.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Объединить** нажать ку **Разбить таблицу** или нажать комбинацию клавиш **Ctrl + Shift + Enter**.

Сортировка. Для этого следует в окне **Сортировка** в списке поля **Затем по** выбрать столбец, по данным которого следует сортировать строки таблицы после *сортировки* по данным первого столбца.

При наличии повторяющихся записей в первом и втором столбцах можно произвести еще одну *сортировку*.

Сортировка ячеек столбца

1. Выделить *ячейки* столбца, подлежащие *сортировке*.

2. Нажать кнопку **Сортировка** в ки **Главная** или в группе **Данные** вкладки **Макет**.

3. В окне **Сортировка** в списке поля **Тип** можно выбрать *тип данных*, по которым сортируется таблица, но обычно Word это делает автоматически. Установить *переключатель* направления *сортировки* (**по возрастанию** или **по убыванию**). Нажать кнопку **Параметры**.

4. В окне **Параметры сортировки** установите флажок **Только столбцы**.

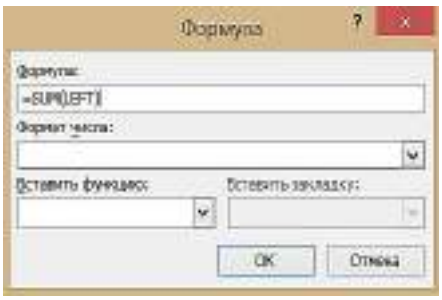
Вычисления в таблице

В таблицах Word можно выполнять несложные вычисления с использованием формул:

1. Установить *курсор* в *ячейку* таблицы, в которой требуется получить результат вычисления.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Данные** нажать кнопку .

3. В окне **Формула** в поле **Формула** ввести *формулу*. Для выбора функции можно воспользоваться списком поля **Вставить функцию** (рис. 66). При желании в списке поля **Формат числа** можно выбрать числовой результат вычисления (*числовой с разделителем разрядов, денежный*, *процентный*).



Фамилия	Оценки					Суммарный балл
	Мат	Рус	Физ	Ист	Англ	
Авдошенков	4	5	4	4	5	{Формула=SUM(LEFT)}22
Бирюков	3	4	3	4	3	?
Волкова	5	3	4	5	4	?
Глазырина	4	4	4	4	4	?
Дозморова	5	5	4	5	5	?
Средний балл	4,2	?	?	?	?	?

{Формула=AVERAGE(ABOVE)}

При вводе формулы
Установите курсор в ячейку для ответа.
В меню выбрать Таблица / Формула.
Написать формулу или Вставить нужную функцию.

Основные функции
=SUM( ) – находит сумму величин в списке
=MAX( ) – находит наибольшее значение в списке
=MIN( ) – находит наименьшее значение в списке
=AVERAGE( ) – находит среднее значение в списке

Виды диапазонов
LEFT – слева от данного поля
RIGHT – справа от данного поля
ABOVE – над данным полем
A1 : C2 – блок : ячейки от A1 до C2
A1 ; C2 – две ячейки: A1 и C2

Рис. 66. Создание формулы в ячейке, в таблице

Перенос заголовков таблицы на следующую страницу

При *создании таблиц*, размещаемых на нескольких страницах, необходимо, чтобы названия столбцов таблицы отображались и печатались на каждой странице документа:

1. Установить *курсор* в первую строку таблицы или, если в качестве заголовков используется несколько первых строк, выделить их.

2. Во вкладке **Макет** в группе **Данные** нажать кнопку **Повторить строки заголовков** (рис. 67).

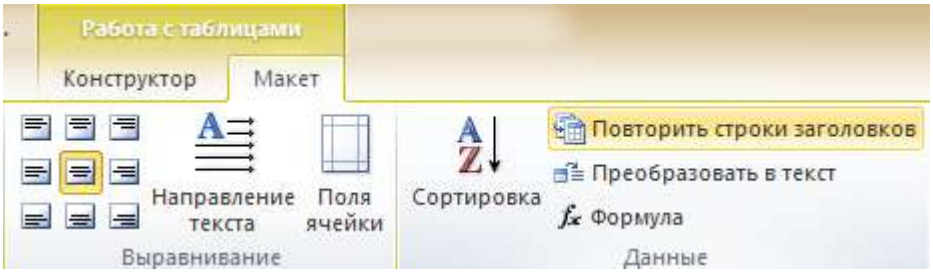


Рис. 67. Перенос строки заголовков таблицы на следующую страницу

Преобразование таблицы в текст:

Всю таблицу или ее фрагмент можно преобразовать в текст:

1. Установить *курсор* в любую *ячейку* таблицы или выделить преобразуемый *диапазон.*

2. Во вкладке **Макет** в группе **Данные** нажать кнопку **Преобразовать в текст**.

3. В окне **Преобразование в текст** указать символ, который будет разделять фрагмент текста, сформированного из отдельных ячеек таблицы. Это может быть один из типовых символов (знак абзаца, знак табуляции или точка с запятой) или любой другой символ, например, точка, пробел, запятая и т. п. В этом случае установить *переключатель* **другой**, поставить *курсор* в рядом расположенное поле и с клавиатуры ввести символ разделителя. Если таблица содержит *вложенные таблицы*, их также можно преобразовать в текст (включить флажок **Вложенные таблицы**).

2.11. РИСУНКИ И ГРАФИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ MS WORD

Для вставки в документ графических объектов используют элементы группы **Иллюстрации** вкладки **Вставка**.

Для работы с рисунками из графических файлов и коллекции клипов в Microsoft Word применяют контекстную вкладку **Формат** группы вкладок **Работа с рисунками**. Эта вкладка автоматически отображается при выделении рисунка. Для выделения рисунка следует щелкнуть по нему *мышью*. Признаком выделения являются маркеры рисунка (рис. 68).

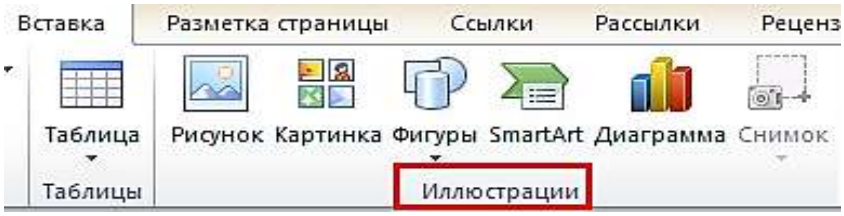


Рис. 68. Вкладка «Работа с рисунками»

Изменение режима обтекания

Первоначально рисунок вставляется непосредственно в текст документа как *встроенный объект* без *обтекания текстом:*

Для того чтобы рисунок можно было свободно перемещать в документе, следует установить для него один из режимов *обтекания текстом*:

1. Выделить рисунок.

2. Щелкнуть по кнопке **Обтекание текстом** в группе **Упорядочить** вкладки **Формат (**Появляется вверху экрана во вкладке **Работа с рисунками).**

3. В появившемся меню (рис. 69) выбрать один из вариантов обтекания: **Вокруг рамки**, **По контуру**, **За текстом**, **Перед текстом** или др. вариант обтекания.

При группировке нескольких фигур стиль обтекания у всех выделяемых фигур должен быть одинаковым (например, **Перед текстом**).

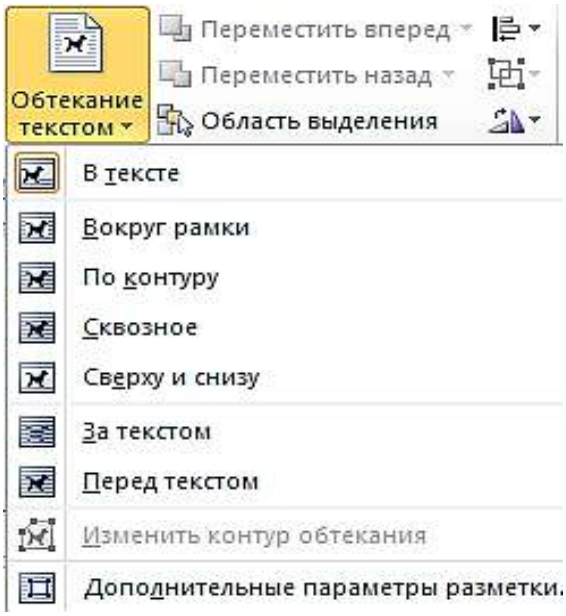


Рис. 69. Выбор режима (Стиля) обтекания фигуры

Дополнительные параметры разметки

Во вкладке **Положение** окна **Разметка** можно выбрать выравнивание рисунка или настроить положение рисунка на странице относительно элементов документа: краев страницы, полей, колонок текста и т. д.

Края рисунка можно обрезать, придав ему определенную форму. Изменение формы может иметь смысл в основном для рисунков из графических файлов. Например, прямоугольному рисунку можно придать овальную форму:

1. Выделить рисунок.

2. Во вкладке **Формат** в группе **Размер** щелкнуть по стрелке кнопки **Обрезка**, выбрать команду **Обрезать по фигуре** и в появившейся галерее выбрать фигуру. При работе с галереей форм функция динамического просмотра не действует.

Повернуть рисунок на произвольный угол можно вручную перетаскиванием его маркера поворота.

Для поворота рисунка на 90º в ту или иную сторону, а также для отражения рисунка можно воспользоваться вкладкой **Формат:**

1. Выделить рисунок.

2. В группе **Упорядочить** нажать кнопку **Повернуть** и выбрать вариант поворота или отражения рисунка. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант поворота (отражения) срабатывает функция динамического просмотра, и рисунок отображается в соответствии с выбранным вариантом.

Настройка резкости, яркости и контрастности

Резкость изображения, его яркость и контрастность можно изменять.

Можно выбрать один из вариантов резкости, яркости и контрастности изображения:

1. Выделить рисунок.

2. В группе **Изменить** вкладки **Формат** нажать кнопку **Коррекция** и в появившейся галерее в разделе **Настройка резкости** выбрать один из вариантов понижения (-50 % или -25 %) или повышения (25 % или 50 %) резкости. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант отображается *всплывающая подсказка* с указанием величины изменения резкости, и срабатывает функция динамического просмотра, в результате чего рисунок отображается с выбранным параметром (рис. 70).

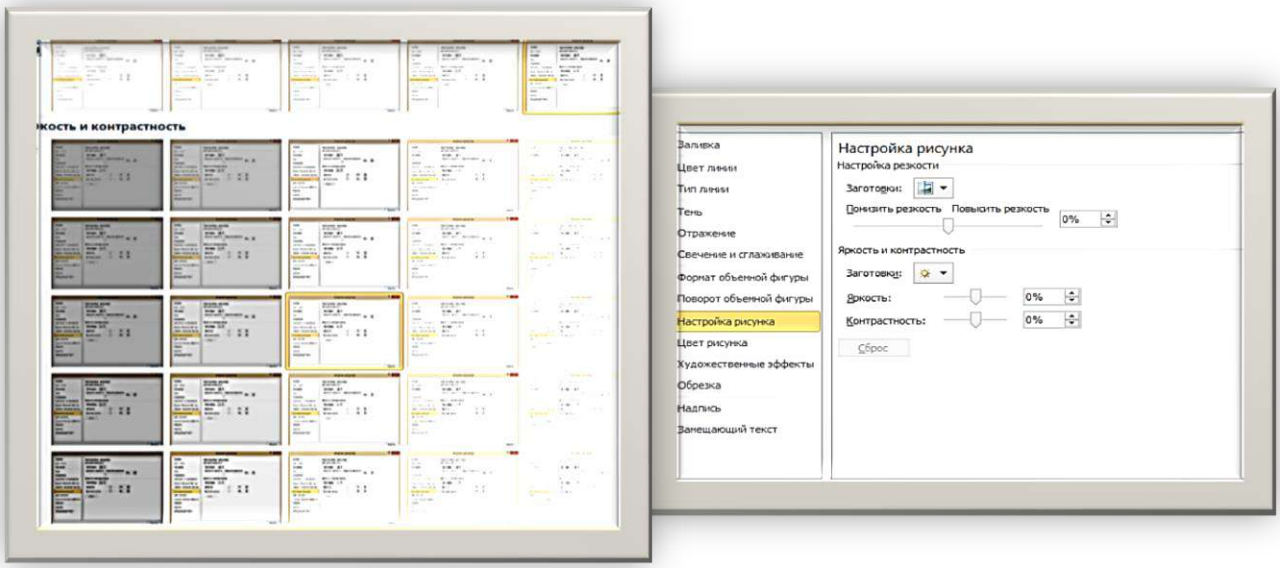


Рис. 70. Настройка резкости, яркости, контрастности и стиля рисунка

В группе **Изменение** вкладки **Формат** нажать кнопку **Коррекция** и в появившейся галерее в разделе **Яркость и контрастность** выбрать одну из заготовок *коррекции* изображения. При наведении *указателя мыши* на выбираемую заготовку отображается *всплывающая подсказка* с указанием величины изменения яркости и контрастности, и срабатывает функция динамического просмотра, в результате чего рисунок отображается с выбранными параметрами.

При активизации вкладки **Параметры коррекции рисунка** настройка выбранных параметров может быть осуществлена вручную.

Выбор стиля рисунка

При оформлении рисунка можно воспользоваться имеющимися заготовками (стилями) Microsoft Word. Следует иметь в виду, что при выборе стиля отменяются все настроенные ранее параметры рамки рисунка, выбранные формы, эффекты и заливки:

1. Выделить рисунок.

2. Во вкладке **Формат** в группе **Стили рисунков** прокрутить список стилей или щелкнуть по значку **Дополнительные параметры**, чтобы развернуть список стилей и выбрать нужный стиль. При наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант срабатывает функция динамического просмотра, и рисунок отображается в выбранном стиле (см. рис. 70).

Установка рамки

Рамка устанавливается одинаково для всех рисунков, независимо от режима обтекания:

1. Выделить рисунок.

2. Щелкнуть по кнопке **Граница рисунка** в группе **Стили рисунков** вкладки **Формат**.

3. В появившейся галерее выбрать цвет линии.

4. Щелкнуть еще раз по кнопке **Граница рисунка**, выбрать команду **Толщина** и в подчиненной галерее выбрать толщину линии.

5. При необходимости щелкнуть еще раз по кнопке **Граница рисунка**, выбрать команду **Штрихи** и в подчиненной галерее выбрать тип штриховой линии.

6. При работе с галереей границ действует функция динамического просмотра, и при наведении *указателя мыши* на выбираемый вариант рисунок отображается с выбранными параметрами рамки.

2.12. РАССЫЛКИ И СЛИЯНИЕ

Использование слияния

Слияние применяется в тех случаях, когда необходимо создать набор однотипных документов, каждый из которых содержит уникальные элементы.

С помощью слияния можно создавать следующие документы:

Комплект конвертов. Обратные адреса на всех конвертах одинаковы, однако адрес получателя в каждом случае является уникальным.

Комплект наклеек с адресами. На каждой наклейке приводятся фамилия и адрес, который являются уникальными.

Комплект писем или сообщений электронной почты. Основное содержимое всех писем является одинаковым, но каждое из них содержит сведения, предназначенные для определенного получателя.

Чтобы вручную создать каждый документ, письмо, сообщение, факс, наклейку, конверт потребовалось бы много времени. Вместо этого можно воспользоваться **Слиянием**. Нужно создать всего лишь один документ, содержащий стандартную информацию для всех экземпляров, и добавить несколько заполнителей для информации, которая уникальна для каждого экземпляра.

Для слияния используются элементы вкладки **Рассылки**.

Основной документ – документ, содержащий данные, которые остаются при слиянии неизменными во всех производных документах, например обратный адрес или текст письма.

Источник данных – файл, содержащий сведения, предназначенные для объединения с документом. Например, список имен и адресов, которые требуется использовать при слиянии. Для использования сведений из источника данных необходимо сначала подключиться к этому **Источнику данных**.

Поле слияния – поле, вставляемое в том месте основного документа, куда следует поместить фактические данные из **Источника данных**. Например, вставка поля слияния **Фамилия** позволяет вставить в документ значение **Иванов**, которое хранится в поле данных **Фамилия**.

Составной документ – документ, полученный слиянием основного документа и данных из **Источника данных**.

Подготовка документов к слиянию

Создать **Основной документ**. Ввести постоянный текст, добавить необходимые элементы (таблицы, рисунки и др.), установить параметры страницы, оформить документ. Сохранить документ. Например, **Основным документом** будет информация, например, о заседании кафедры (рис. 71).

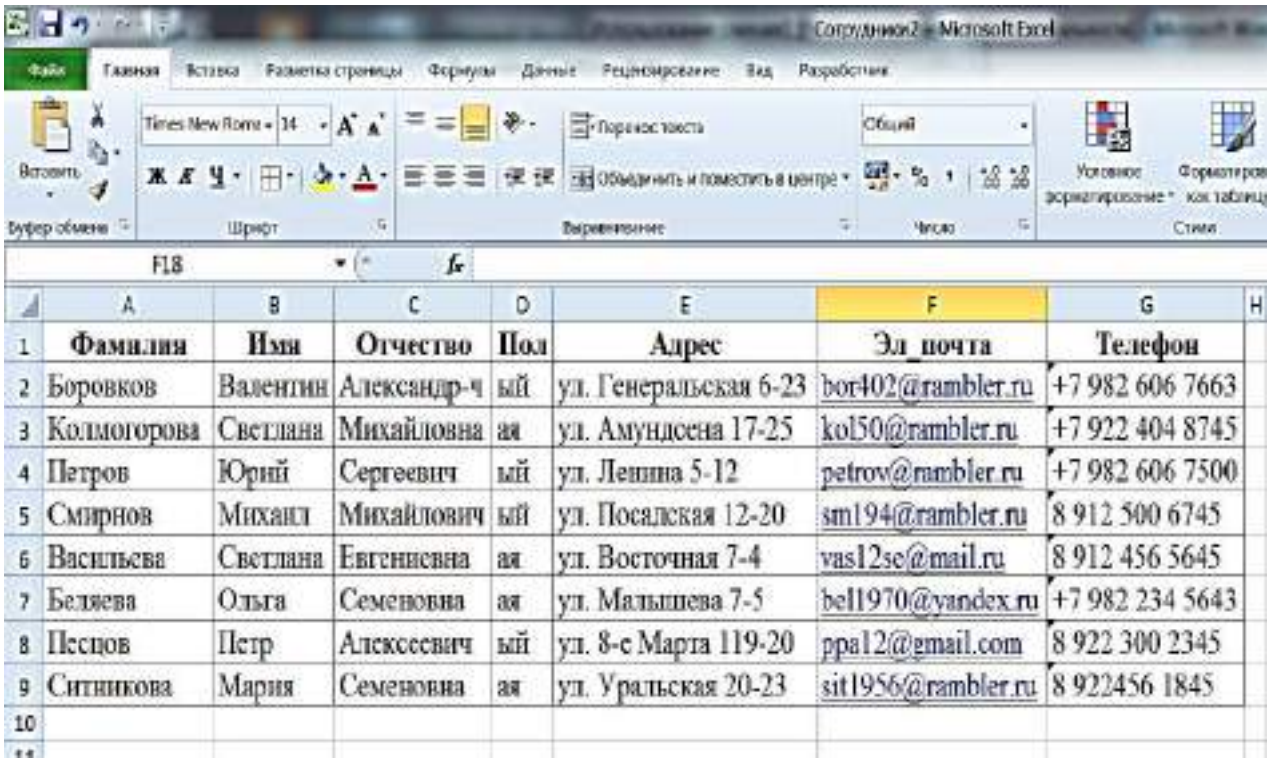
Почта e-mail: _____
Адрес: _____, телефон _____

Уважаем____,
_____!
напоминаем вам, что 25.03.2017 г в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

Рис. 71. Схема **Основного документа** («Шаблон»)

Создать **Источник данных**. Источником данных могут быть файлы Word, Excel, базы данных Access, списки адресов Microsoft Outlook и т. д., содержащие организованные данные. Например, это будет файл Excel со списками сотрудников кафедры (рис. 72).



	A	B	C	D	E	F	G
1	**Фамилия**	**Имя**	**Отчество**	**Пол**	**Адрес**	**Эл_почта**	**Телефон**
2	Боровков	Валентин	Александр-ч	ый	ул. Генеральская 6-23	bor402@rambler.ru	+7 982 606 7663
3	Колмогорова	Светлана	Михайловна	ая	ул. Амундсена 17-25	kol50@rambler.ru	+7 922 404 8745
4	Петров	Юрий	Сергеевич	ый	ул. Ленина 5-12	petrov@rambler.ru	+7 982 606 7500
5	Смирнов	Михаил	Михайлович	ый	ул. Посадская 12-20	sm194@rambler.ru	8 912 500 6745
6	Васильева	Светлана	Евгеньевна	ая	ул. Восточная 7-4	vas12se@mail.ru	8 912 456 5645
7	Беляева	Ольга	Семеновна	ая	ул. Малышева 7-5	bel1970@yandex.ru	+7 982 234 5643
8	Песцов	Петр	Алексеевич	ый	ул. 8-е Марта 119-20	ppa12@gmail.com	8 922 300 2345
9	Ситникова	Мария	Семеновна	ая	ул. Уральская 20-23	sit1956@rambler.ru	8 922456 1845
10							

Рис. 72. Список сотрудников кафедры – **Источник данных**

Таблица со списком сотрудников (**Источник данных**) должна удовлетворять следующим требованиям:

– шапка таблицы должна быть простой – одна строка с уникальными названиями столбцов (без повторений и пустых ячеек);

– в таблице не должно быть объединенных ячеек;

– в таблице не должно быть пустых строк или столбцов (отдельные пустые ячейки допускаются);

– так как Excel или Word не смогут сами определить пол сотрудника по имени, то следует сделать отдельный столбец с обращением (господин, госпожа и т. п.) или с родовым окончанием (-ый или -ая) для обращения «Уважаем(ый)(ая)».

Слияние

Открыть шаблон письма в Word и запустить пошаговый **Мастер Слияния** на вкладке **Рассылки** кнопкой **Начать слияние** – **Пошаговый мастер слияния** (рис. 73).

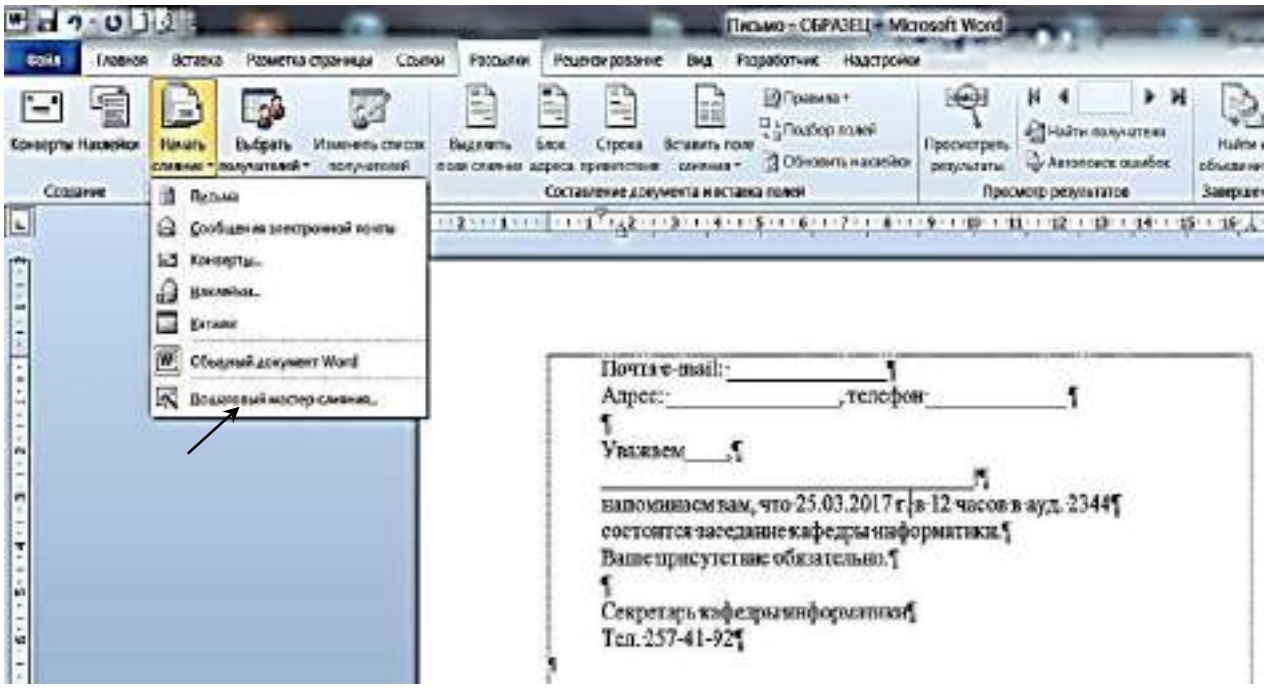


Рис. 73. Схема: **Рассылки** – **Начать слияние** – **Пошаговый мастер слияния**

Далее следует процесс из **6 этапов** (переключение между ними – с помощью кнопок **Вперед** или **Назад** в правом нижнем углу экрана, в области задач).

Этап 1. Выбор типа документа

На этом этапе пользователь должен выбрать тип тех документов, которые он хочет получить на выходе после слияния. Наш вариант – **Письма** (рис. 74) (возможен вариант: Электронное сообщение, Конверты, Наклейки, Каталог)

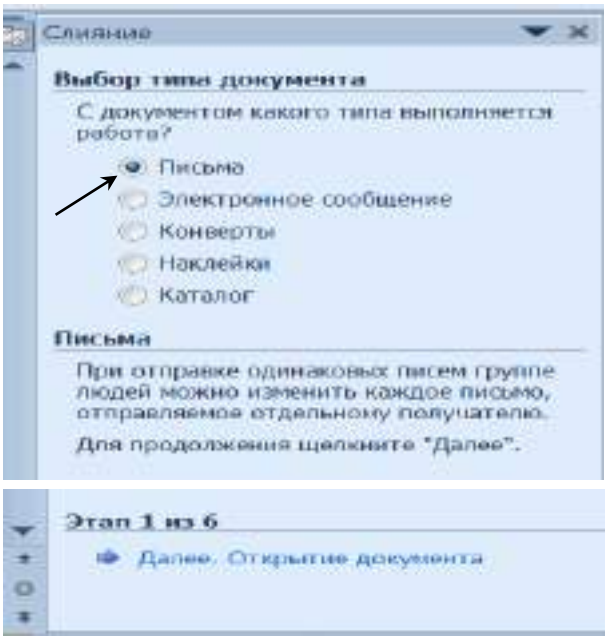


Рис. 74. Выбор типа документа (в данном случае – **Письма**)

и перейти к выполнению **этапа 2**, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку:

➡**Далее. Открытие документа**

Этап 2. Открытие документа

На этом этапе необходимо определить, какой документ будет являться основой (заготовкой) для всех будущих однотипных сообщений. Выбираем – **Текущий документ** (рис. 75) и перейти к выполнению **этапа 3**, нажав в правом

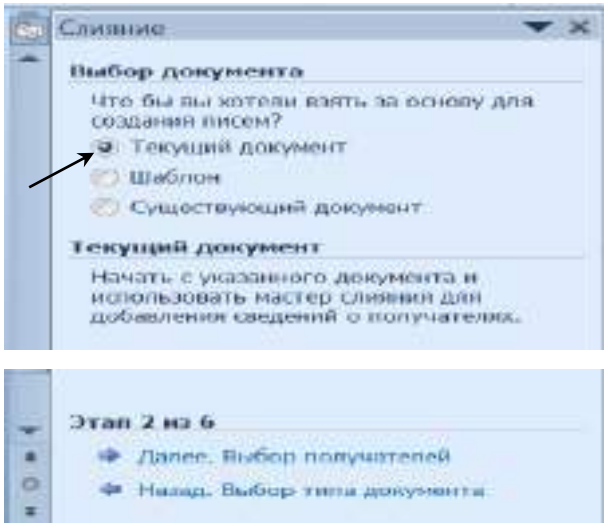


Рис. 75. Выбор **Текущего документа**

нижнем углу экрана вкладку:
➡**Далее. Выбор получателей**

Этап 3. Выбор получателей

На этом этапе подключаем **Список Сотрудников** из таблицы Excel к документу Word, нажав на вкладку **Обзор** (рис.76).

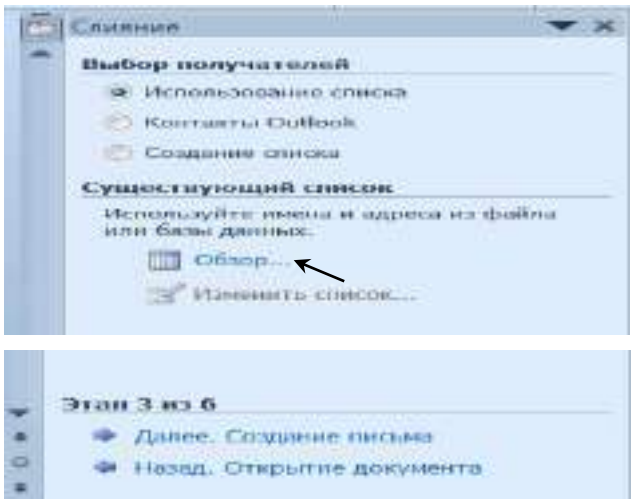


Рис. 76. Выбор получателей (через **Обзор**)

После этого в открывшемся диалоговом окне следует указать путь в каталоге, где находится файл со списком **Сотрудников** (таблица Excel, созданная ранее) и загрузить его **(Загрузить).**

Откроется окно (рис. 77) с указанием адреса листа на Excel таблице. В ней нужно указать Имя листа, на котором находится перечень сотрудников (см. рис. 72).

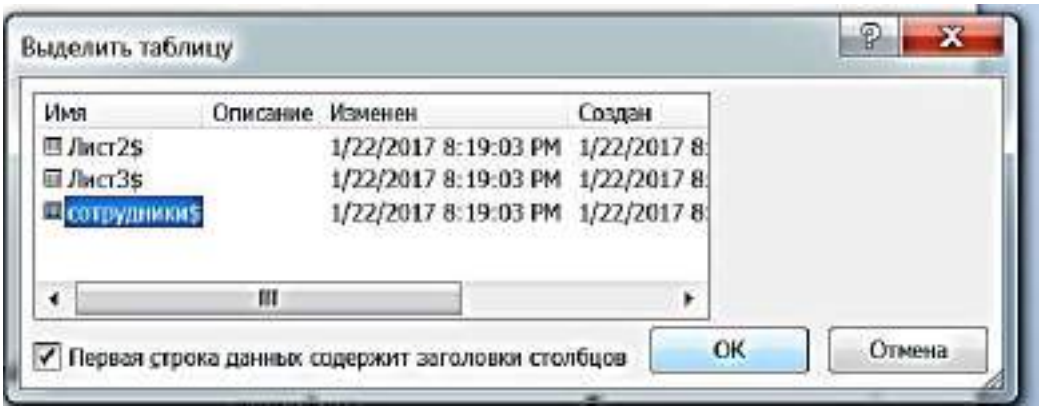


Рис. 77. Адрес листа в Excel таблице «Сотрудники»

На таблице «Выделить» лист с названием **сотрудники** (рис. 77) и нажать ОК. Откроется окно с таблицей **Получатели слияния** (рис. 78).

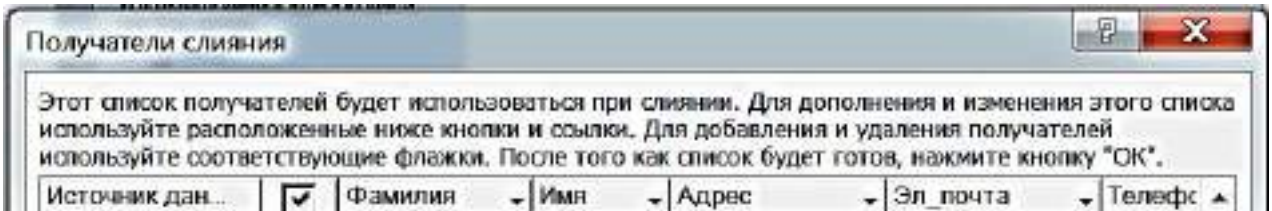


Рис. 78. Список сотрудников, сформированный из файла таблицы Excel

После выбора **Источника данных** (1-я колонка таблицы), Word позволит провести фильтрацию, сортировку и ручной отбор записей в окне **Получатели слияния** (см. рис. 78).

В таблице «Получатели слияния» (см. рис. 78) нажать кнопку ОК. Затем вызвать текст заготовленного письма – «**Основной документ**» (см. рис. 71) и

Почта e-mail: _____
Адрес: _____, телефон _____

Уважаем____,
_____!
напоминаем вам, что 25.03.2017 г. в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

См. рис. 71. Схема **Основного документа** для заполнения полями слияния

перейти к выполнению этапа 4, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку: ➡ **Далее. Создание письма**

Этап 4. Создание письма

На этом этапе пользователь должен указать, куда конкретно в документе должны поместиться данные из подключенного списка (рис. 79).

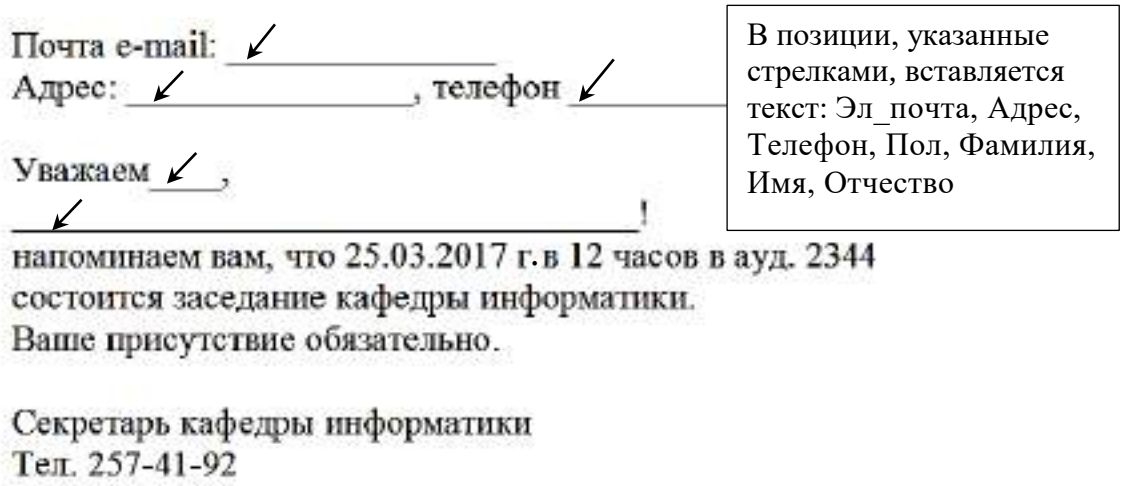


Рис. 79. На рисунке стрелками показаны позиции для ввода полей слияния

Для ввода поля слияния необходимо установить курсор в точку вставки в письме – **Основной документ** (см. рис. 79) и шелкнуть по ссылке **Другие элементы** (рис. 80).

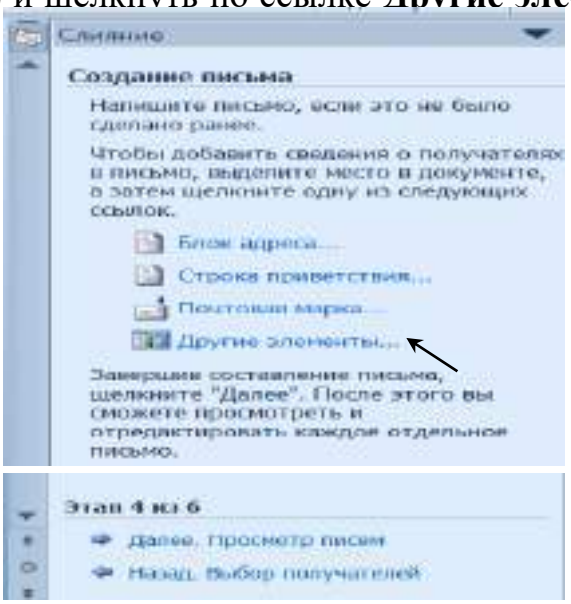


Рис. 80. Вывод Полей списка в основной документ (через вкладку **Другие элементы**)

Это действие выводит полный набор всех полей списка, из которого нужно выбрать поле для вставки (в нашем случае, первая позиция, это **Эл_почта**), нажать вкладку **Вставить**, затем **Закрыть** (рис. 81).

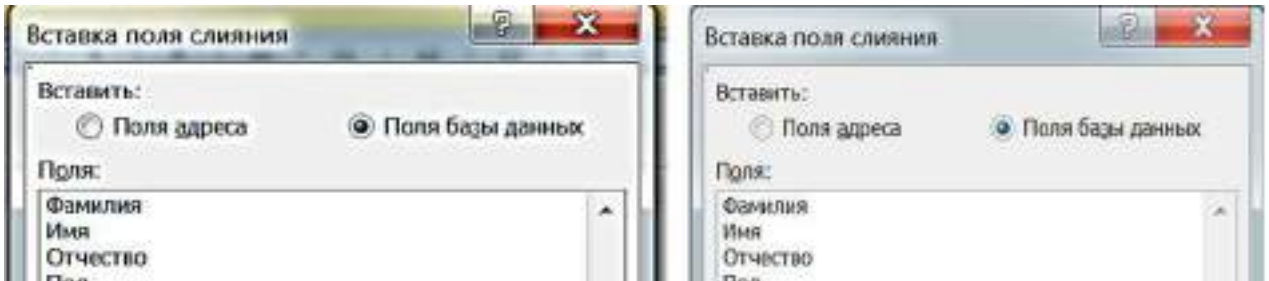


Рис. 81. Вставка полей слияния в документ Word

Затем перейти к **Основному документу** (см. рис. 79), к строке с Адресом, к позиции вставки, и в этой позиции строки, пропустив один пробел, щелкнуть указателем мыши. Затем вновь подойти к окну «Слияние, Создание письма», (см. рис. 80) и щелкнуть по записи **Другие элементы**. Затем **Вставить** и **Закрыть**.

Процесс ввода данных: **Телефон, Пол, Фамилия, Имя, Отчество** и др. элементы повторяется аналогичным образом (рис. 82):

e-mail: «Эл_почта»
Адрес: «Адрес», «Телефон»
Уважаем«Пол»!
«Фамилия» «Имя» «Отчество»,
напоминаем вам, что 25.03.2017 г. в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

Рис. 82. Схема письма со вставленными **Полями слияния**

Затем перейти к выполнению **этапа 5**, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку:

➡**Далее. Просмотр писем.**

Этап 5. Просмотр писем

На этом этапе пользователь уже может предварительно просмотреть результаты слияния, используя кнопки со стрелками (просматривая все письма в

соответствующей последовательности). При необходимости, также, можно посмотреть письмо любому получателю из набора.

После просмотра полученных писем – перейти к выполнению **этапа 6**, нажав в правом нижнем углу экрана вкладку:

➡**Далее. Завершение слияния.**

Этап 6. Завершение слияния

Нажатие ссылки **Печать** приведет к отправке результатов слияния на принтер (рис. 83).

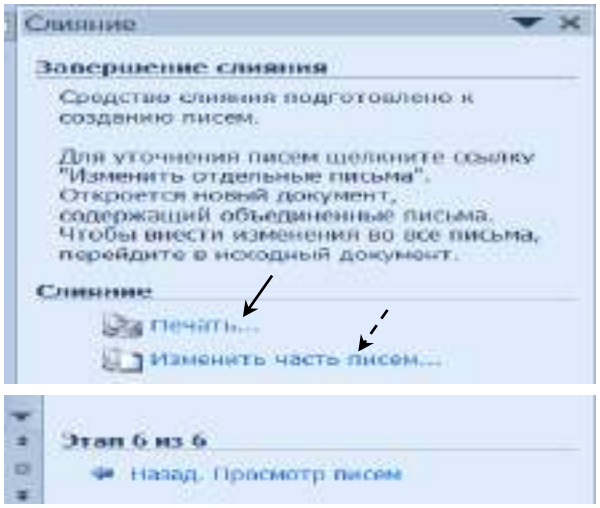


Рис. 83. Завершение слияния и вывод на печать созданных писем

Если необходимо распечатать все письма, то следует выделить позицию **«все»,** если же надо распечатать только часть документов, то следует указать их порядковые номера, например, **с 1 по 3** (рис. 84).

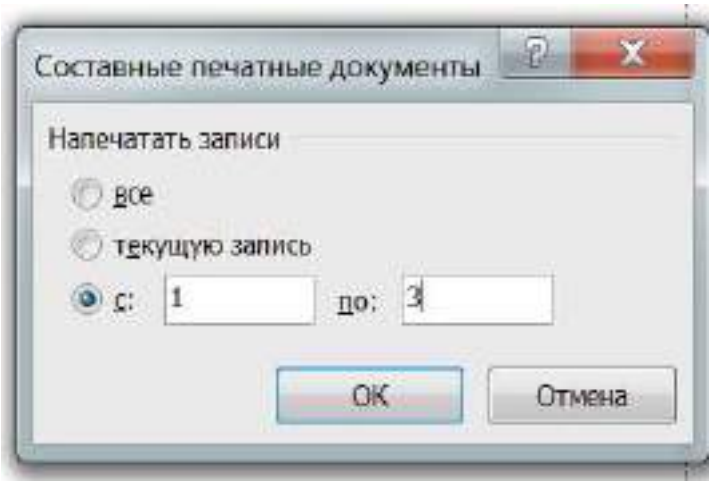


Рис. 84. Выбор порядковых номеров записей для печати

Если необходимо сохранить созданные в результате слияния документы для дальнейшего использования или требуется внести ручную правку в некото-

рые из документов, то лучше использовать ссылку **Изменить часть писем**, которая выведет результаты слияния в отдельный файл (см. рис. 83):

В результате слияния было создано письмо (рис. 85).

Почта e-mail: bor402@rambler.ru
Адрес: ул. Генеральская 6, 96, телефон +7 982 606 7500

Фоном выделен вставленный текст

Уважаемый,
Боровков Валентин Александрович!
напоминаем вам, что 25.03.2017 г. в 12 часов в ауд. 2344
состоится заседание кафедры информатики.
Ваше присутствие обязательно.

Секретарь кафедры информатики
Тел. 257-41-92

Рис. 85. Вариант письма для рассылки, созданный с помощью программы «**Рассылки**» и «**Слияние**» текстового редактора MS Word

Остальные письма другим сотрудникам кафедры автоматически будут заполнены нужными сведениями (здесь эти письма не приведены). Все письма останется только отправить по адресу, указанному на письме.

2.13. РАБОТА С КОЛОНТИТУЛАМИ

Колонтитулами называют области, расположенные в верхнем, нижнем и боковых полях каждой из страниц документа.

Колонтитулы могут содержать текст, таблицы, графические элементы. Например, в **Колонтитулы** можно включать номера страниц, время, дату, эмблему предприятия, название документа, *имя файла* и т. д.

Нельзя одновременно работать с основной частью документа и его **колонтитулами.**

Для перехода к созданию и/или редактированию **колонтитулов** дважды щелкнуть *мышью* в верхнем или нижнем поле страницы. При этом автоматически откроется специальная вкладка Word 2010 – **Работа с колонтитулами / Конструктор** (рис. 86).

Рис. 86. Работа с колонтитулами

Высота колонтитулов определяется *счетчиками* группы **Положение** вкладки **Работа с колонтитулами / Конструктор**. В *счетчиках* устанавливается *расстояние* от края страницы до колонтитула. Например, если размер верхнего поля страницы установлен 2 см, а в *счетчике* установлено *расстояние* 1,25 см, то *высота* колонтитула – 0,75 см.

Если содержимое **Колонтитула** превышает установленную для него высоту, то размер поля не увеличивается, но текст на странице смещается вниз (при работе с *верхним колонтитулом*) или вверх (при работе с *нижним колонтитулом*).

Для *завершения работы* с Колонтитулами и возвращения к основной части документа нажать кнопку **Закрыть окно колонтитулов**.

Создание Колонтитулов

Вставка стандартного колонтитула:

1. Во вкладке **Вставка** в группе **Колонтитулы** щелкнуть по кнопке **Верхний колонтитул** или **Нижний колонтитул** и в появившемся списке выбрать один из предлагаемых колонтитулов.

2. В колонтитуле вместо подсказок ввести необходимый текст; он не обязательно должен соответствовать содержанию подсказки. Кроме текста можно вставлять таблицы или графические объекты.

3. При необходимости следует изменить оформление колонтитула.

4. Выйти из режима работы с колонтитулами.

Создание разных колонтитулов для первой, четных или нечетных страниц:

1. Перейти в режим отображения колонтитулов.

2. Во вкладке **Работа с колонтитулами / Конструктор** в группе **Параметры** установить соответствующие флажки (рис. 87).

Рис. 87. Создание различных колонтитулов

3. Последовательно создать все необходимые колонтитулы.

4. Выйти из режима работы с колонтитулами.

2.14. ПОДГОТОВКА К ПЕЧАТИ И ПЕЧАТЬ ДОКУМЕНТА

Установка параметров страниц

К основным параметрам страницы относятся размер страницы, поля и *ориентация страницы*.

Параметры страницы можно устанавливать как для всего документа, так и для его отдельных разделов.

Для выбора и установки параметров страницы используют элементы группы **Параметры страницы** вкладки **Разметка страницы** (см. рис. 88).

Рис. 88. Установка параметров страницы

Следует отметить, что по умолчанию параметры страницы устанавливаются не для всего документа, а только для текущего раздела, т. е. того, в котором в данный момент находится *курсор* или выделен конкретный *фрагмент*.

При наличии разрывов разделов в документе для установки параметров страницы всего документа необходимо предварительно выделять весь документ (Ctrl+A (латинская)) или пользоваться *диалоговым окном* **Параметры страницы**.

Установка полей страницы:

1. Во вкладке **Разметка страницы** в группе **Параметры страницы** щелкнуть по кнопке **Поля** и в появившемся меню выбрать один из предлагаемых вариантов. При наличии разделов в документе выбранный размер полей будет установлен только для текущего раздела.

2. Для выбора произвольного размера полей и/или применения их для всего документа выбрать команду **Настраиваемые поля**.

3. В *счетчиках* **Верхнее**, **Нижнее**, **Левое**, **Правое** вкладки **Поля** диалогового окна **Параметры страницы** установить требуемые раз-

меры полей. При необходимости выбрать требуемый параметр в раскрывающемся списке **Применить**.

При подготовке документа к печати на двух сторонах листа бумаги в раскрывающемся списке несколько страниц можно установить зеркальные поля страниц.

Выбор ориентации страницы:

1. Во вкладке **Разметка страницы** в группе **Параметры страницы** щелкнуть по кнопке **Ориентация** и в появившемся меню выбрать один из предлагаемых вариантов (рис. 89). При наличии разделов в документе выбранная ориентация будет установлена только для текущего раздела.

2. Во вкладке **Поля** диалогового окна **Параметры страницы** выбрать необходимую ориентацию и требуемый параметр в раскрывающемся списке **Применить**.

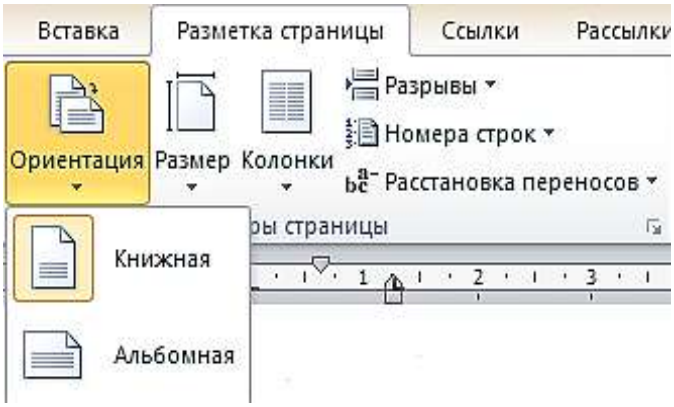
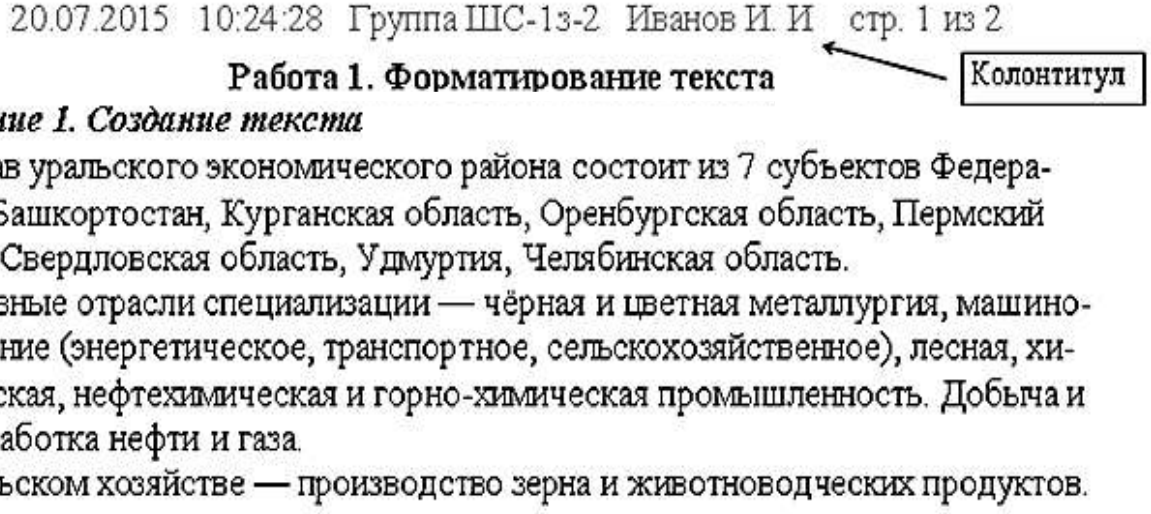


Рис. 89. Выбор ориентации страницы

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Для закрепления теоретического материала по курсу MS Word 2010 необходимо выполнить соответствующие лабораторные работы, которые приведены ниже.



Задание 3. Преобразование текста в таблицу

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации:

Башкортостан, Курганская область, Оренбургская область, Пермский край, Свердловская область, Удмуртия, Челябинская область.	Основные отрасли специализации — чёрная и цветная металлургия, машиностроение (энергетическое, транспортное, сельскохозяйственное), лесная, химическая, нефтехимическая и горно-химическая промышленность. Добыча и переработка нефти и газа.	В сельском хозяйстве — производство зерна и животноводческих продуктов.

Задание 4. Создание таблицы с изменением направления текста

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации:

Башкортостан	Курганская область	Оренбургская область	Пермский край	Свердловская область	Удмуртия	Челябинская область

Задание 5. Создание колонок с разделителем и буквицей.

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации: Башкортостан, Курганская область, Оренбургская область, Пермский край, Свердловская область, Удмуртия, Челябинская область.

Основные отрасли специализации — чёрная и цветная металлургия, машиностроение (энергетическое, транспортное, сельскохозяйственное), лесная, химическая, нефтехимическая и горно-химическая

Задание 6. Создание 3 колонок с маркированным списком

Состав уральского экономического района состоит из 7 субъектов Федерации:

- Башкортостан
- Курганская область
- Оренбургская область
- Пермский край
- Свердловская область
- Удмуртия
- Челябинская область

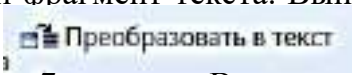
Задание 7. Создание колонтитула с номером страницы

Кроме того в название колонтитула вставить и дополнительный текст (например, свою Фамилию, № лаб. работы, дату, имя файла, № с. и т. д.)

Задание 8. Создание оглавления.

Задание 1. Создание текста.....1
Задание 2. Использование нумерованного списка.....1
Задание 3. Преобразование текста в таблицу.....1
Задание 4. Создание таблицы с изменением направления текста.....1
Задание 5. Создание колонок с разделителем и буквицей.....2
Задание 6. Создание 3 колонок с маркированным списком.....2
Задание 7. Создание колонтитула с номером страницы.....2
Задание 8. Создание оглавления.....2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. *Задание 1.* Набрать предложенный текст и расположить его на странице.
2. *Задание 2.* Главная – Список – Нумерованный.
3. *Задание 3.* Выделить нужный фрагмент текста. Выполнить команду Вставка – Таблица – Преобразовать таблицу – 

.
4. *Задание 4.* Создать таблицу из 7 колонок. Вставка – таблица. Задать в ячейках вертикальное направление текста – Работа с таблицей – Макет – Направление текста.
5. *Задание 5.* Разметка страницы – Колонки – число колонок, поставить разделитель колонок. Вставка – Буквица – указать параметры буквицы.
6. *Задание 6.* Создать три колонки – Разметка страницы – Колонки. Главная – Список — Маркированный.

7. *Задание 7.* Вставка – Нижний или верхний колонтитул (Поле даты, поле времени, текст в котором Группа и Фамилия И. О., № и количество страниц).

8. *Задание 8.* Выделить заголовком, Задание 1, … , Задание 7. Главная – Заголовок 2. Ссылки – Оглавление.

Работа 2. Вычисления в таблицах текстового редактора MS Word

При вводе формулы

Установить курсор в ячейку для ответа.

В меню выбрать Таблица / Формула.

Написать формулу или Вставить нужную функцию.

Основные функции

=SUM( ) – находит сумму величин в списке

=MAX( ) – находит наибольшее значение в списке

=MIN( ) – находит наименьшее значение в списке

=AVERAGE( ) – находит среднее значение в списке

Виды диапазонов

LEFT – слева от данного поля

RIGHT – справа от данного поля

ABOVE – над данным полем

A1 : C2 – блок: ячейки от A1 до C2

A1 ; C2 – две ячейки: A1 и C2

Задание 1. Создать таблицу Word, вычислить средний и суммарный балл успеваемости (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Фамилия	Оценки					Суммарный балл
	матем.	рус.	физ.	ист.	англ.	
Кирюшин	4	5	4	3	3	*[Формула=SUM(LEFT)]*
Бирюков	3	4	3	4	3	*?*
Волкова	5	5	5	5	5	*?*
Глазырина	4	4	5	4	4	*?*
Дроздова	4	5	3	5	3	*?*
Средний балл	?	?	?	?	?	*?*

[Формула= AVERAGE *(ABOVE)]*

Задание 2. Создать таблицу в MS Word, и произвести в ней вычисления по позиции всего и общую сумму (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Рейтинг стран – поставщиков упаковки						
наименование товара	Общий объем	лидеры – экспортеры ($ млн)				другие ($ млн)
		Финляндия	Германия	Тур-ция	Китай	
Пленка из полиэтилена	3,274	0,753	0,589	–	–	1,932
Пленка из полиме-ров винилхлорида	5,334	–	0,960	1,547		2,827
Мешки текстильные	7,421	–	1,261	1,558	2,004	2,598
Тара из бумаги	49,323	13,813	9,371	2,446		23,693
Фольга алюминиевая	9,229	1,209	1,674	–	–	6,419
Тара из древесины	0,360	0,108	0,040			0,212
ВСЕГО:	***74,941***	***15,13***	***13,895***	***5,551***	***2,004***	***37,681***
Общая сумма:	***Здесь при вычислении: должно получиться число 149,202***					

[Формула= SUM *(B10:G10)]*

Задание 3. Создать таблицу MS Word, вычислить максимальное и минимальное количество осадков (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Количество осадков, мм				
	2014	2015	2016	максимальное
Итого				
Декабрь	25	17	28	
Январь	40	50	38	
Февраль	55	45	12	

минимальное				

Задание 4. Создать таблицу MS Word, вычислить итоговые оценки и средний балл

Успеваемость студентов факультета ИЭ									
Группа	Учебная дисциплина	Сведения об успеваемости студентов 1 семестр							
		Количество оценок						Всего оценок	Средний балл
		Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	Неявка			
УП-14-1	Графика	11	6	3	6	2		28	5,6
	Информатика	13	9	4	3	0		29	5,8
	Математика	10	11	1	2	2		26	5,2
	Физика	9	7	5	5	1		27	5,4
Итого		43	33	13	16	5		110	22
УП-14-2	Графика	8	11	2	3	4			
	Информатика	14	8	3	2	1			
	Математика	12	10	1	0	3		*ВЫЧИСЛЯЕМ*	
	Физика	10	9	2	1	2			
Итого		44	38	*ВЫЧИСЛЯЕМ*					

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА ПО КУРСУ ИНФОРМАТИКА. ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 1

1. Что такое Интерфейс?
2. Что такое лента в MS Word?
3. Как запустить текстовый редактор MS Word?
4. Какие клавиши есть у «Мыши». Их назначение?
5. Где находится строка панели задач? Что на ней располагается?
6. Какие основные инструменты расположены на ленте? Перечислить их.
7. Что такое рабочая область документа?
8. Как осуществить настройку ленты инструментов?
9. Как скрыть ленту с инструментами? Как ее обратно вернуть на экран?
10. Что такое Вкладка «Файл». Какие элементы в нее входят?
11. Как пользоваться вкладками «Сохранить», «Сохранить как», «Открыть», «Закрыть», «Последние», «Создать»? Их назначение?
12. Как вызвать последний созданный ранее текстовый документ?
13. Как создать новый «чистый» лист документа?
14. Как вызвать Справку при настройке MS Word?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 2

1. Как открыть Файл? Как его загрузить на текстовую страницу?
2. Что такое «Двойной щелчок» (Клик) «Мышью»? Как эта операция выполняется?
3. Что такое «Проводник»? Как его вызывать? Какими клавишами?
4. Какие типы расширений файлов известны вам?
5. Какое расширение имеет Word–овский документ?
6. Чем (каким символом) отделяется расширение от самого имени файла?
7. Что такое «Режим ограниченной функциональности»?
8. В чем разница между пакетами Word 2010, Word 2003, Word 2002 или Word 2000. Совместимость текстовых документов, созданных в этих пакетах.
9. Что такое «Шаблон» для создания документа?
10. Как сохранить созданный шаблон?
11. Какое расширение для файла с именем «Шаблон»?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 3

1. Что такое ярлык документа? Где его можно найти?
2. Какие ярлыки имеются для просмотра документа? Где они находятся? В чем их отличие?
3. Какой режим просмотра документа используется более часто?
4. Что такое «Веб-документ»?
5. Какими способами можно поменять масштаб изображения текстового документа на экране?
6. Каким образом можно отменить последнее выполненное действие при работе с документом?
7. Где находится кнопка **Отменить** последнее действие? Как она выглядит?
8. Как можно вернуть отмененные действия? Какая кнопка отражает это действие?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 4

1. Как выглядит текстовый курсор на экране монитора?
2. С какого места на листе можно вводить текст?
3. Каким образом осуществляется переход на следующую строку при наборе текста?
4. Что такое «Абзац»? Как он фиксируется?
5. Непечатаемый знак? Как он выглядит?

6. Что означает буква **π** во вкладке «Абзац» ленты инструментов? Для чего она используется?

7. Какая клавиша на клавиатуре соответствует пробелу в тексте? Сколько пробелов допускается устанавливать между словами?

8. Какая клавиша позволяет набирать большую, т. е. «Заглавную» букву?

9. Что означает комбинация клавиш: «Ctrl + Shift + Пробел»?

10. При наборе текста, при переходе на следующую строку, необходимо ли для переноса использовать клавишу дефис (-)?

11. Что такое «Абзацный отступ»?

12. Что такое «Красная строка»? Как и чем она формируется?

13. Допустимо ли при наборе текста устанавливать пробел перед очередными символами «,», «.», !, ?, (, [, { ?

14. Какое отличие между символами - – — ? Как их набрать? Какое сочетание клавиш при этом используется?

15. Какими способами можно удалить неправильно набранный символ?

16. Как и где набрать на клавиатуре дополнительные математические символы?

17. Как и где набрать на клавиатуре буквы греческого алфавита?

18. Как и где набрать на клавиатуре буквы Символы-Картинки?

19. Как вставить дату в документ?

20. Можно ли в документе дату обновлять автоматически на текущую, каждый раз при открытии документа? Как это сделать?

21. Что такое «Титульный лист»? Как его вставить в текст документа?

22. Что такое «Поля документа». Как их настроить на заданный размер?

23. Как сделать Автоматическое оглавление документа?

24. Как настроить параметры оглавления?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 5

1. Какими основными языками можно набрать текст документа?

2. Как установить нужный язык при наборе документа?

3. Как проверить правописание набранного текста?

4. Какое действие будет выполнено при нажатии клавиши F7?

5. Как организовать автоматическую расстановку переносов?

6. Как расположить документ по ширине текстового поля?
7. Каким образом ПК при наборе текста укажет на обнаруженные ошибки?
8. Каким образом ПК при наборе текста укажет на стилистические ошибки?
9. Как можно воспользоваться командой «Добавить в словарь» слова, отсутствующие в машинном словаре?
10. Как осуществить поиск нужных слов в тексте документа?
11. Как заменить найденный текст на новый (нужный) однократно и по всему документу?
12. Что такое «Словарь синонимов», как им воспользоваться?
13. Что такое «Фрагмент документа»? Как его выделить?
14. Как копировать фрагменты документа? Как их перемещать? В случае необходимости – удалять?
15. Какие методы существуют для быстрого копирования слова, фрагмента документа?
16. Что такое «Буфер обмена» – специальная область памяти компьютера?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 6

1. Какие имеются Инструменты для установки основных параметров шрифта?
2. Чем визуально отличается Шрифт типа Times New Roman от Arial, Calibri? В чем их принципиальное отличие?
3. Что такое Стили документа?
4. Что такое размер шрифта документа?
5. Что такое «Пункт» (пт)? Чему он равен в мм?
6. Указать стандартные размеры крупности шрифта.
7. Как установить крупность шрифта в 1 пт, в 999 пт?
8. Как установить желаемый цвет шрифта?
9. Как установить полужирное начертание символов, курсив, подчеркнутый шрифт?
10. Как поменять регистр текста?
11. Описать изменение в тексте при нажатии комбинации клавиш Sift+F3.
12. Как изменить начертание символа на надстрочные и подстрочные знаки?
13. Как организовать текст в «Зачеркнутом виде»?

14. Какую функцию будут выполнять действие: Шрифт / Дополнительно / Интервал / Разряженный (Уплотненный)?

15. Возможно ли начертание текста документа сделать невидимым? Как?

16. Как Изменить ширину символов шрифта?

17. Можно ли сместить текст документа кверху, книзу на 3 пт, например? Как это сделать?

18. Что значит «Анимация» текста? Как она осуществляется? Какие эффекты при этом получаются?

19. Как удалить «Анимацию» у выделенного текста?

20. Что такое «Буквица»? Как она устанавливается?

21. Как выбрать тип шрифта у Буквицы?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 7

1. Что такое «Абзац?»
2. Каким (невидимым) символом заканчивается абзац?
3. Какой клавишей следует выделить непечатываемые символы?
4. Как сделать пустую строку в тексте?
5. Что такое вертикальная и горизонтальная полоса прокрутки?
6. Как установить отступ всего абзаца?
7. Как установить отступ только первой строки абзаца (или всех строк, кроме первой)?
8. Указать, как можно использовать «бегунки» (уголки) на горизонтальной линейке для установки отступов.
9. Как влияет клавиша Alt на точность установки отступов?
10. Как при помощи клавиши Alt выделить вертикально расположенный фрагмент текста?
11. Как при помощи клавиши Ctrl выделить несколько произвольно расположенных фрагментов текста?
12. Что такое межстрочный интервал?
13. Как установить в тексте межстрочный интервал 1,0, 1,5, 2,0? Что означают эти цифры?
14. Как закрасить (залить) абзац цветом?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 8

1. Как сделать нумерованный список?
2. Как сделать многоуровневый список?
3. Как сделать маркированный список?
4. Что такое «Функция динамического просмотра» нумерованного, маркированного списка?
5. Как изменить формат номеров в нумерованном списке?

6. Как начать нумерацию списка с произвольного номера?

7. Как и где выбрать нужный вид (нестандартный) маркера, например, ☎, ✂, ➔, ☺, ©, ▶, ⇉?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 9

1. Указать, где на ленте инструментов находится вкладка «Стили».

2. Как определить тип стиля, которым набран данный фрагмент документа?

3. Как создать свой стиль при наборе текста документа?

4. Какие типы стилей при наборе текста Вам известны? Перечислить.

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 10

1. Какой текст может находиться в ячейке таблицы?

2. Какая вкладка используется для создания таблицы?

3. Перечислить методы создания таблиц.

4. Каким образом можно нарисовать таблицу произвольного размера?

5. Что такое «Экспресс-таблица»? Как она создается?

6. Как добавить над таблицей текст Тематического заголовка, например, Таблица 1. Данные для построения . . .?

7. Как в таблице удалить ячейку?

8. Как в таблице удалить строку?

9. Как в таблице объединить ячейки?

10. Как таблицу разбить на 2 таблицы (для переноса таблицы на другую страницу и изображения над ней шапки таблицы с указанием ссылки – продолжение табл.)?

11. Как преобразовать текст в таблицу?

12. Как преобразовать таблицу в текст?

13. Как подобрать нужный размер ширины столбцов?

14. Как можно добавить новую строку в таблице?

15. Как в таблице добавить одновременно несколько столбцов (строк)?

16. Как вручную изменить границы ячеек?

17. Как минимизировать ширину столбцов по содержимому ячейки?

18. Как выровнять высоту строк в таблице?

19. Что такое «Двунаправленная стрелка»?

20. Сколько ячеек одновременно можно объединить? И как это сделать?

21. Как отсортировать значение в столбце таблицы (по возрастанию, по убыванию)?

22. Можно ли выполнить вычисления в таблице в MS Word?

23. После вычислений в MS Word после набора новых чисел в ячейки в таблице, какой клавишей осуществить пересчет в таблице?

24. Как изменить в ячейке таблицы Формат числа (*числовой с разделителем разрядов, денежный*, *процентный*)?

25. Что такое «Диапазоны» при вычислениях в таблице. Их виды?

26. Как повторить строку заголовка таблицы на следующей странице?

27. Как изменить направление текста в таблице?

28. Как изменить толщину контурных линий в таблице?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 11

1. Какая вкладка панели инструментов используется для вставки рисунков?

2. Какие фигуры используются для изображения линии, квадрата, круга?

3. Как провести линию горизонтально или под углом 90º?

4. Как из прямоугольника изобразить квадрат?

5. Как из эллипса изобразить круг?

6. Для чего используется функция «Обтекания»?

7. Как сделать рисунок независимым (возможным для перемещения по плоскости страницы) от фиксированного положения?

8. Что такое «Маркер поворота рисунка»?

9. Как изменить толщину контурной линии в рисунке? Ее цвет?

10. Как залить фигуру нужным цветом?

11. Как поменять резкость изображения? Его контрастность?

12. Что такое «Группировка рисованных фигур»?

13. Как фигуры разгруппировать?

14. Выноски. Их форма, очертание.

15. Как вставить текст в выноску?

16. Перечислить Способы перемещения рисованных фигур.

17. Как перемещать фигуры (графические примитивы) на задний план, на передний план?

18. Как сделать очертание текста вокруг фигуры (рисунка)?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 12

1. Для чего используются Рассылки?
2. Для чего применяется «Функция слияния»?
3. Что такое «Основной документ»?

4. Что такое «Поля слияния»?
5. Как создать источник данных?
6. Как осуществляется операция слияния?
7. Как просмотреть полученные результаты слияния?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 13

1. Что такое «Колонтитул»? Где он расположен?
2. Что можно поместить в колонтитул?
3. Как можно выделить колонтитул? Как снять с него выделение?
4. Как отредактировать текст в колонтитуле?
5. Как вставить номер страницы в колонтитул?

Вопросы для самопроверки изученного материала по Теме 14

1. Что такое «Книжная ориентация страницы»?
2. Что такое «Альбомная ориентация страницы»?
3. Как поменять «размер полей» на странице?
4. Как организовать «разрывы» в тексте документа?
5. Как начать новую Главу или Раздел в тексте документа с новой страницы?
6. Как распечатать на одном листе 2 страницы текста?
7. Перед печатью текста следует проверить схему расположения текста на странице. Для этого текст перед печатью надо просмотреть. Как это сделать?
8. Каким образом можно переместиться в последнюю точку просмотра документа?
9. Объяснить действие клавиш «Shift+F5». Для чего оно применяется?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. *Макарова Н. В.* Информатика: учебник для вузов. Стандарт 3-го поколения. СПб.: Питер, 2013. 576 с.
2. *Симонович С. В.* Информатика. Базовый курс: учебник для вузов. 3-е изд. Стандарт 3-го поколения. СПб.: Питер, 2013. 640 с.: ил.
3. *Некрасов В. П.* Системы счисления. Представление чисел в компьютере: учебное пособие по дисциплине «Информатика» для студентов специальности 230102 – «Автоматизированные системы обработки информации и управления» (АСУ) направления 230100 – «Информатика и вычислительная техника». 3-е изд., испр. доп. / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 34 с.

4. *Информатика.* Часть 1: метод. указания к лаб. работам по дисциплине «Информатика» для студентов технологических специальностей / *В. В. Тимухина, А. В. Дружинин, Т. Г. Завражина, Р. А. Мезенцева, Т. А. Самакаева, С. М. Колмогорова.* Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 116 с.

Дополнительная литература:

1. *Куртер Дж., Маркви А*. Microsoft Office 2000: учебный курс. СПб.: Питер, 2002. 640 с.: ил.

2. *Вашкевич Э. В.* Видеосамоучитель. PowerPoint 2007. Эффективные презентации на компьютере (+CD). СПб.: Питер, 2008. 240 с.: ил.

3. *Левин А. Ш.* Word и Excel. Самоучитель Левина в цвете. 2-е изд. СПб.: Питер, 2012. 224 с.: ил.

4. *Создание оглавления*. [Электронный ресурс]: URL: https://www.youtube.com/watch?v=gHolH7K0s2E (дата обращения 17.01.2017)

Учебное издание

Валентин Александрович Боровков
Светлана Михайловна Колмогорова

ИНФОРМАТИКА.
ТЕКСТОВЫЙ РЕДАКТОР WORD

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Информатика» для студентов
всех технологических специальностей
направления подготовки
21.05.04 – «Горное дело» *очного и заочного обучения*

Редактор *В. В. Баклаева*
Компьютерная верстка *В. А. Боровкова*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 х 84 1/16. Гарнитура Times New Roman
Печать на ризографе. Печ. л. 5,3. Уч.-изд. л. 4,92. Тираж 60. 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 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**.

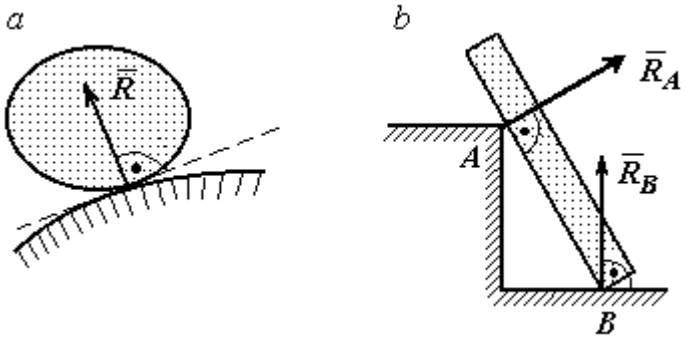


Рис. 1.1. Реакция опоры:

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.

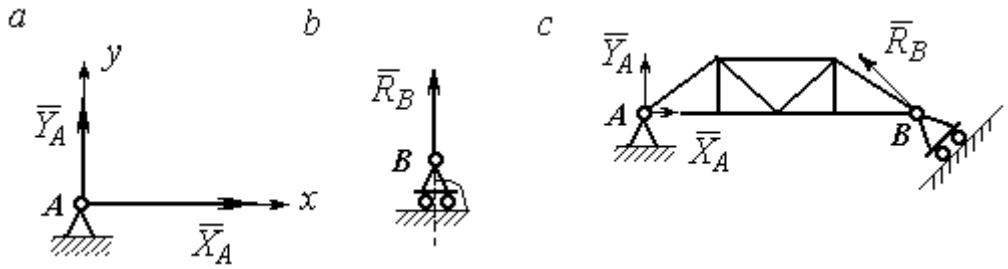


Рис. 1.2. Реакции шарнирных опор:
a – цилиндрический шарнир; *b* – каток; *c* – мостовая конструкция с цилиндрической шарнирной опорой и опорой на каток

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.

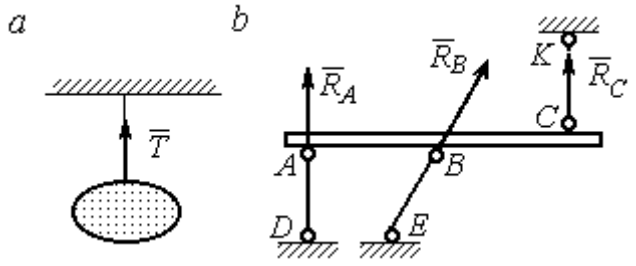


Рис. 1.3. Реакция гибкой нити и невесомого стержня

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: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

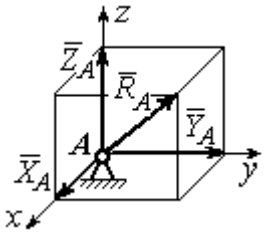


Рис. 1.4. Реакция сферического шарнира

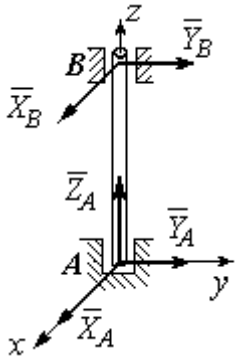


Рис. 1.5. Реакции подшипника и подпятника

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*: $F_x = F\cos\alpha$, $Q_x = Q\cos\alpha_1 = -Q\cos\varphi$, $P_x = P\cos 90^\circ = 0$.

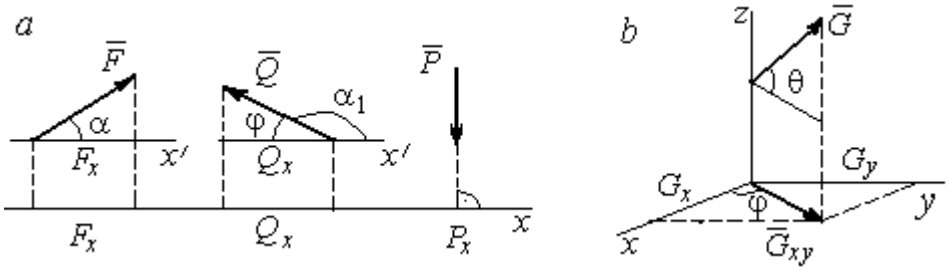


Рис. 1.6. Проекция силы на ось и на плоскость:
a – проекция силы на ось; *b* – проекция силы на плоскость

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 θ – 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.

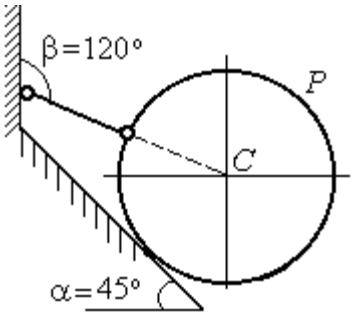


Рис. 1.7. Равновесие шара

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:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0.$$

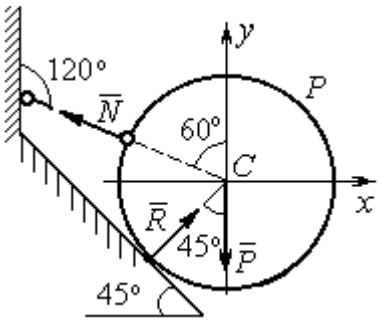


Рис. 1.8. Силы, действующие на каток, при его равновесии

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*.

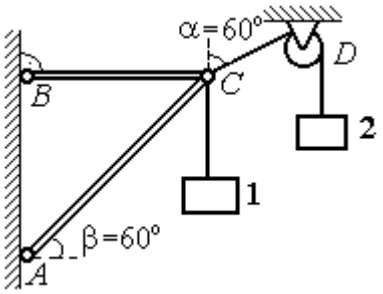


Рис. 1.9. Равновесие кронштейна

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:

$$N_1 + N_2\cos 60^\circ - T_2\cos 30^\circ = 0;$$

$$N_2\cos 30^\circ + T_1 - T_2\cos 60^\circ = 0.$$

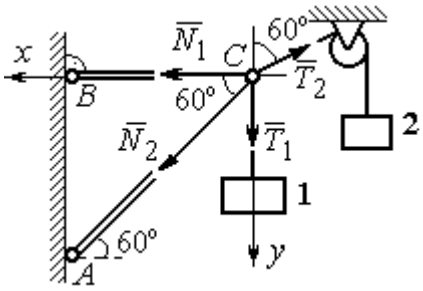


Рис. 1.10. Силы, действующие на узел *C* при его равновесии

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.

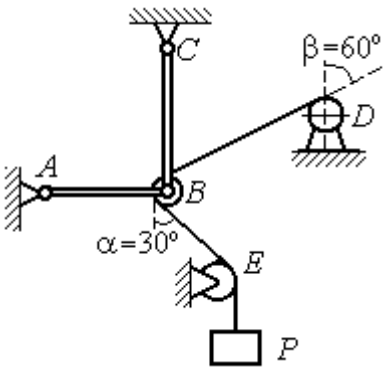


Рис. 1.11. Равновесие стержневой конструкции

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).

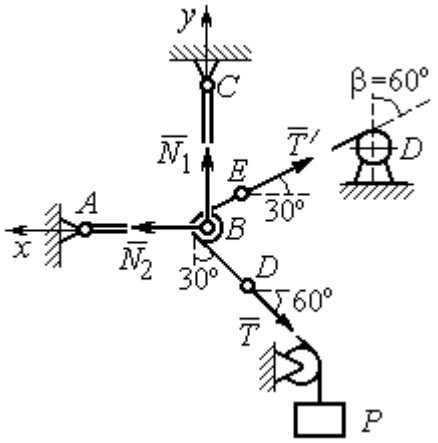


Рис. 1.12. Силы, действующие на блок *B*, при его равновесии

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.

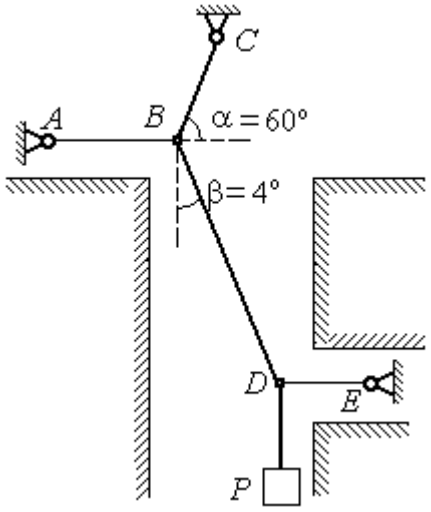


Рис. 1.13. Схема отвеса

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.

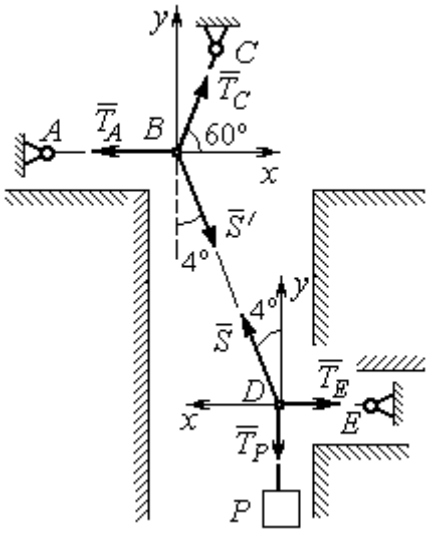


Рис.1.14. Силы, действующие в узлах *B* и *D* при равновесии отвеса

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 *АК* 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.

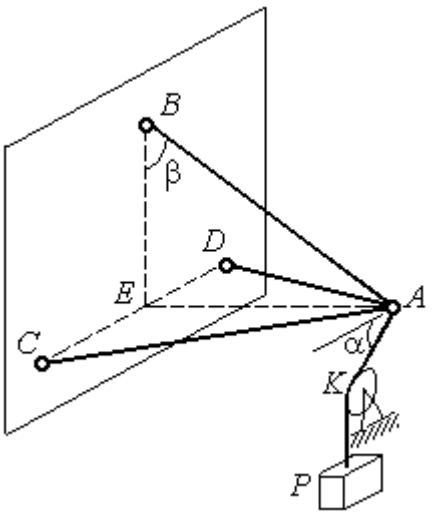


Рис. 1.15. Конструкция пространственного кронштейна

Решение

Рассмотрим равновесие узла *А*. 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 *АК* 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 *А* действует пространственная сходящаяся система сил.

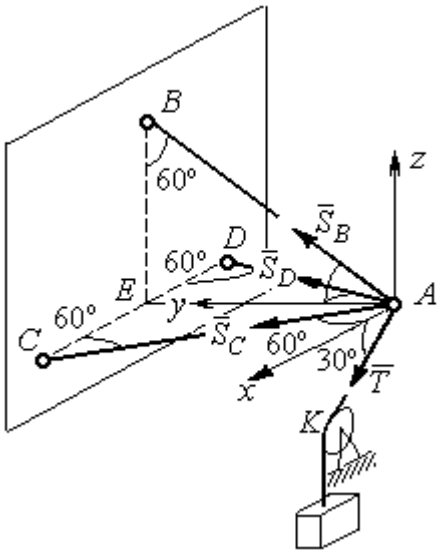


Рис. 1.16. Силы, действующие на узел *А*, при его равновесии

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.

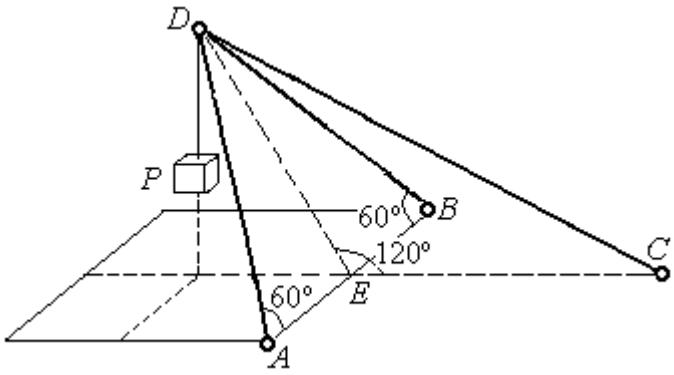


Рис. 1.17. Конструкция подъёмного устройства

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.

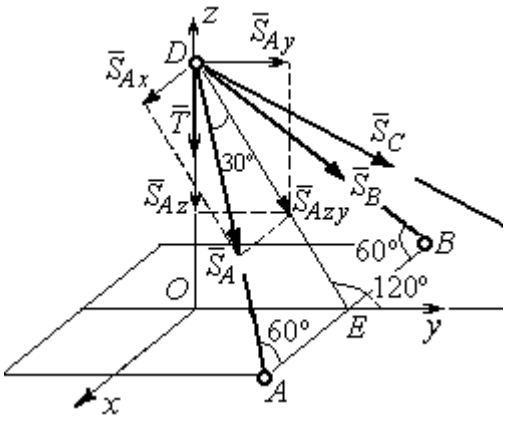


Рис. 1.18. Силы, действующие на узел D, при его равновесии

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.

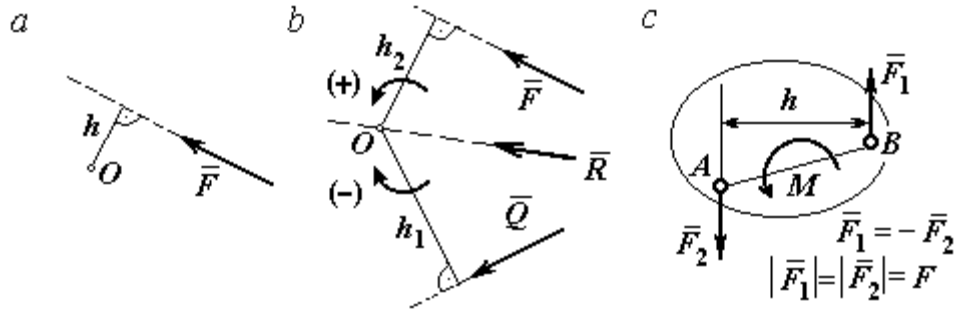


Рис. 1.19. Схемы к вычислению момента силы:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил

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*).

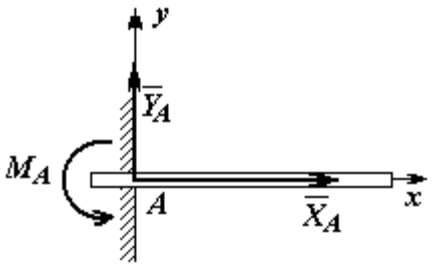


Рис. 1.20. Реакция жесткой заделки

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*: $M_O(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_1) + M_O(\vec{F}_2) = F_1 h_1 + F_2 h_2$.

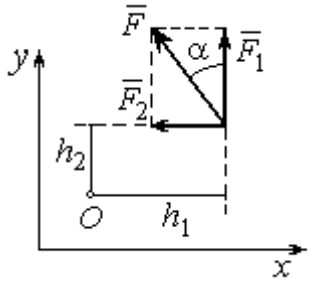


Рис.1.21. Применение теоремы Вариньона

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-

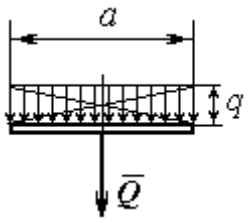


Рис. 1.22. Нагрузка, равномерно распределённая по прямой

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 $BC = 0{,}25BA$.

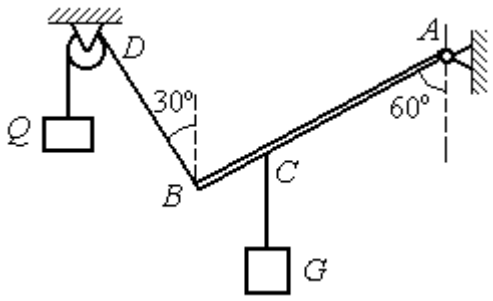


Рис. 1.23. Равновесие балки

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.

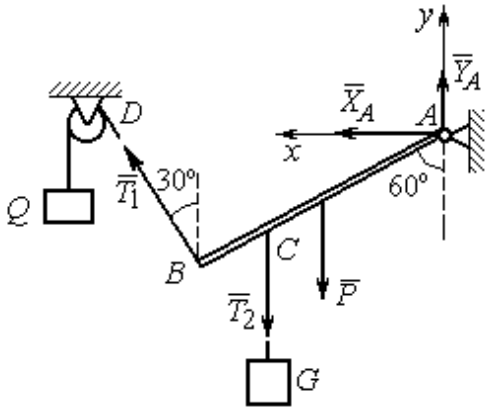


Рис. 1.24. Внешние силы и реакции связей при равновесии балки

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*.

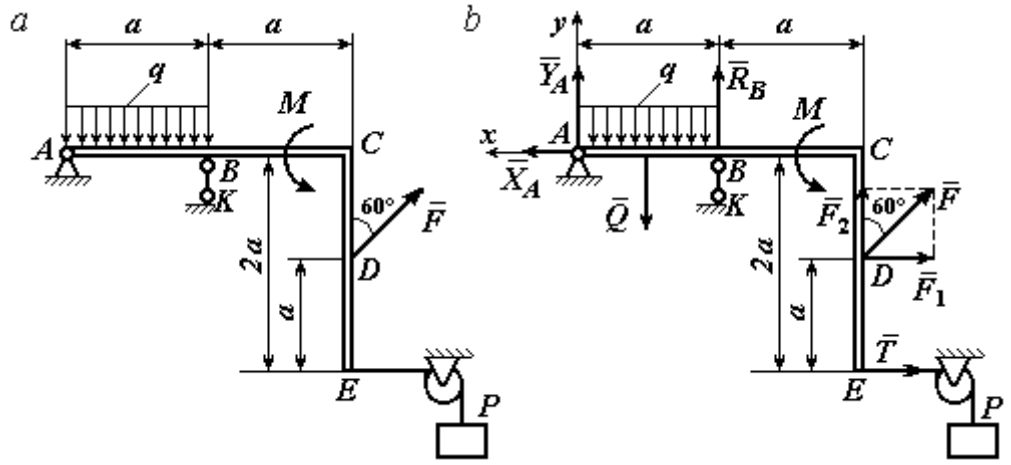


Рис. 1.25. Равновесие рамы:
a – конструкция и нагрузка рамы; *b* – внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

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

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q \cdot 0{,}5a + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0. \quad (1.2)$$

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.

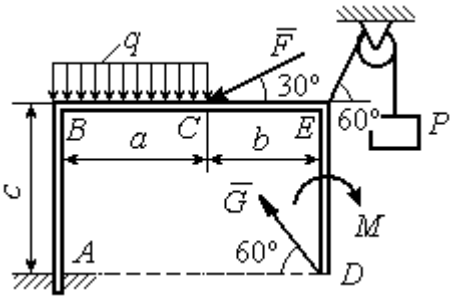


Рис. 1.26. Конструкция рамы

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.

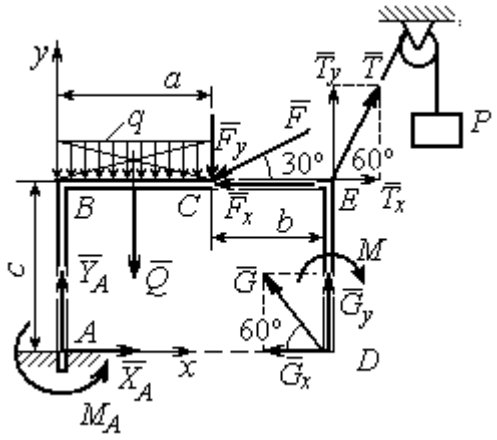


Рис. 1.27. Внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

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:

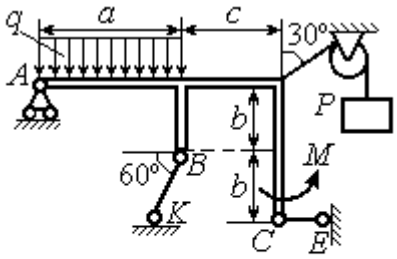
$$\sum M_A(\vec{F}_k) = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a - T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b) +$$

$$+ G\cos 30^\circ \cdot (a+b) - Q\frac{a}{2} - M + M_A = 0. \qquad (1.5)$$

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.

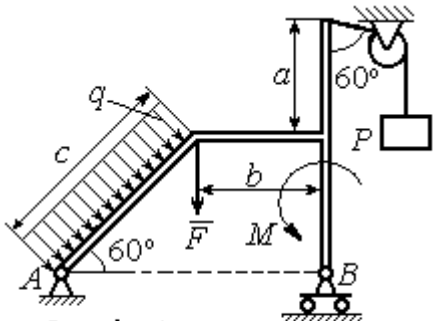
Упражнения

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

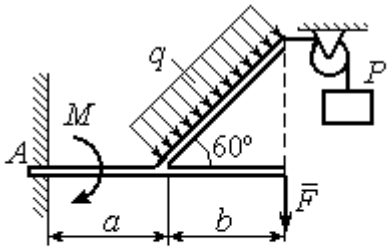
Упражнение 1.2



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

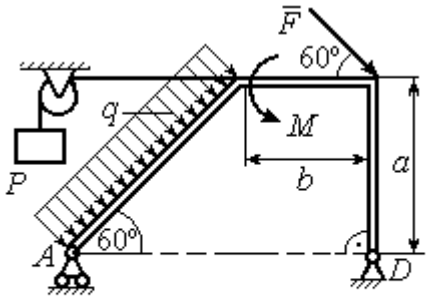
Рис. 1.28. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.1, 1.2

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.

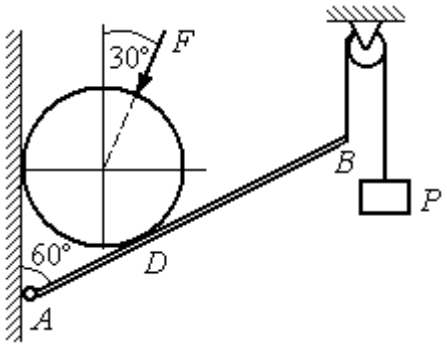


Рис. 1.30. Равновесие составной конструкции

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:

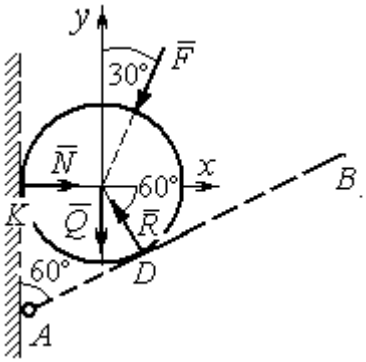


Рис. 1.31. Внешние силы и реакции связей при равновесии диска

$$\sum F_{kx} = -F\cos 60^\circ - R\cos 60^\circ + N = 0; \quad (1.6)$$

$$\sum F_{ky} = -F\cos 30^\circ + R\cos 30^\circ - Q = 0. \quad (1.7)$$

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: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

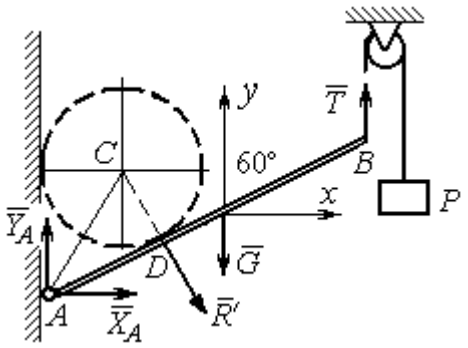


Рис. 1.32. Силы, действующие на балку, при равновесии

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 $\vec{R}'$.

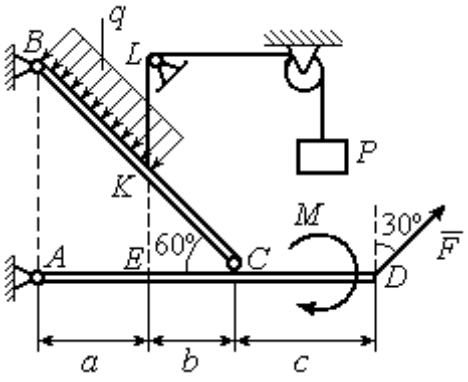


Рис.1.33. Равновесие кронштейна как сочленённой конструкции

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).

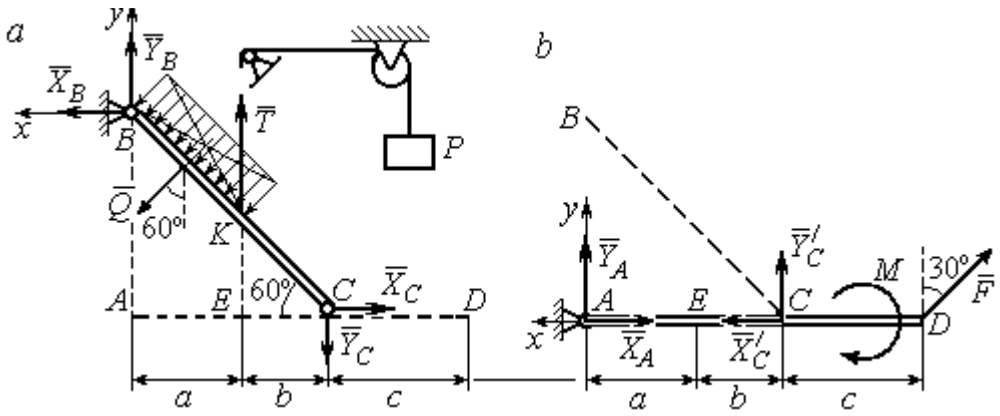


Рис. 1.34. Равновесие элементов конструкции кронштейна:
a - силы, действующие на балку *BC*; *b* - силы, действующие на балку *AD*

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.

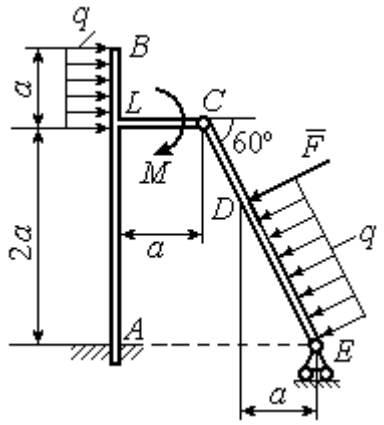


Рис. 1.35. Равновесие сочленённой конструкции

Решение

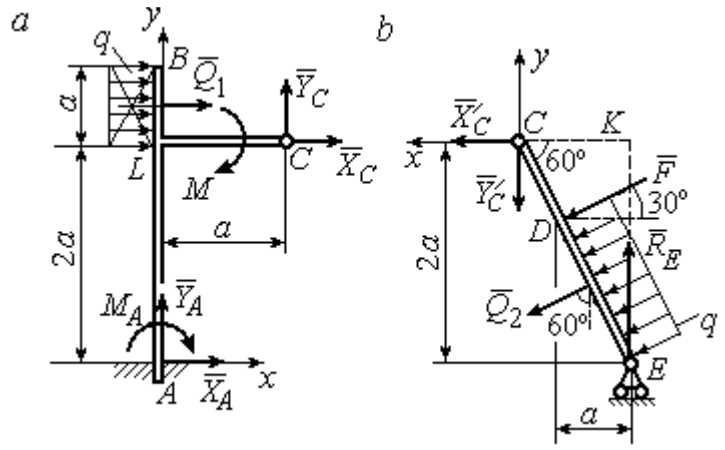


Рис. 1.36. Равновесие элементов конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку AB;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

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_{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:

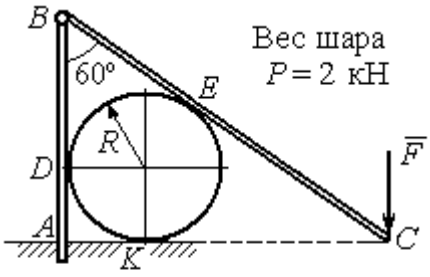
$$X_A = 11{,}59 \text{ кН}; \quad Y_A = -2{,}76 \text{ кН}; \quad M_A = 42{,}87 \text{ кН·м};$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН}; \quad Y_C = 2{,}76 \text{ кН}; \quad R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

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.

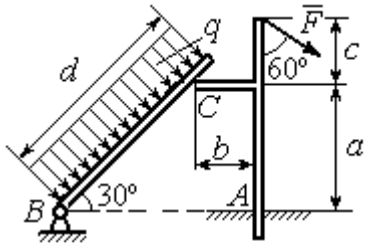
Упражнения

Упражнение 1.5



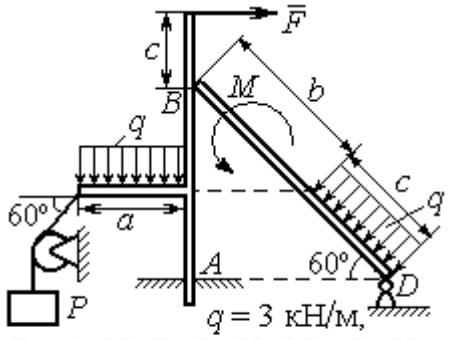
$R = 1$ м, $F = 8$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B, реакцию опоры шара в точках D, K, E

Упражнение 1.6



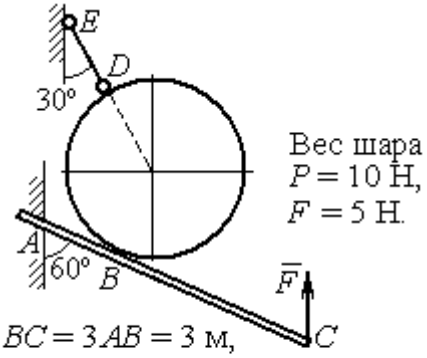
$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 1$ м, $d = 5$ м,
$q = 3$ кН/м, $F = 4$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

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:

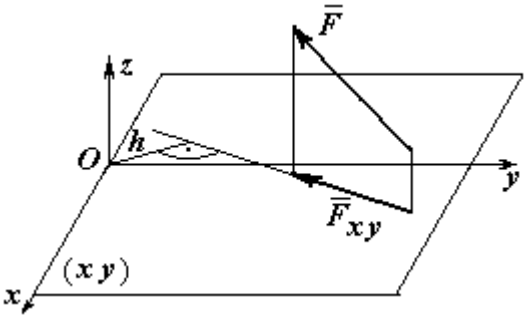


Рис. 1.38. Момент силы относительно оси

$$M_z(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_{xy}) = F_{xy}h,$$

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.

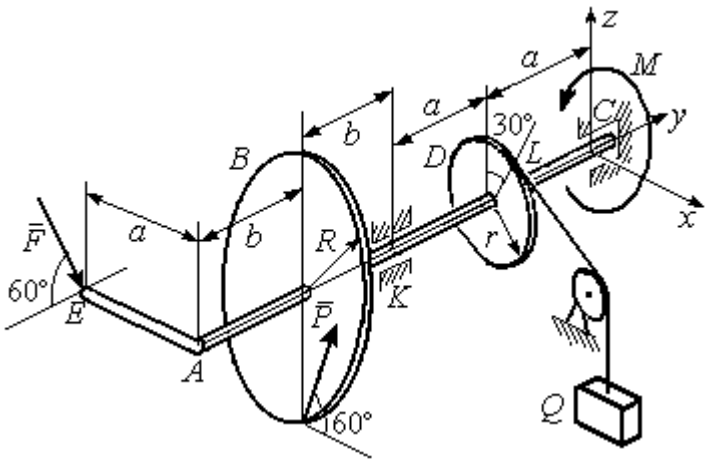


Рис. 1 39. Равновесие вала

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

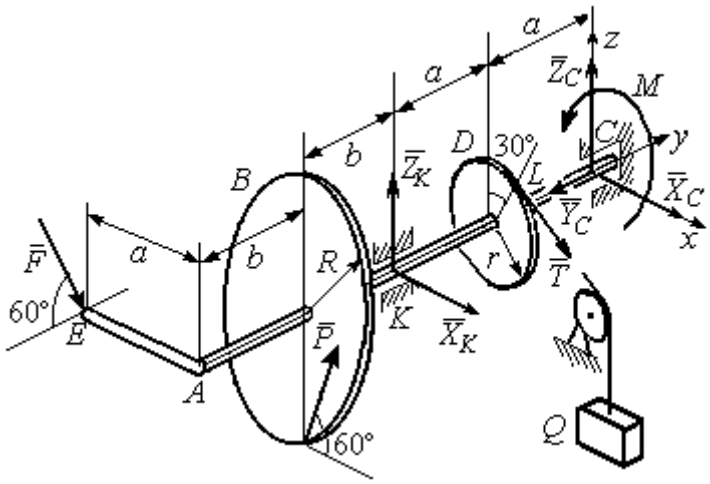


Рис. 1.40. Активные силы и реакции связей, действующие на вал, при его равновесии

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).

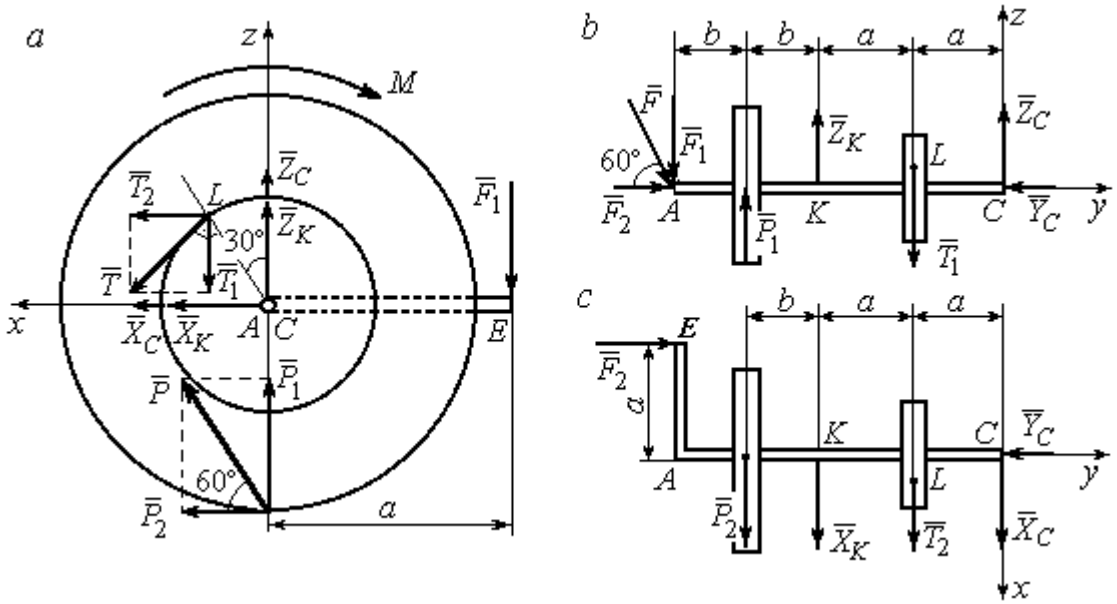


Рис. 1.41. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *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*.

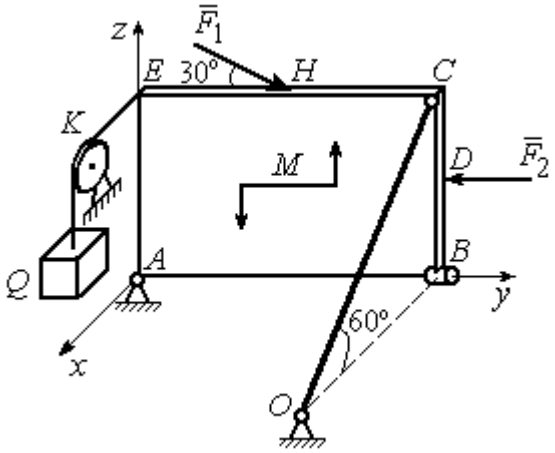


Рис. 1.42. Равновесие плиты

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.

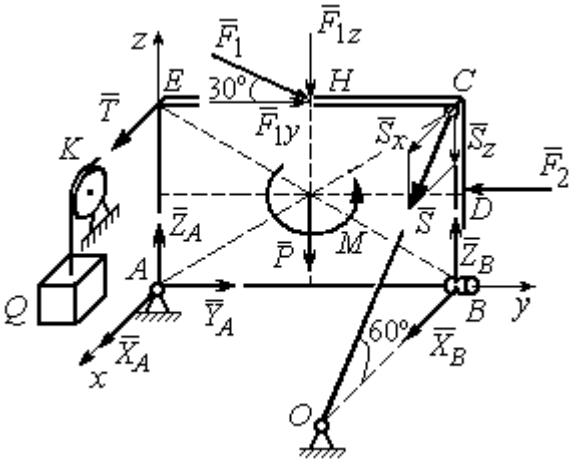


Рис. 1.43. Силы, действующие на плиту, при её равновесии

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.

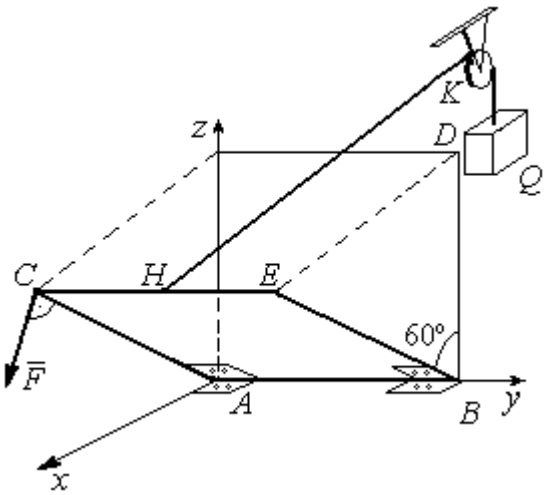


Рис. 1.44. Равновесие фрамуги

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.

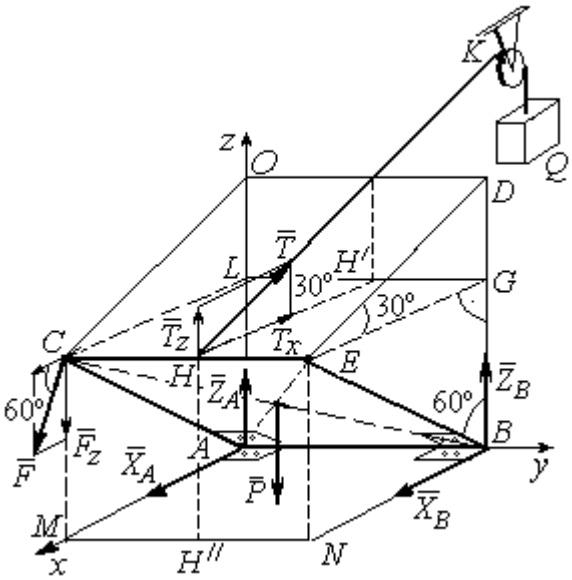


Рис. 1.45. Активные силы и реакции при равновесии фрамуги

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*).

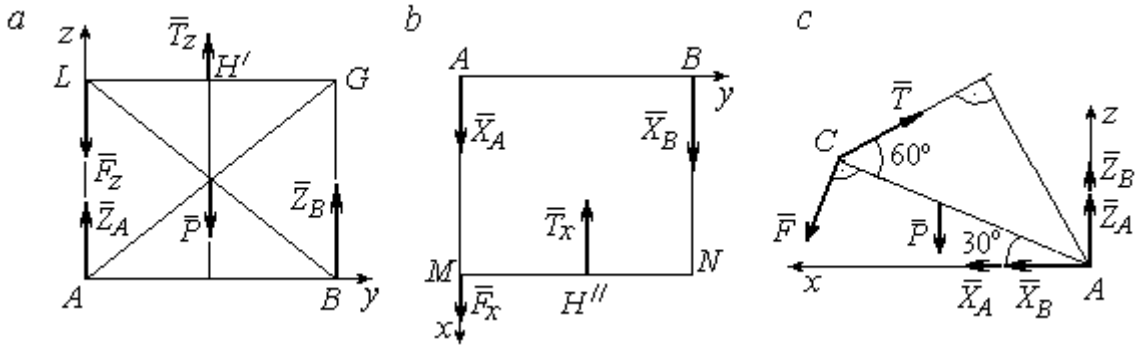


Рис. 1.46. Фрамуга и действующие на неё силы в проекциях на координатные плоскости:
a – проекция на плоскость *zAy* со стороны положительного направления оси *x*; *b* – проекция на плоскость *xAy* со стороны положительного направления оси *z*; *c* – проекция на плоскость *zAx* со стороны положительного 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*.

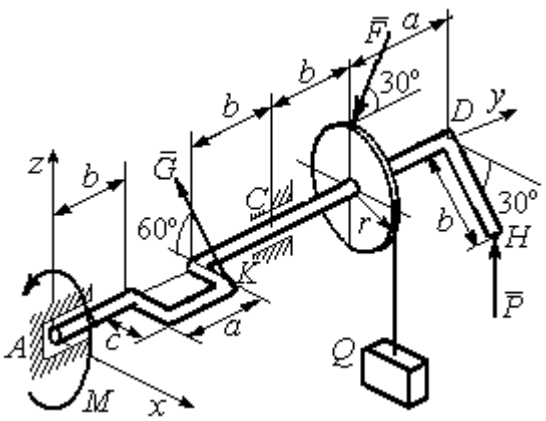


Рис. 1.47. Равновесие вала

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*.

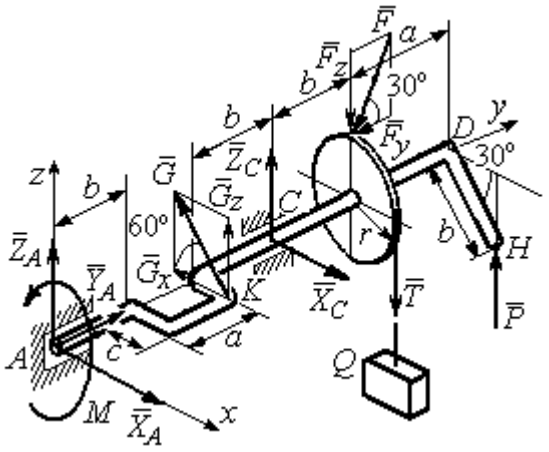


Рис. 1.48. Силы и реакции, действующие на вал при равновесии

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:

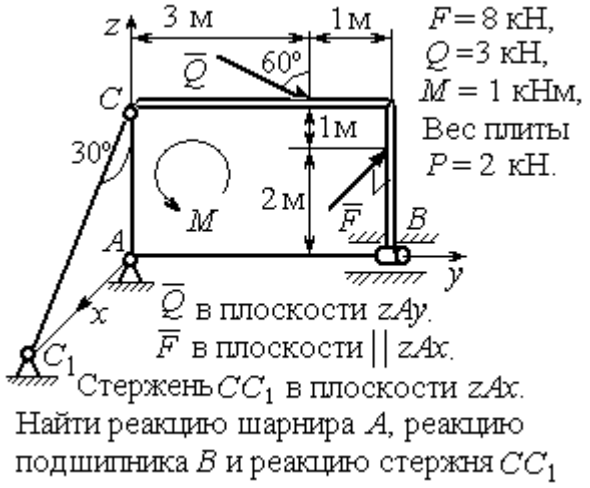
$$X_C = 2{,}25 \text{ кН}; \; Z_C = 13{,}57 \text{ кН}; \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Z_C^2} = 15{,}58 \text{ кН};$$

$$Z_A = 0{,}39 \text{ кН}; \; Y_A = 10{,}39 \text{ кН}; \; X_A = 0{,}75 \text{ кН}; \; R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 10{,}42 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза равен реакции нити $Q = T = 25{,}03$ кН.

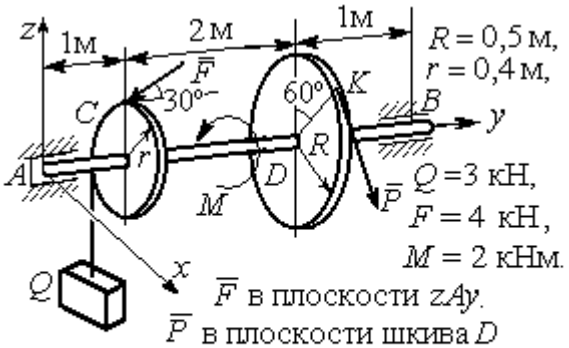
Упражнения

Упражнение 1.9



Найти реакцию шарнира A, реакцию подшипника B и реакцию стержня CC_1

Упражнение 1.10



и направлена по касательной в точке K.
Найти реакцию подпятника A, подшипника B и уравновешивающую силу P

Упражнение 1.11

Упражнение 1.12

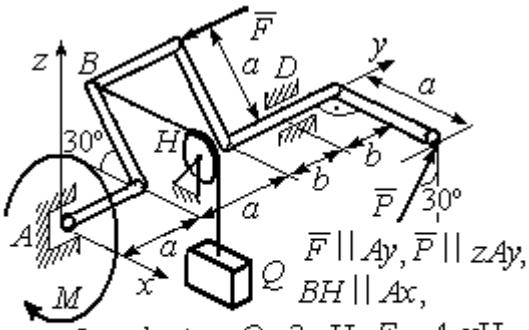


Рис. 1.49. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.9 – 1.12

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).

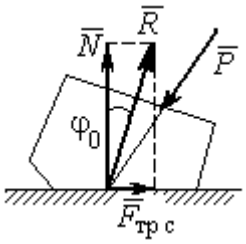


Рис. 1.50. Реакция опоры с трением скольжения

Наибольший угол φ_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,

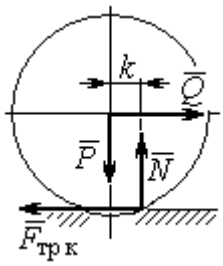


Рис. 1.51. Реакция опоры с трением качения

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 $f = 0{,}4$.

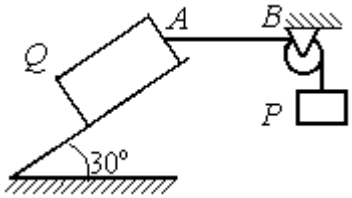


Рис.1.52. Равновесие груза на наклонной плоскости с трением

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*).

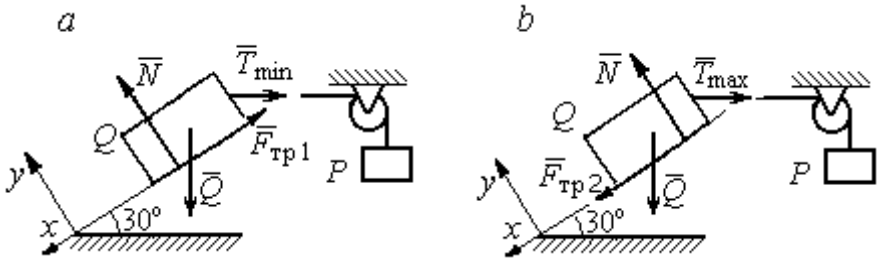


Рис. 1.53. Силы, действующие на груз при равновесии:
a – минимальный вес уравновешивающего груза;
b – максимальный вес уравновешивающего груза

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.

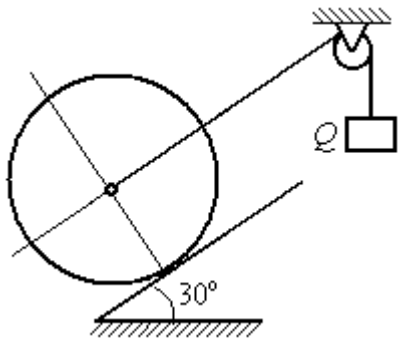


Рис. 1.54. Равновесие катка

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*).

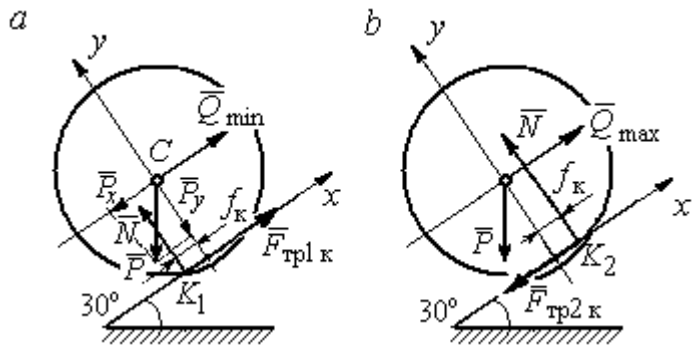


Рис. 1.55. Силы, действующие на каток, при равновесии:
a – минимальный вес груза; *b* – максимальный вес груза

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:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\min} + F_{\text{тр1к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_1}(\vec{F}_k) = P\cos 60^\circ \cdot r - Q_{\min} r - P\cos 30^\circ \cdot f_к = 0.$$

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.

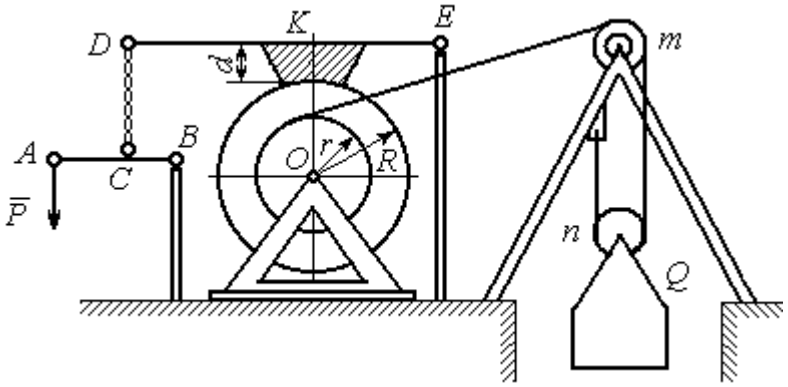


Рис. 1.56. Ворот с колодочным тормозом

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.

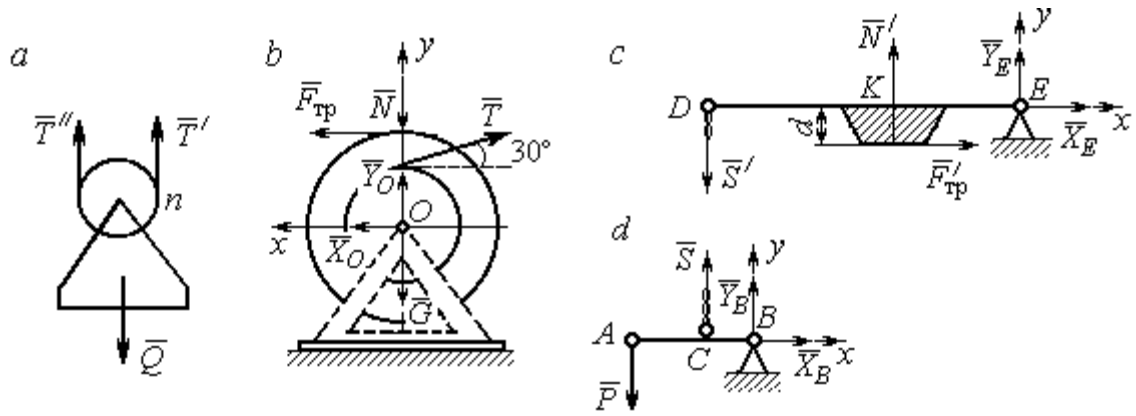


Рис. 1.57. Равновесие элементов конструкции ворота:
a – равновесие груза; *b* – силы, действующие на барабан; *c* – силы, действующие на тормозной рычаг *DE*; *d* – силы, действующие на рычаг *AB*

Рассмотрим равновесие барабана. На барабан действуют: сила веса барабана $\vec{G}$, сила давления $\vec{N}$ со стороны рычага, направленная по радиусу барабана, сила трения $\vec{F}_{тр}$, 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 ($\vec{G}$, $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, $\vec{T}$, $\vec{N}$, $\vec{F}_{тр}$) ~ 0. Составим уравнение моментов относительно точки *O*:

$$-Tr + F_{тр}R = 0,$$ откуда с учётом $T = T'$ $F_{тр} = 200$ Н.

Величина силы $\vec{N}$ давления рычага на барабан находится из вида зависимости силы трения $F_{тр} = fN$, тогда $N = \dfrac{F_{тр}}{f} = 500$ Н.

Составим уравнения равновесия барабана в виде проекций сил на оси, выбранные, как показано на рис. 1.57, *b*:

$$\sum F_{kx} = X_O + F_{тр} - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_O + T\cos 60^\circ - N - G = 0.$$

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*:

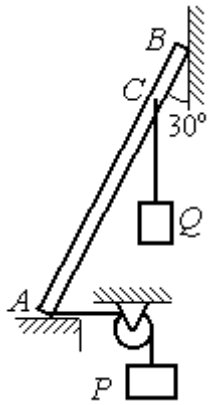
$$S' = 233{,}33 \text{ Н};\ X_E = -200 \text{ Н};\ Y_E = -266{,}67 \text{ Н};\ R_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2} = 333{,}34 \text{ Н}.$$

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

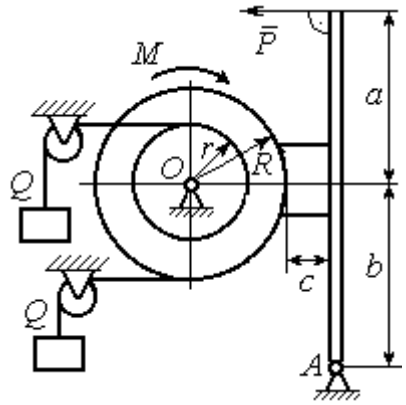
Упражнение 1.13



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): $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

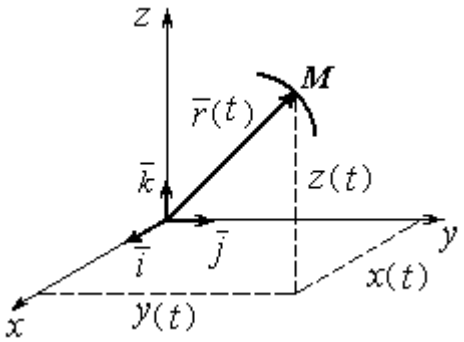


Рис. 2.1. Векторный и координатный способы задания движения точки

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.

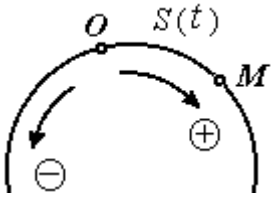


Рис. 2.2. Естественный способ задания движения точки

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 τ) 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_τ – 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_τ и a_τ имеют одинаковые знаки (направлены в одну сторону), движение будет ускоренным, если разных знаков (разнонаправлены) – замедленным (см. рис. 2.3, *a*, *b*).

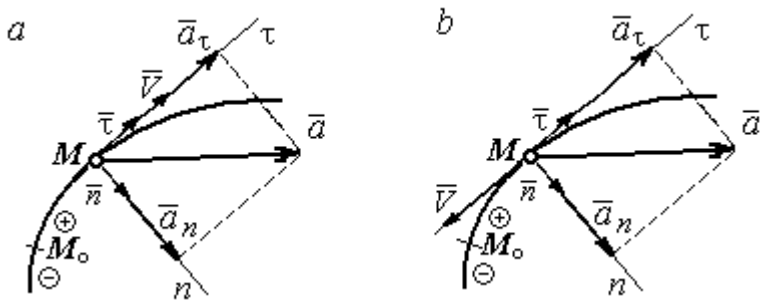


Рис. 2.3. Скорость и ускорение точки. Разложение ускорения на нормальную и касательную составляющие:
a – ускоренное движение; *b* – замедленное движение

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 ρ – 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: $-2 \le x \le 2$, $-1 \le y \le 1$.

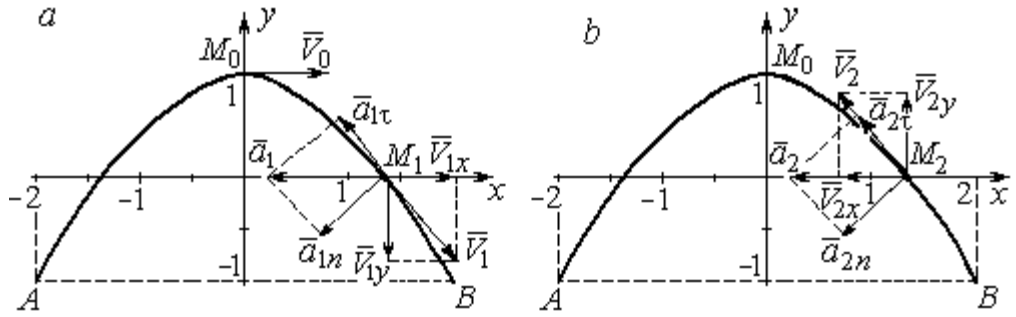


Рис. 2.4. Траектория движения точки:

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.

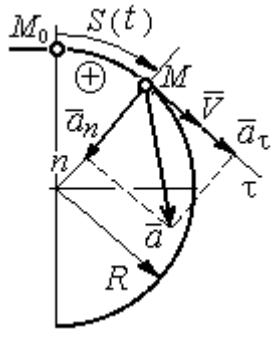


Рис. 2.5. Скорость и ускорение поезда

При равнопеременном движении проекция вектора ускорения на касательную постоянна: a_τ = const. Так как $a_\tau = \dfrac{dV_\tau}{dt}$, то $V_\tau = a_\tau t + C_1$, где V_τ – 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_τ = 7 м/с^2. Скорость поезда в конце пройденного пути с учётом известной величины касательного ускорения найдём из первого уравнения V_τ = 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:

$$V_\tau = 5 + a_\tau t; \;\; S = 5t + \frac{a_\tau t^2}{2}.$$

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:

$$-2{,}5 = a_\tau t_1; \;\; 60 = 5t_1 + \frac{a_\tau t_1^2}{2},$$

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 φ, 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: ω_z = const. Угол поворота тела изменяется по линейному закону $\varphi = \varphi_0 + \omega_z t$, где φ_0 – начальный угол поворота тела.

При равнопеременном вращении постоянной величиной является алгебраическое значение углового ускорения: ε_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 ω – угловая скорость тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону вращения тела.

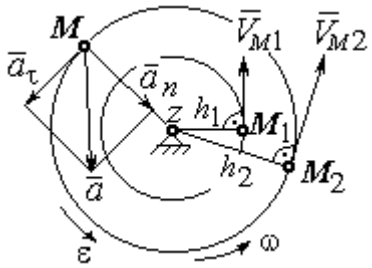


Рис. 2.6. Скорость и ускорение точек вращающегося тела

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 $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$; $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$; ω, ε – 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).

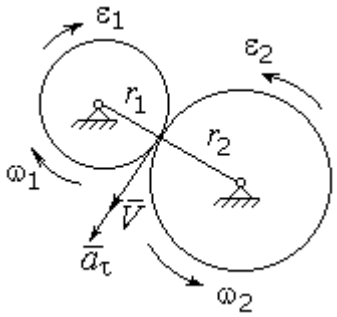


Рис. 2.7. Передача вращения одного тела другому

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.

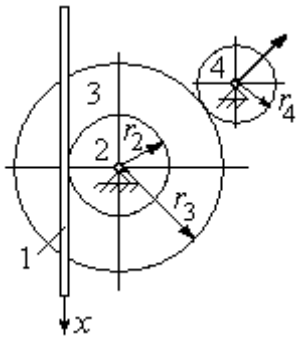


Рис. 2.8. Механизм стрелочного индикатора

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

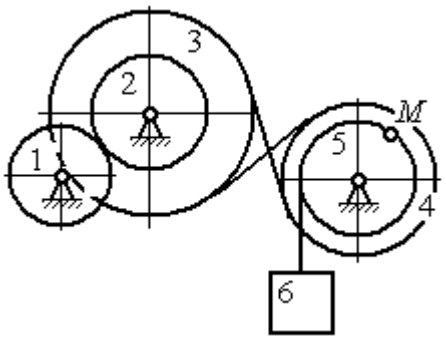


Рис. 2.9. Схема механизма подъёмного устройства

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 φ_1.

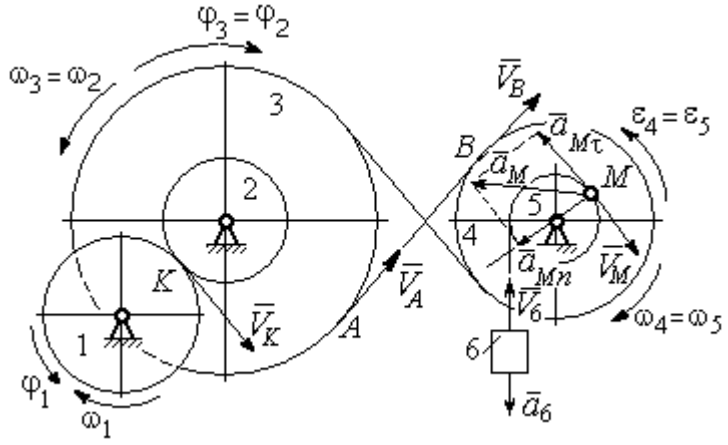


Рис. 2.10. Расчётная схема механизма

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 φ_1. Угловая скорость колеса 1 равна модулю: $\omega_1 = |\omega_{1z}| = 1$ рад/с. Направление угловой скорости ω_1 колеса 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано дуговой стрелкой ω_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 ω_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 ω_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 ε_{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 ε_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 ε_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: $V_{1x}(t) = \dot{x}_1 = -\pi\sin\pi t + \pi\cos\pi t$.

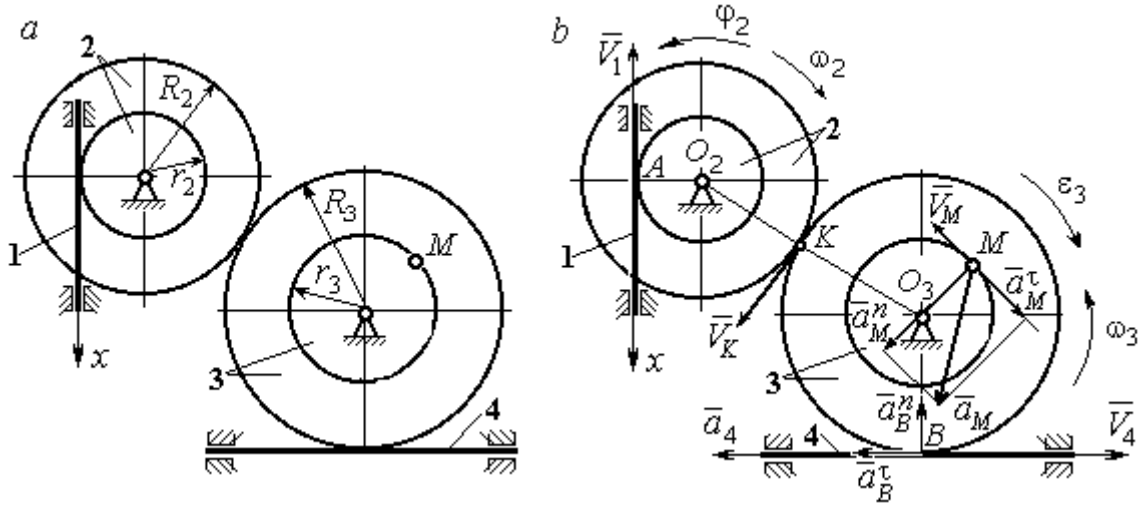


Рис. 2.11. Кинематика поступательного и вращательного движений твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей
и ускорений точек механизма

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 ω_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 ω_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 ω_{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 ε_{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 ε_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 ε_3 (см. рис. 2.11, *b*).

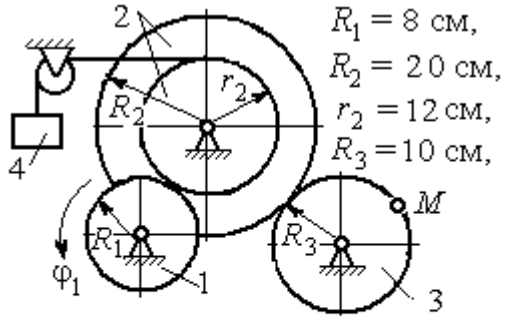
Нормальное ускорение точки M рассчитывается как $a_M^n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения $a_M^n = \pi^2$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^n$ направлен по радиусу к центру диска 3.

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

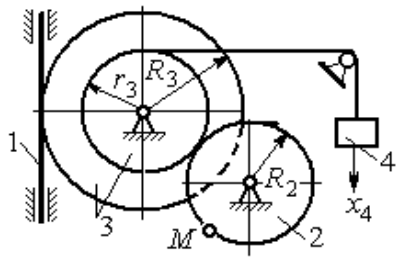


$R_1 = 8$ см, $R_2 = 20$ см, $r_2 = 12$ см, $R_3 = 10$ см,

$\varphi_1 = 3t + 2\sin\frac{\pi t}{2}$ 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

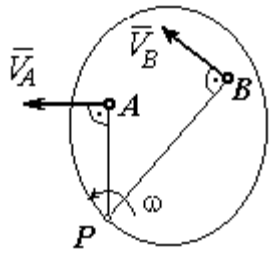
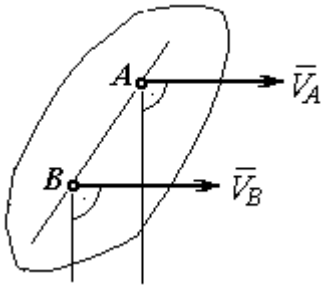
Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной (основной) плоскости.

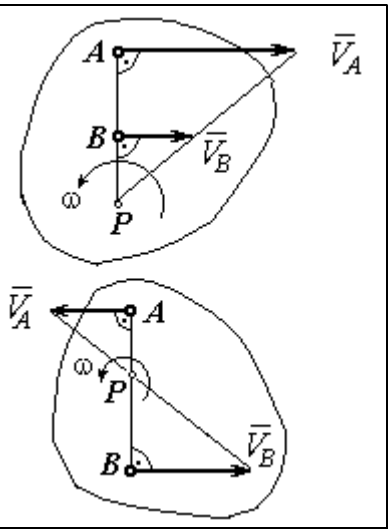
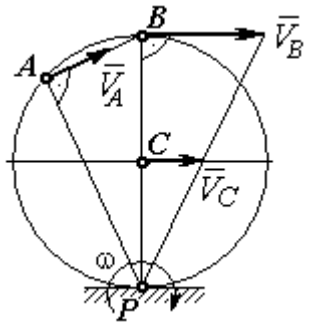
Для скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ двух точек A и M тела, совершающего плоское движение, справедливо утверждение: **проекции скоростей двух точек твердого тела на ось, проходящую через эти точки, равны друг другу:** $V_A\cos\alpha = V_M\cos\beta$, где α, β – углы между векторами скорости $\vec{V}_A$ 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.

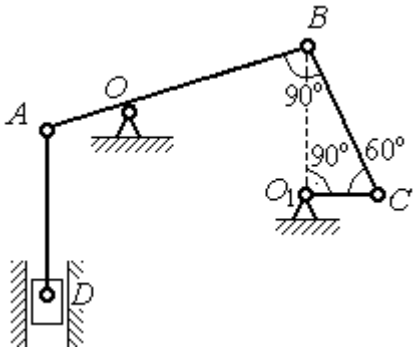


Рис. 2.13. Приводной механизм насоса

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).

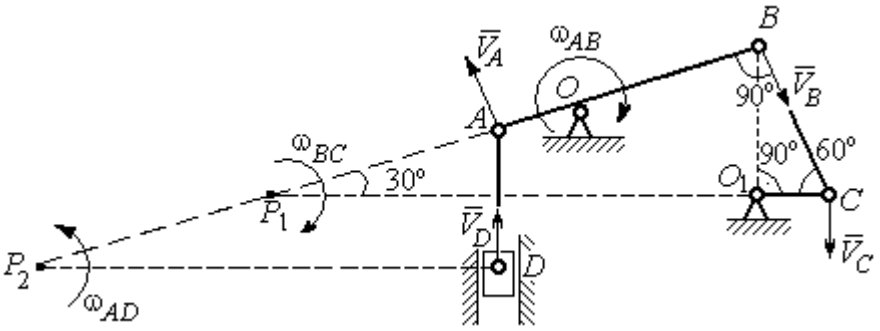


Рис. 2.14. Расчётная кинематическая схема механизма привода насоса

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 ω_{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 ω_{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 ω_{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.

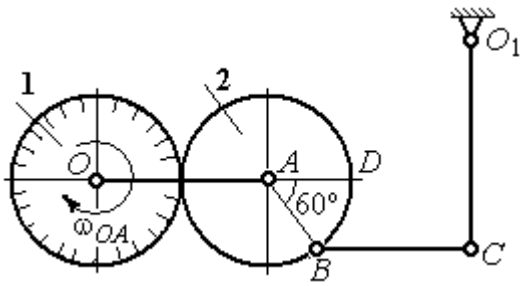


Рис. 2.15. Схема механизма качалки

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 ω_2.

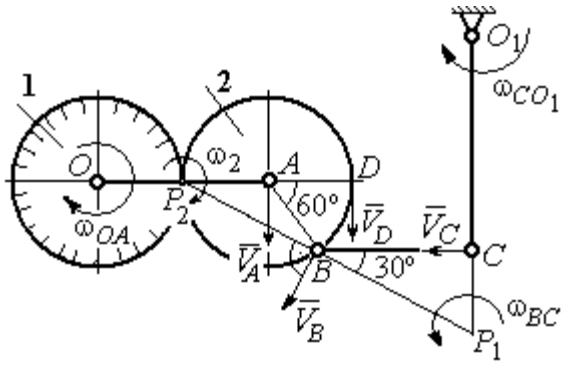


Рис.2.16. Расчётная кинематическая схема механизма качалки

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 ω_{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 ω_{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 ω_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.

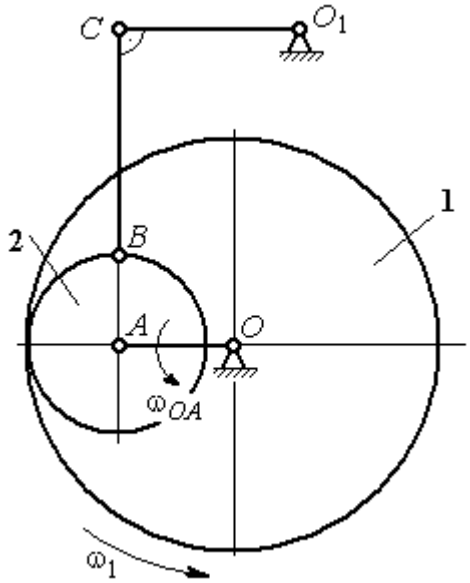


Рис. 2.17. Планетарный механизм

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 ω_2 показано на рис. 2.18 дуговой стрелкой ω_2.

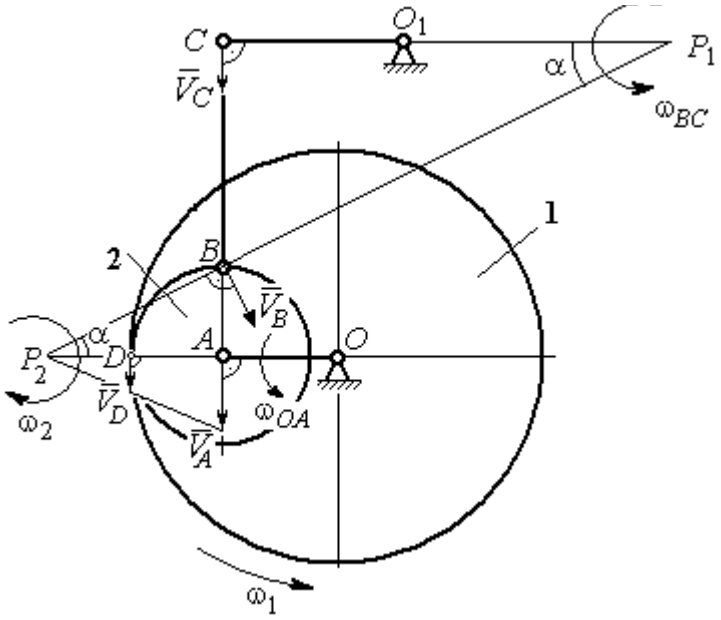


Рис. 2.18. Расчётная кинематическая схема планетарного механизма

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 ω_{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.

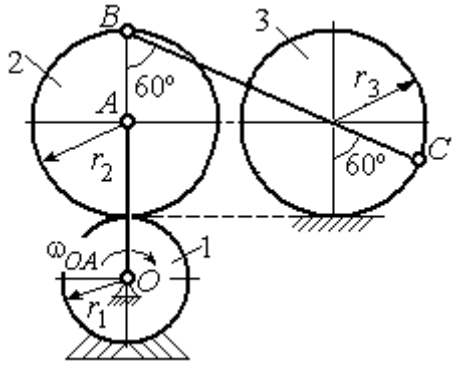


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

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.

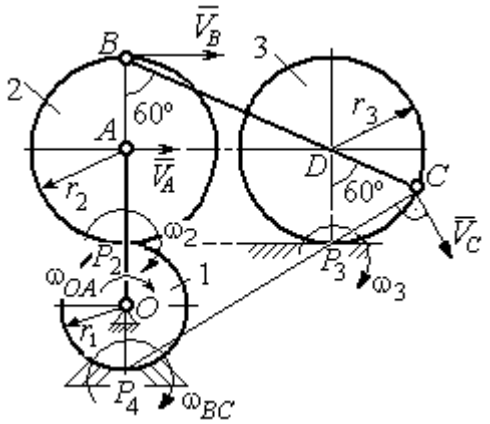


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

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.

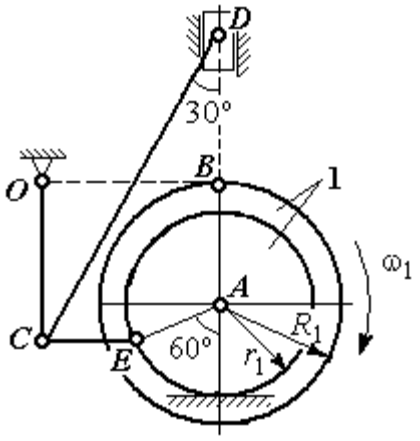


Рис. 2.21. Схема движения плоского механизма

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 ω_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).

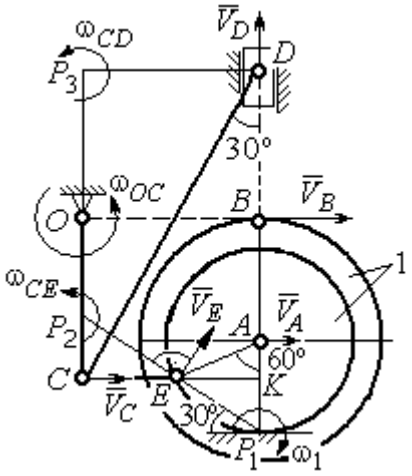


Рис. 2.22. Расчётная схема для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев механизма

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 ω_{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.

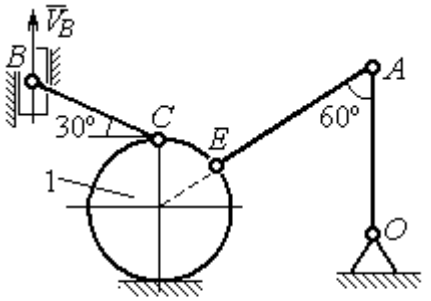
Для шатуна CD известны величина и направление вектора $\vec{V}_C$ скорости точки C и направление вектора $\vec{V}_D$ скорости точки D. Мгновенный центр скоростей шатуна CD находится в точке P_3, полученной на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_D$.

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.

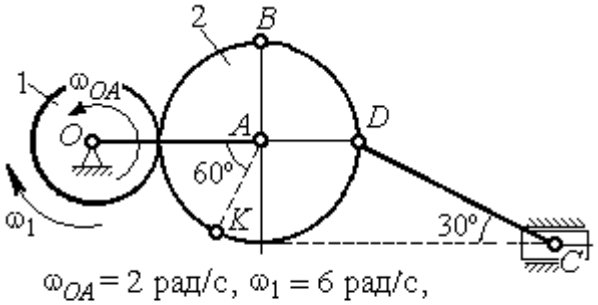
Упражнения

Упражнение 2.3



$R_1 = 2$ см, $OA = AE = 6$ см,
$BC = 5$ см, $V_B = 5$ см/с.
Найти: $\omega_{OA}, \omega_{AE}, \omega_{CB}, \omega_1, V_C, V_A, V_E$

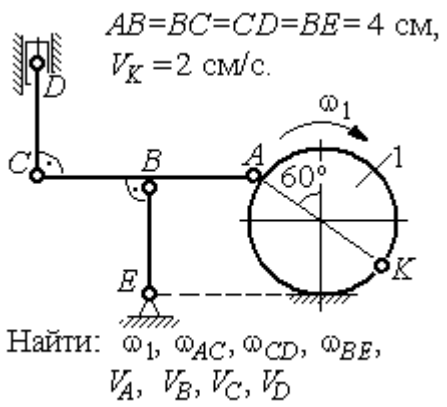
Упражнение 2.4



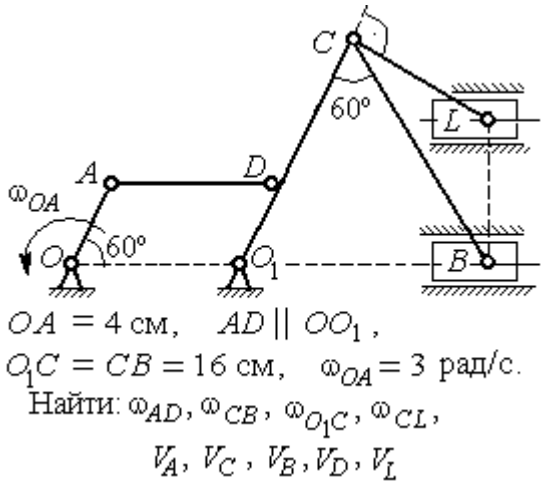
$\omega_{OA} = 2$ рад/с, $\omega_1 = 6$ рад/с,
$r_1 = 3$ см, $r_2 = 6$ см.
Найти: $\omega_2, \omega_{DC}, V_B, V_K, V_D, V_C$

Рис. 2.23. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.3, 2.4

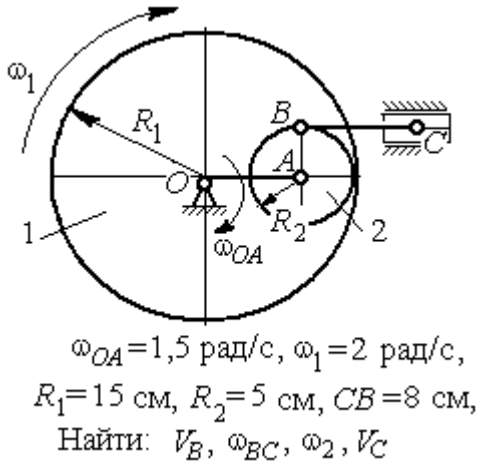
Упражнение 2.5



Упражнение 2.6



Упражнение 2.7



Упражнение 2.8

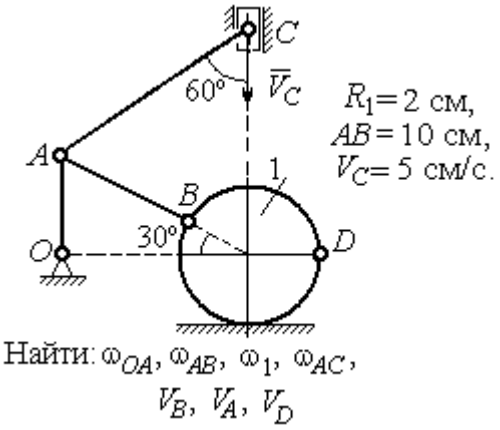


Рис. 2.24. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.5 – 2.8

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:

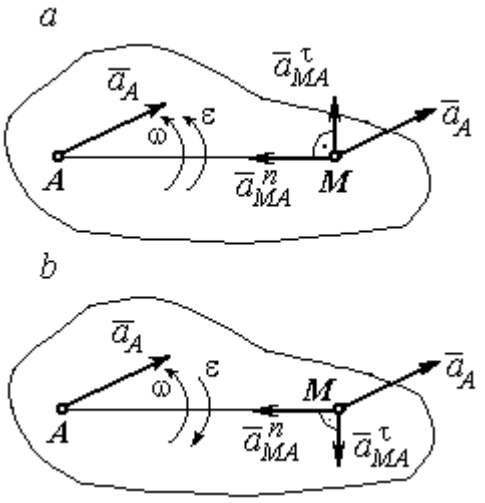


Рис. 2.25. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM$; $a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM$, где ω, ε – 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.

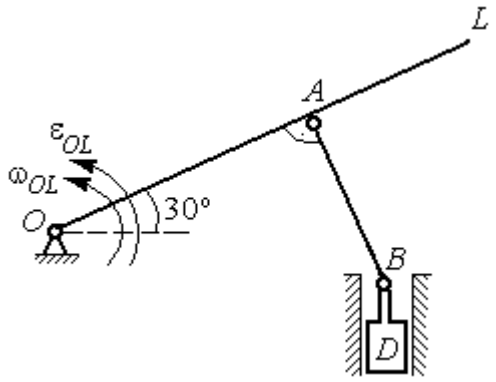


Рис. 2.26. Шарнирно-рычажный механизм гидравлического пресса

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.

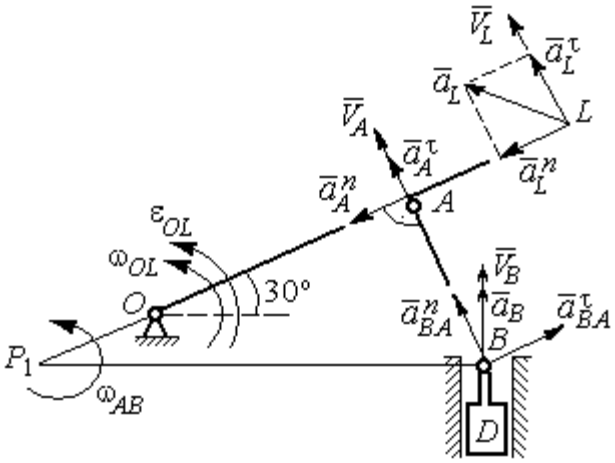


Рис. 2.27. Расчётная кинематическая схема механизма

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 ε_{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:

$$a_B \cdot \cos 30^\circ = a^{\tau}_{A} + a^{n}_{BA};\ \ a_B \cdot \cos 60^\circ = -a^{n}_{A} + a^{\tau}_{BA}.$$

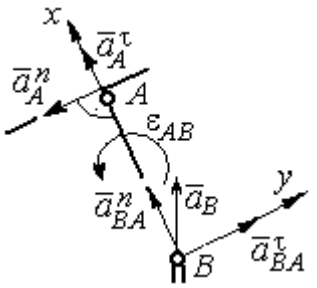


Рис. 2.28. Вычисление проекций векторов ускорений

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 ε_{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).

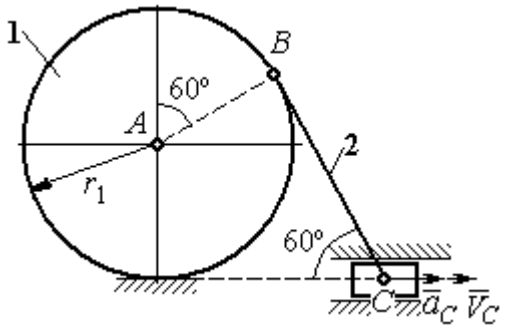


Рис. 2.29. Механизм, связывающий качение колеса с поступательным движением ползуна

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).

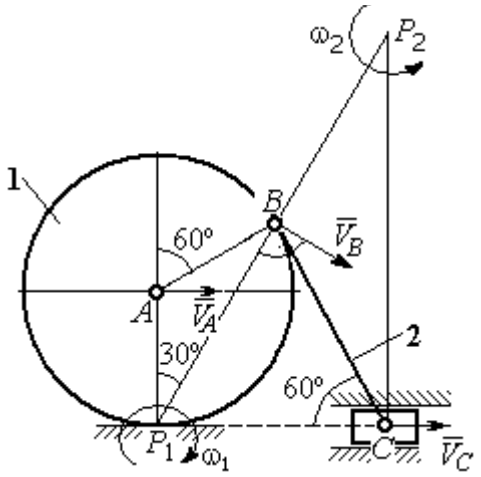


Рис. 2.30. Расчётная схема механизма для определения скоростей точек

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 ω_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.

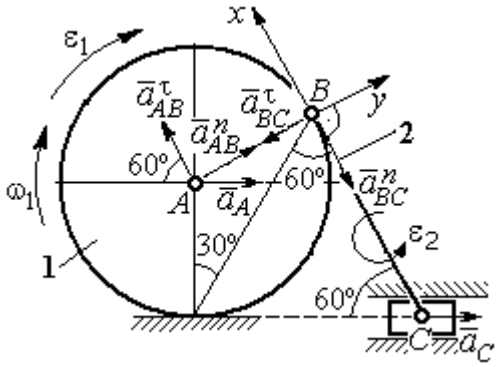


Рис. 2.31. Расчётная схема механизма для определения ускорений точек

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^{τ}_{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 ε_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}^{τ} 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 ω_{OA} и угловым ускорением ε_{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.

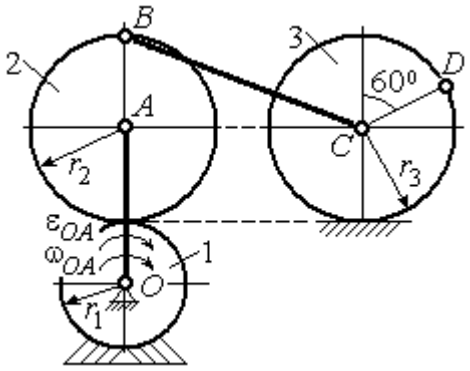


Рис. 2.32. Схема движения плоского механизма

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.

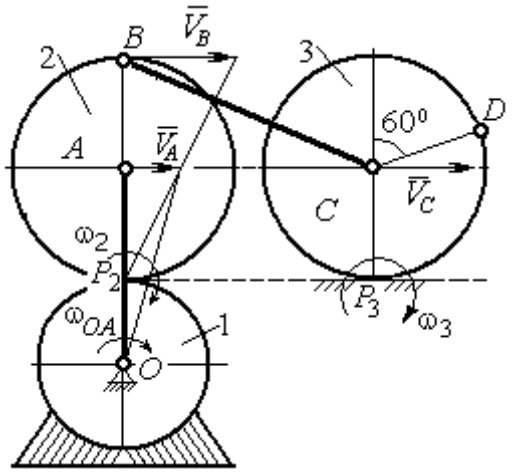


Рис. 2.33. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

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 ω_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 ε_{CB}.

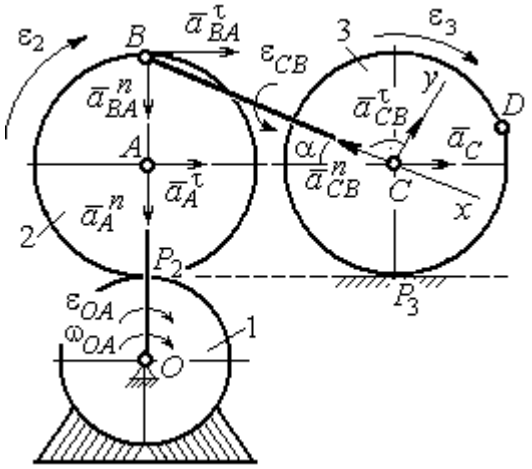


Рис. 2.34. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

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 ε_{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 α – 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}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ направлен так, как показано на рис. 2.34. Тогда и

направление углового ускорения ε_{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.

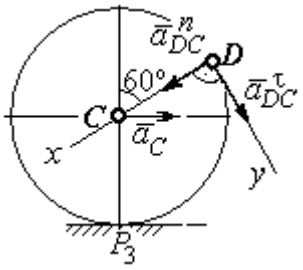


Рис.2.35. Расчетная схема для определения ускорения точки D

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}^{τ}.

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.

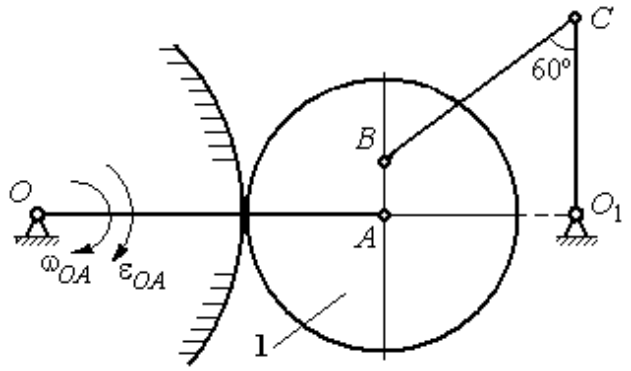


Рис. 2.36. Механизм качалки

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 ω_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 ω_{BC}.

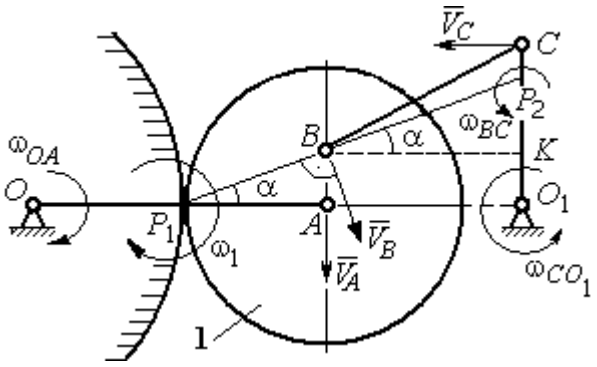


Рис. 2.37. Расчётная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

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:

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau},\ \vec{a}_C = \vec{a}_C^{\,n} + \vec{a}_C^{\,\tau},$$

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.

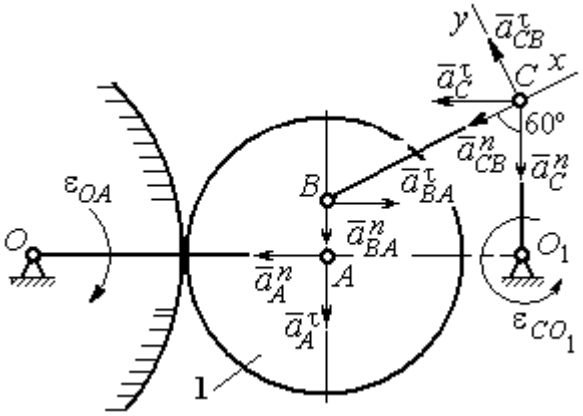


Рис. 2.38. Расчётная схема для определения ускорений точек механизма

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 ε_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:

$$-a^{n}_{C}\cos 60^{\circ} - \vec{a}^{\tau}_{C}\cos 30^{\circ} = -a^{n}_{CB} - a^{n}_{BA}\cos 60^{\circ} + a^{\tau}_{BA}\cos 30^{\circ} - a^{n}_{A}\cos 30^{\circ} - a^{\tau}_{A}\cos 60^{\circ},$$

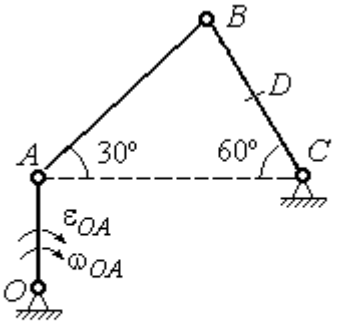
откуда найдём ускорение a^{τ}_{C} = 11,94 м/с^2. Угловое ускорение качалки

$$\varepsilon_{CO_1} = \frac{\left|a^{\tau}_{C}\right|}{CO_1} = 23{,}88 \text{ рад/с}^2.$$

Положительное значение касательного ускорения a^{τ}_{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.

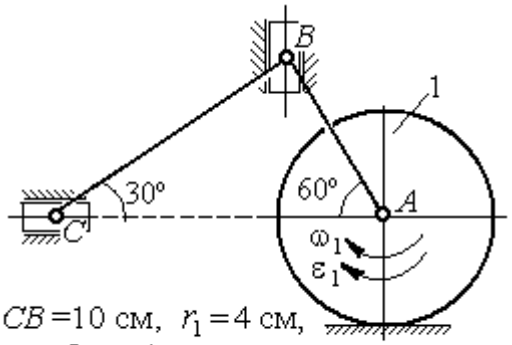
Упражнения

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 α – угол между вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$ и вектором относительной скорости точки $\vec{V}_r$ (рис. 3.1).

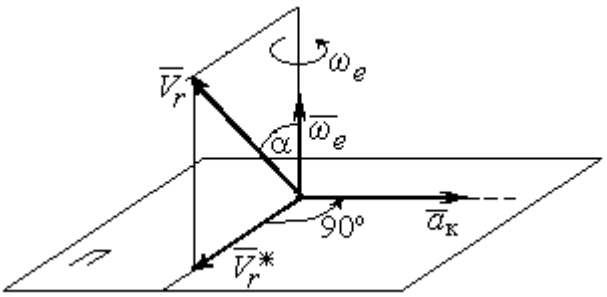


Рис. 3.1. Определение ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

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* $\alpha = 30^\circ$.

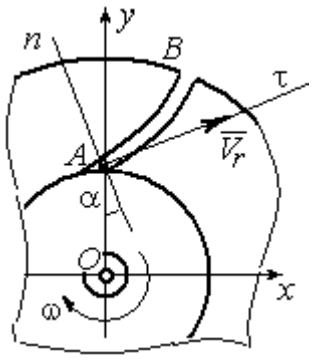


Рис.3.2. Движение воздуха по каналу компрессора

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*.

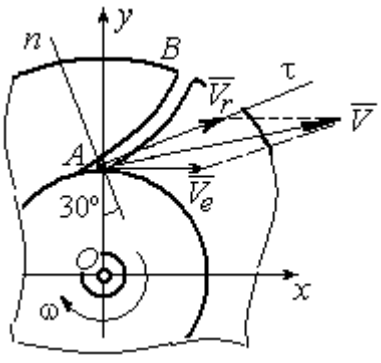


Рис. 3.3. Построение вектора абсолютной скорости частицы

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.

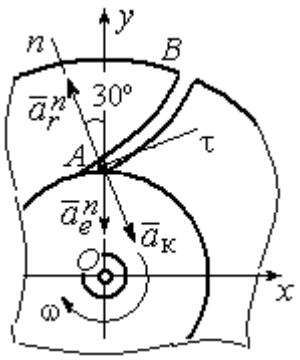


Рис. 3.4. Составляющие ускорения частицы в сложном движении

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.

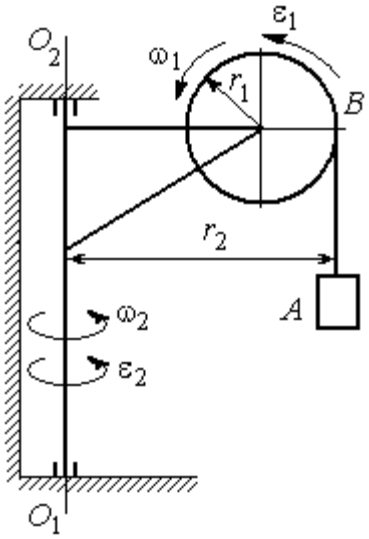


Рис. 3.5. Механизм поворотного крана

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).

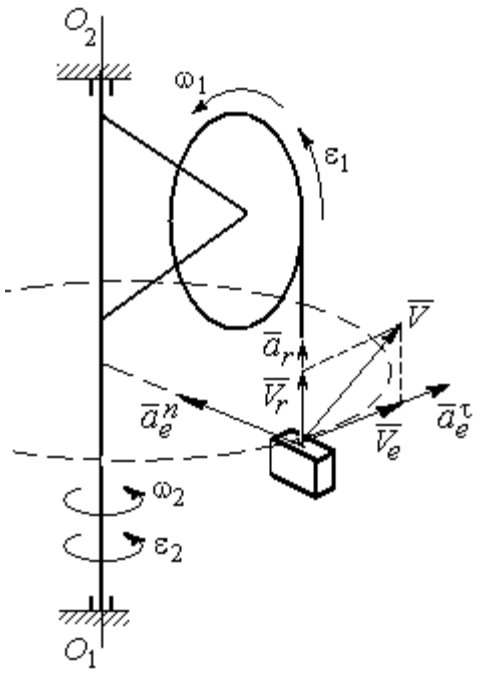


Рис. 3.6. Расчётная схема для определения скорости и ускорения груза на поворотном кране

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^τ 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^τ 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 φ.

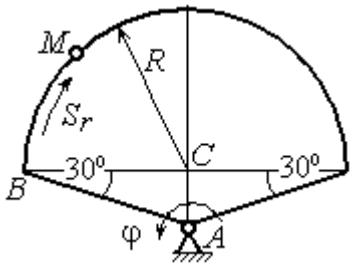


Рис. 3.7. Схема сложного движения точки

По ободу диска из начального положения B движется точка M. Уравнение движения точки: $\overset{\smile}{BM} = S_r = 9\pi t^2$, 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 φ_e и отмечено на рис. 3.8 дуговой стрелкой ω_e.

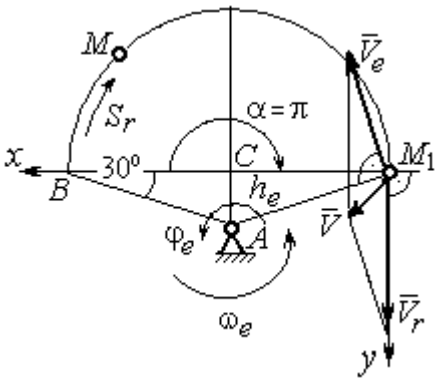


Рис. 3.8. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки

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: $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_{\text{к}}$.

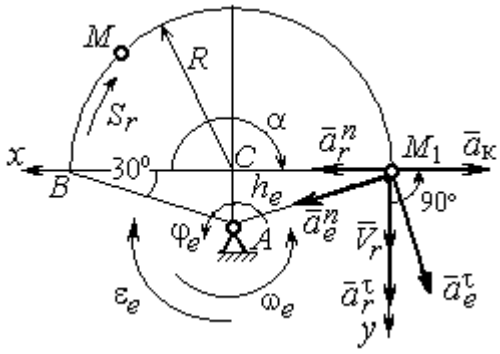


Рис. 3.9. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

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^{τ} 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 ε_e. Модуль переносного касательного ускорения a_e^τ 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 ε_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 φ. 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.

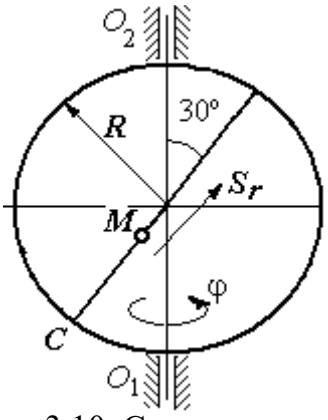


Рис. 3.10. Схема сложного движения точки

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 ω.

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».)

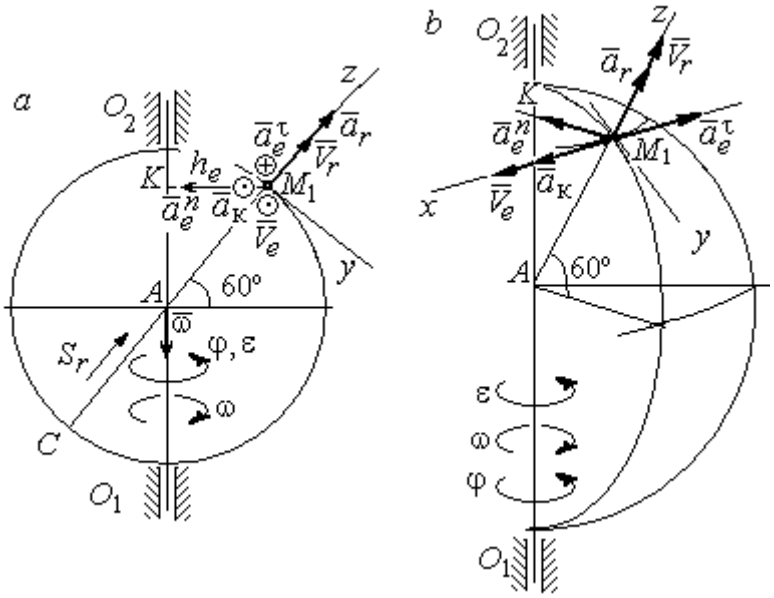


Рис. 3.11. Расчётная схема определения абсолютной скорости и ускорения точки:
a – плоская модель движения;
b – пространственная модель движения

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 ε направлено в сторону положительного направления отсчёта угла поворота диска. Направление углового ускорения показано на рис. 3.11 дуговой стрелкой ε. Модуль переносного касательного ускорения a_e^{τ} 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

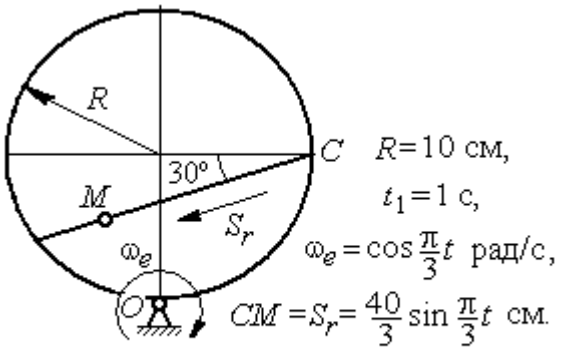
$$a_x = -a_e^{\tau} + a_{\text{к}} = 40 \text{ см/с}^2; \quad a_y = -a_e^n \cos 30^\circ = 6{,}93 \text{ см/с}^2;$$

$$a_z = a_r - a_e^n \cos 60^\circ = 28 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = 49{,}32$ см/с^2.

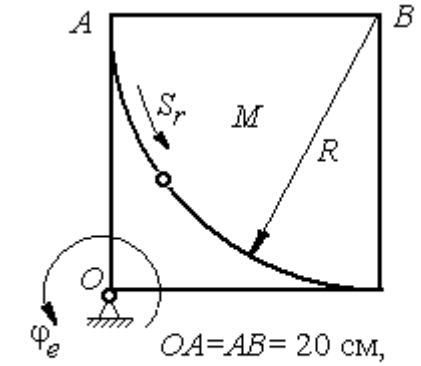
Упражнения

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 ρ – радиус кривизны траектории; τ, 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 α 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.

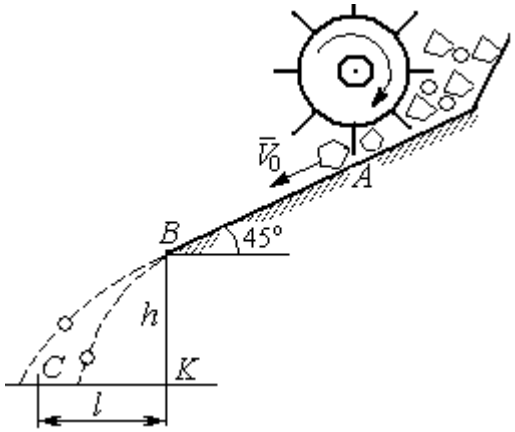


Рис. 4.1. Разделение частиц по трению

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:

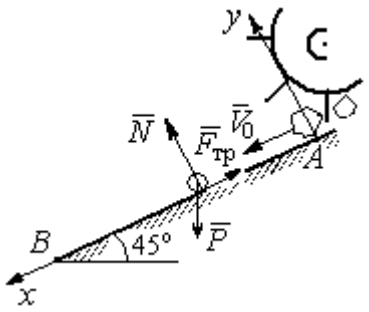


Рис. 4.2. Движение частицы по наклонной плоскости

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} = P\cos 45^\circ - F_{\text{тр}};$$

$$m\ddot{y} = \sum F_{ky} = -P\cos 45^\circ + N.$$

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

$$m\ddot{x} = 0;\ m\ddot{y} = -P = -mg \text{ или } \ddot{x} = 0,\ \ddot{y} = -g.$$

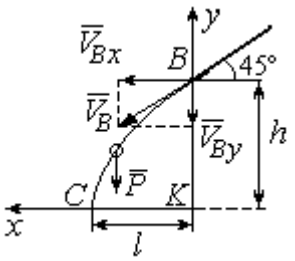


Рис. 4.3. Свободное падение частицы

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.

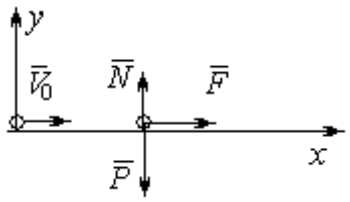


Рис. 4.4. Прямолинейное движение точки

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*).

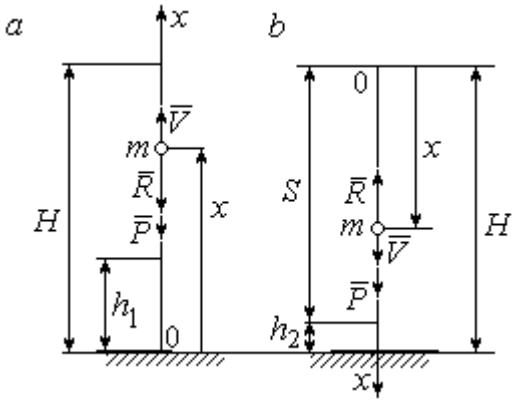


Рис. 4.5. Силы, действующие на точку в полёте:
a – движение точки вверх;
b – движение точки вниз

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).

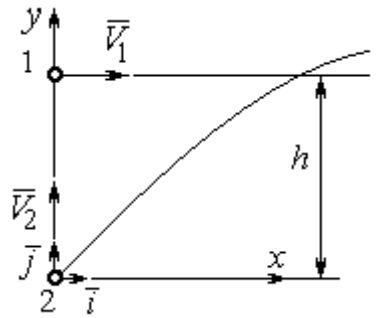


Рис. 4.6. Схема встречного движения точек

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).

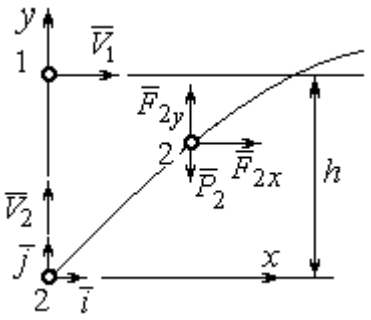


Рис. 4.7. Расчётная схема встречи точек

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 Оx 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 ω – 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 ω – 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.

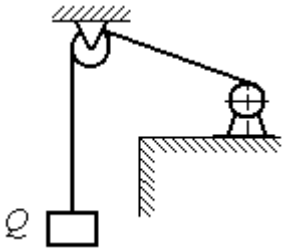


Рис. 4.8. Подъёмное устройство

Решение

После того как произошло защемление троса в обойме блока, вертикальную часть троса длиной ℓ_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:

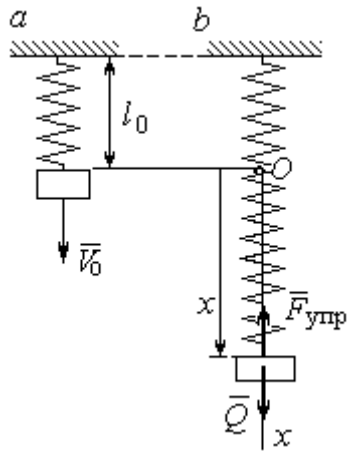


Рис. 4.9. Расчётная схема колебаний груза:
a – положение груза на начало колебаний; *b* – положение груза в произвольный момент времени

$$m\ddot{x} + cx = mg \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = g,$$

где ω – 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 $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, α – 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.

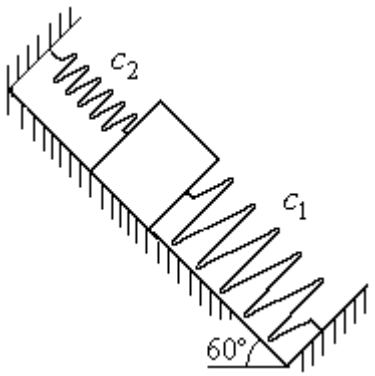


Рис. 4.10. Колебания груза на наклонной плоскости

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).

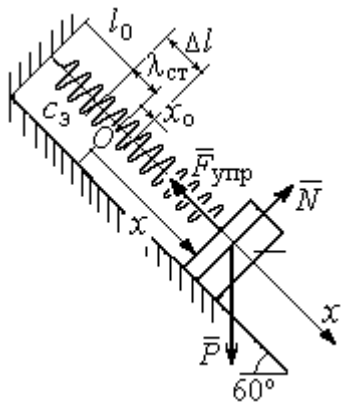


Рис. 4.11. Схема колебаний груза на эквивалентной пружине

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 ω – 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.

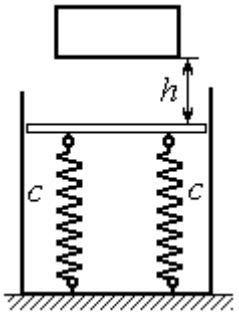


Рис. 4.12. Пружинный амортизатор

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*): $P - F_{упр\,ст} = P - c_э\lambda_{ст} = 0$.

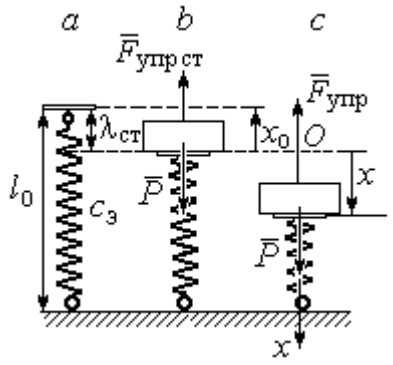


Рис. 4.13. Расчётная схема колебаний на эквивалентной пружине:
a – недеформированная пружина;
b – положение статического равновесия груза; *c* – произвольное положение

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.

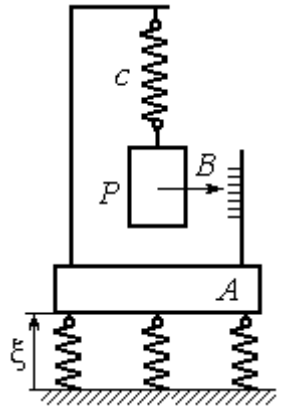


Рис.4.14. Регистратор вертикальных колебаний

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: $\Delta\ell=(x+\lambda_{ст}+\xi)$.

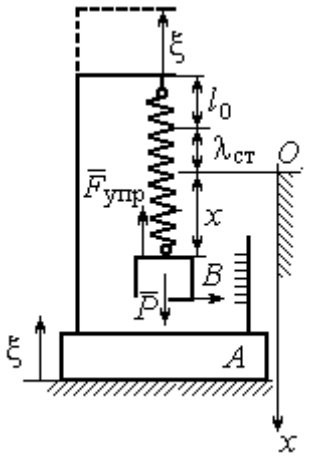


Рис. 4.15. Расчётная схема колебаний груза

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 ω – 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

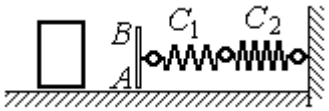


Рис. 4.16. Схема движения груза

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.

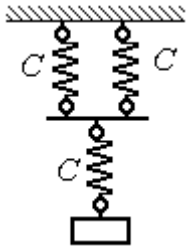


Рис. 4.17. Схема крепления груза на пружинах

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; α – угол между направлением вектора силы и направлением перемещения точки приложения силы.

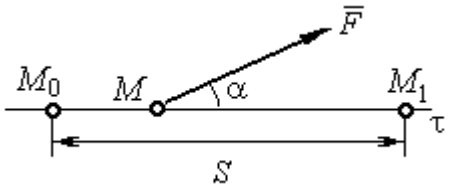


Рис. 4.18. Работа постоянной силы на прямолинейном участке

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*).

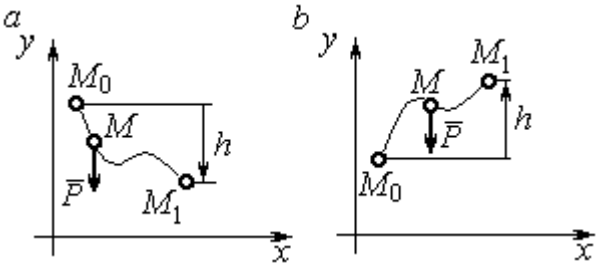


Рис. 4.19. Работа силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

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, ρ – 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 α = 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.

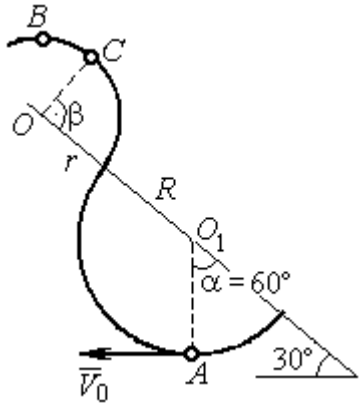


Рис. 4.20. Движение шарика по изогнутому стержню

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:

$$\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = -Ph_{(AB)},$$

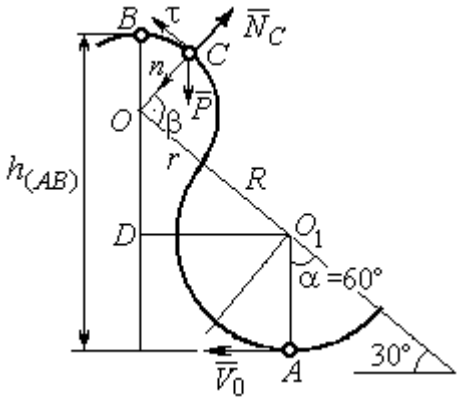


Рис. 4.21. Расчётная схема движения шарика

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.

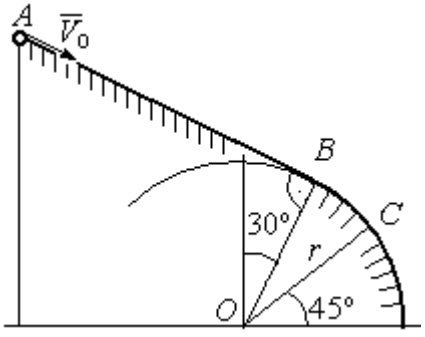


Рис. 4.22. Движение точки по составному желобу

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 $N_C = P\cos 45^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r}$.

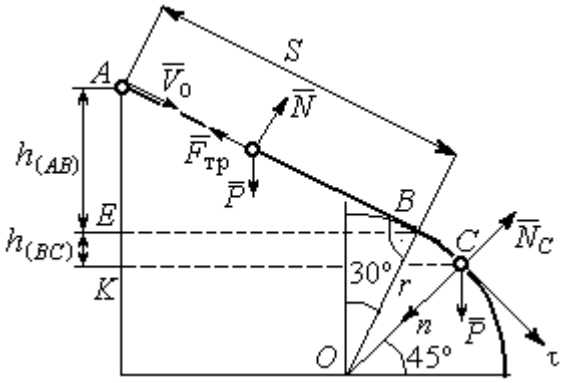


Рис. 4.23. Расчётная схема движения точки

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.

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 $\vec{F}_{тр}$ (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 $\dfrac{mV_C^2}{2} - \dfrac{mV_A^2}{2} = Ph_{(AC)} - F_{тр}S$, 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.

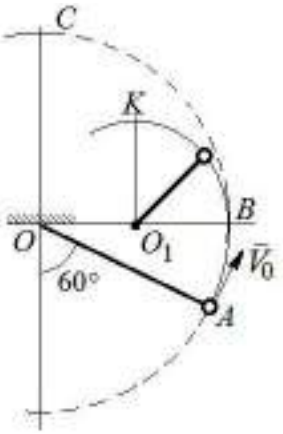


Рис. 4.24. Схема движения груза на нити

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: $m\frac{V_K^2}{r} = P + N_K$, где V_K – скорость

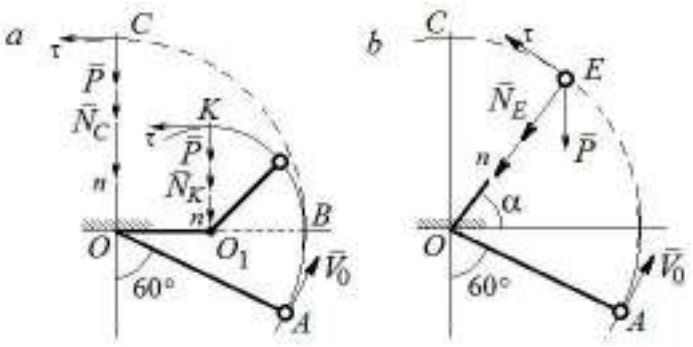


Рис. 4.25. Расчётная схема движения груза:
a – нить навивается на препятствие;
b – свободное движение

груза в точке K; N_K – реакция нити; r – радиус окружности движения груза; $r = 0{,}5l$. Из уравнения движения находим реакцию нити: $N_K = m\frac{2V_K^2}{l} - P$.

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: $V_K^2 \geq \frac{1}{2}gl$.

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 $\frac{mV_K^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AK)}$, 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: $V_0 \geq \sqrt{\frac{5}{2}gl}$.

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.

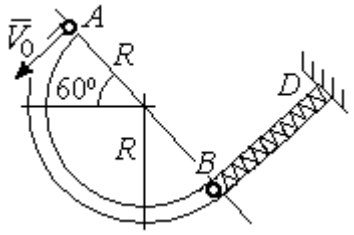


Рис. 4.26. Схема движения шарика

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).

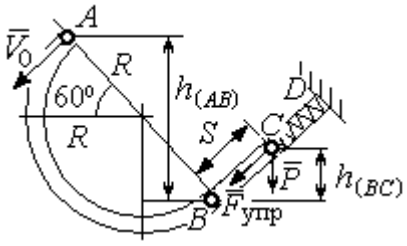


Рис. 4.27. Расчетная схема движения шарика

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).

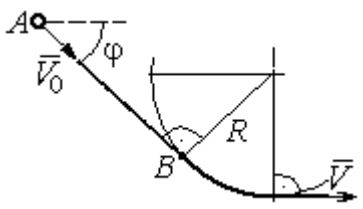


Рис. 4.28. Схема движения самолёта

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 $f = 0{,}4$.

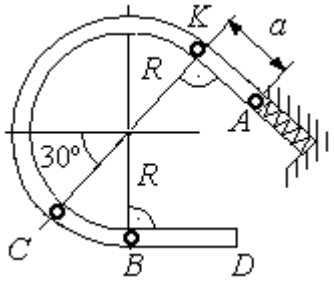


Рис. 4.29. Схема движения шарика в трубке

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.

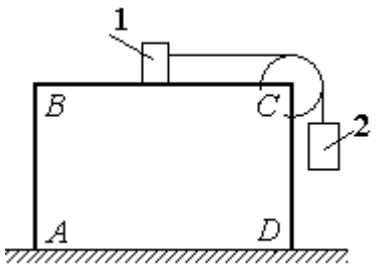


Рис. 5.1. Пирамида с системой подвижных грузов

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.

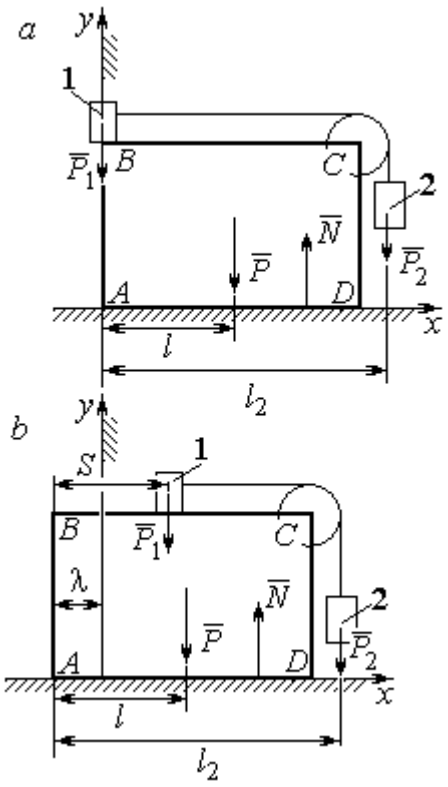


Рис. 5.2. Расчётная схема перемещения пирамиды: *a* – начальное положение; *b* – положение пирамиды при перемещении грузов на расстояние *S*

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 λ. 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 ω – 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.

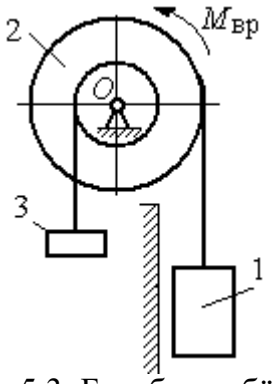


Рис. 5.3. Барабан лебёдки с грузом и противовесом

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).

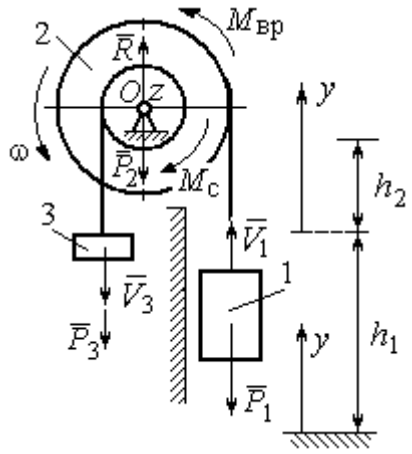


Рис. 5.4. Силы, действующие на систему во время движения

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*, $J_z = m_2 i_z^2$; ω – 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):

$$(m_2 i_z^2 + m_1 R^2 + m_3 r^2)\frac{dV_1}{dt} = (-M_c - P_1 R + P_3 r)R, \text{ или } \frac{dV_1}{dt} = -6{,}61.$$

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.

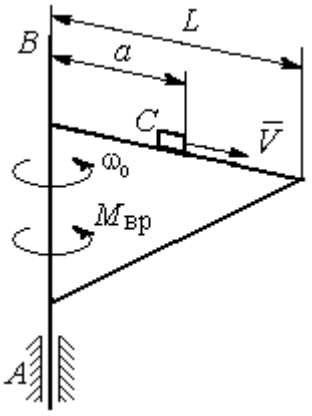


Рис. 5.5. Поворотный кран

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 ω_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.

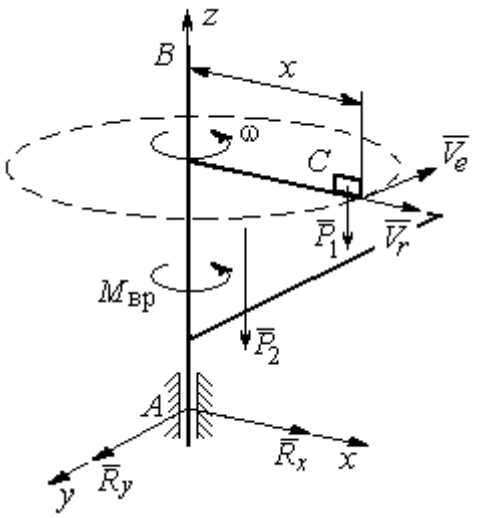


Рис. 5.6. Внешние силы, действующие на кран при его движении

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*; ω – 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, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной силы F при прямолинейном перемещении точки приложения силы $A = FS\cos\alpha$, где S – перемещение точки; α – постоянный угол между перемещением и направлением силы. **Работа пары сил с постоянным моментом** M при повороте тела на конечный угол φ вычисляется по формуле: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы 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; ω – 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 ω_{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.

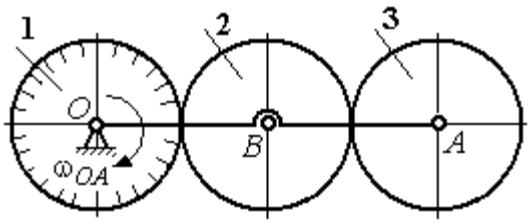


Рис. 5.7. Планетарный механизм

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:

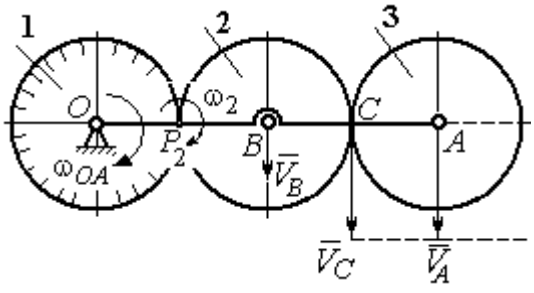


Рис. 5.8. Расчётная схема вычисления энергии механизма

$T_2 = \frac{mV_B^2}{2} + \frac{J_{2B}\omega_2^2}{2}$, 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 ω_{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 ω_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.

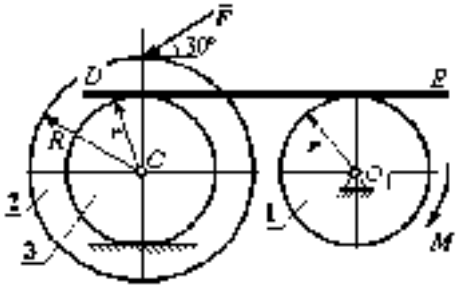


Рис. 5.9. Схема движения механической системы

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.

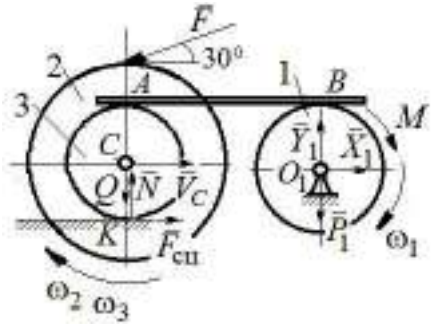


Рис. 5.10. Расчетная схема для исследования движения системы

Предположим, во время движения системы блок 1 вращается по ходу часовой стрелки.

Угловые скорости ω_1, ω_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.

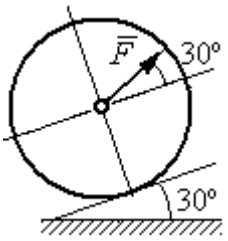


Рис. 5.11. Движение катка на наклонной плоскости

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.

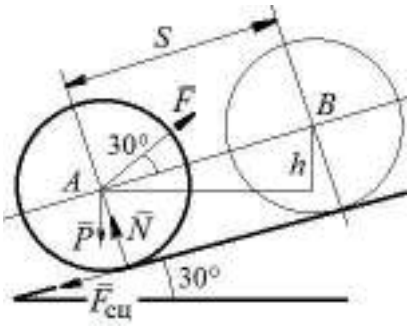


Рис. 5.12. Расчётная схема движения катка

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.

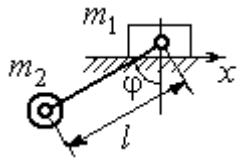


Рис. 5.13. Движение крановой тележки

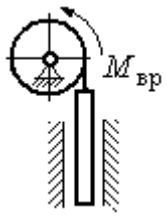


Рис. 5.14. Схема механизма лебёдки

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.

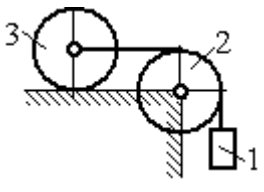


Рис. 5.15. Схема движения системы

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.

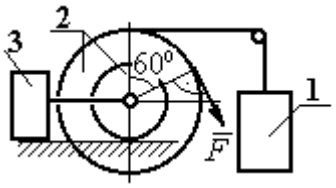


Рис. 5.16. Схема механизма катка

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 ω, ε – 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:

$$ma_{Cx} = \sum F_{kx}^e ;\ ma_{Cy} = \sum F_{ky}^e ;\ J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}_k^e),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела; F_{kx}^e, F_{ky}^e – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^e)$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение 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.

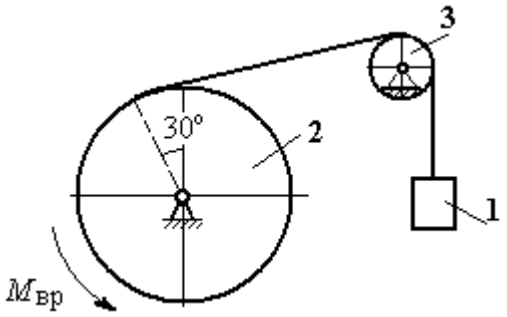


Рис. 5.17. Механизм лебёдки

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.

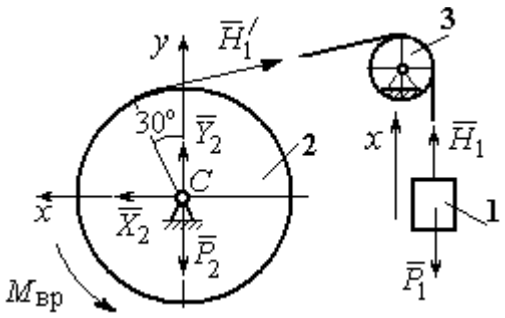


Рис. 5.18. Внешние силы и реакции, действующие на груз и барабан при движении системы

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.

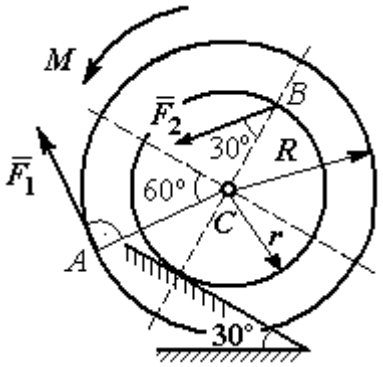


Рис. 5.19. Схема движения барабана по наклонной плоскости

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).

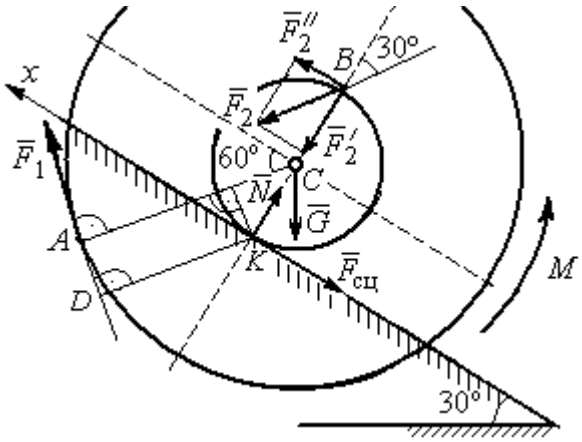


Рис. 5.20. Силы, действующие на барабан, во время движения

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 φ – 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

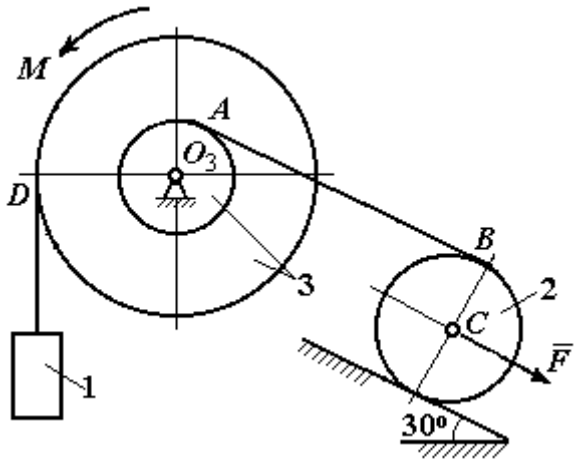


Рис. 5.21. Конструкция механической системы

$\vec{F}$, 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.

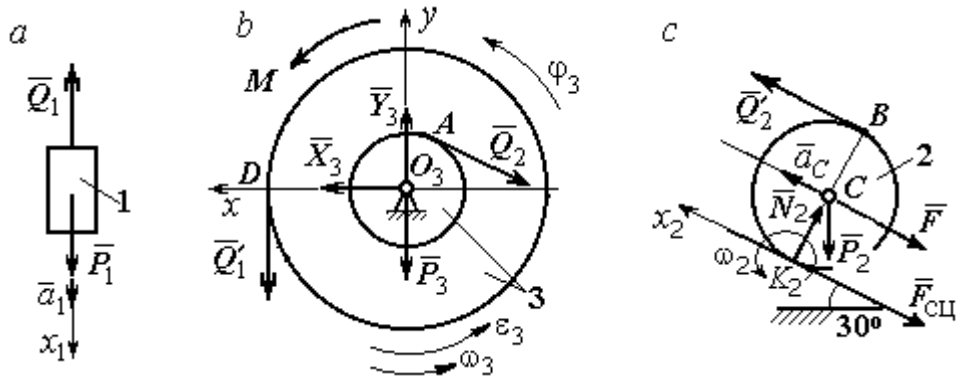


Рис. 5.22. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему

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:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1' 3r + Pr - Q_2 r,$$

Момент инерции барабана относительно оси *z*: $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \dfrac{9Pr^2}{g}$;

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:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2' - 3P - F_{\text{сц}} - P;$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2' 2r + F_{\text{сц}} 2r, \quad J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2}.$$

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, $i_{2C} = 2r_1$.

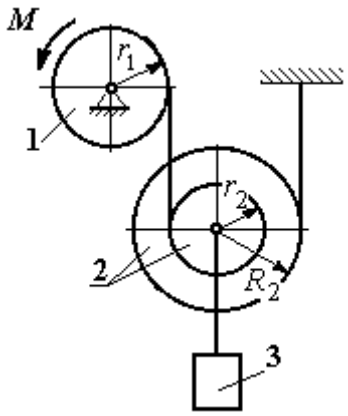


Рис. 5.23. Конструкция подъёмного устройства

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.

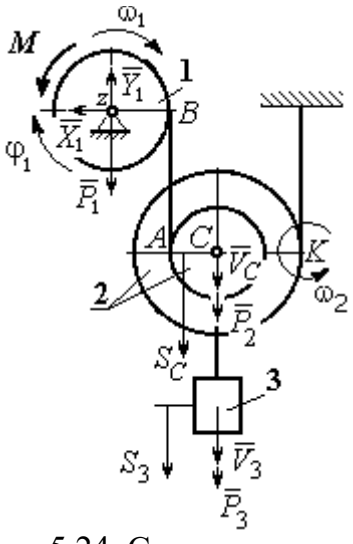


Рис. 5.24. Схема движения механизма

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 φ_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.

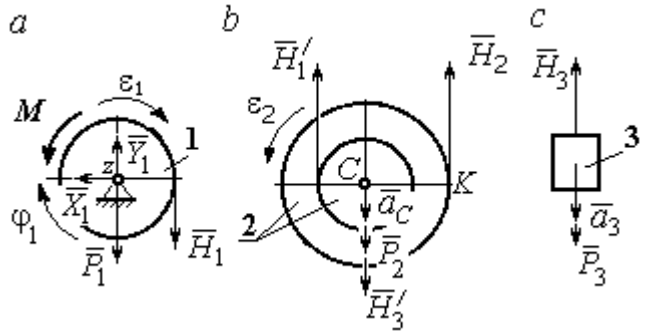


Рис. 5.25. Внешние силы и реакции связей, действующие на тела системы

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.

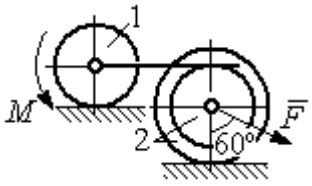


Рис. 5.26. Система катков

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.

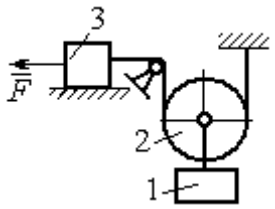


Рис. 5.27. Подъёмное устройство

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.

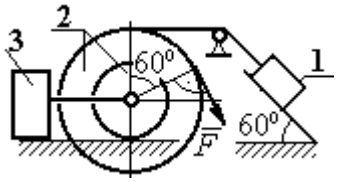


Рис. 5.28. Схема движения механической системы

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.

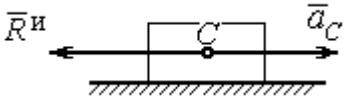


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

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).

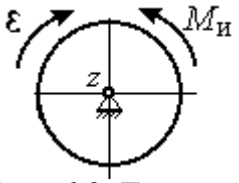


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

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; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

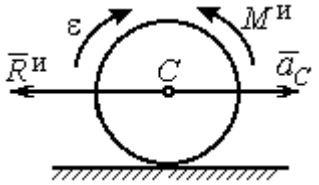


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε 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*.

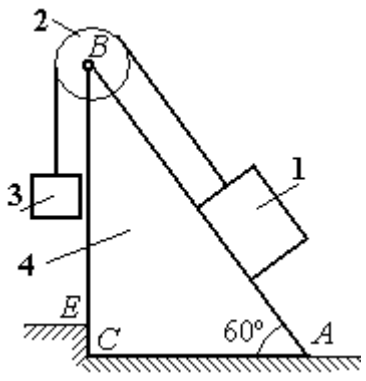


Рис. 6.4. Клин с грузами

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.

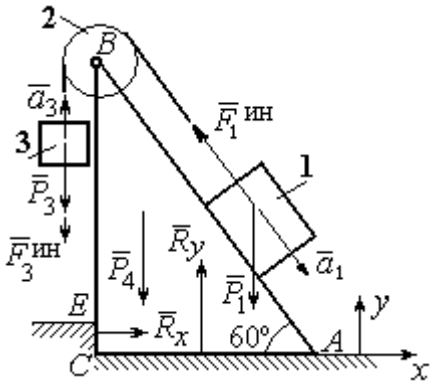


Рис. 6.5. Внешние силы и силы инерции, действующие на систему

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 $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

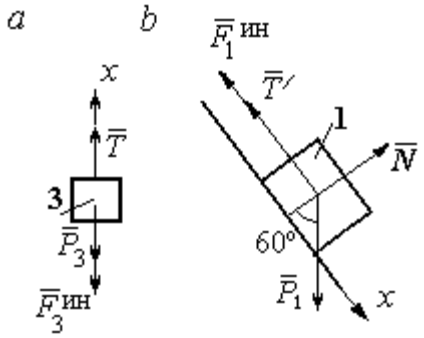


Рис. 6.6. Равновесие грузов

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 $M_{\text{вр}}$.

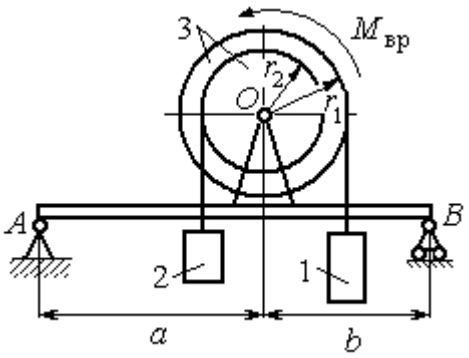


Рис. 6.7. Лебёдка на балке

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.

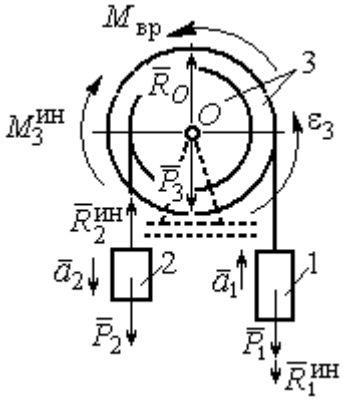


Рис. 6.8. Расчётная схема равновесия барабана

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:

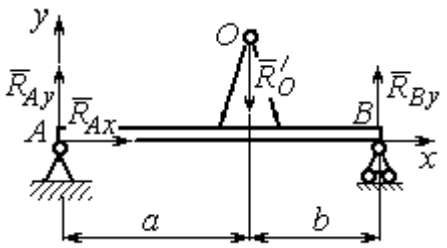


Рис. 6.9. Равновесие балки

$$\sum F_x = R_{Ax} = 0,\ \sum F_y = R_{Ay} - R'_O + R_{By} = 0,$$

$$\sum M_A(F) = R_{By}(a+b) - R'_O a = 0.$$

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.

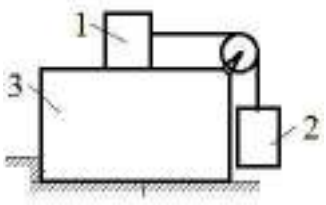


Рис. 6.10. Схема движения грузов в системе

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.

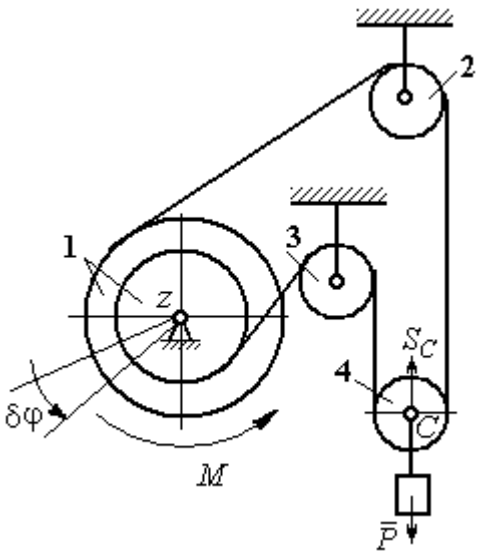


Рис. 6.11. Уравновешивание талевого механизма

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 δS_C – возможные перемещения барабана и груза.

Найдём связь между перемещениями $\delta\varphi_1$ и δS_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: $CK=\frac{(R_1-r_1)r_4}{R_1+r_1}$.

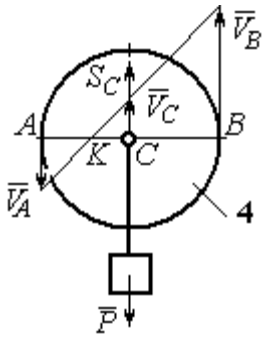


Рис. 6.12. Распределение скоростей точек блока 4

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.

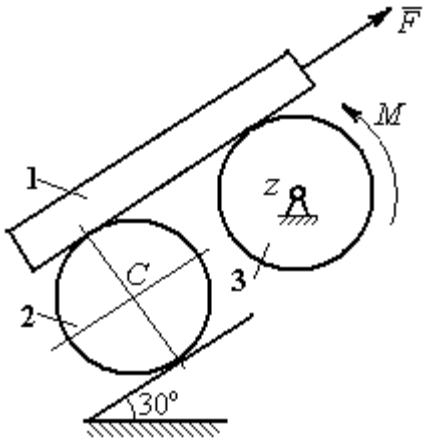


Рис. 6.13. Равновесие механической системы

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.

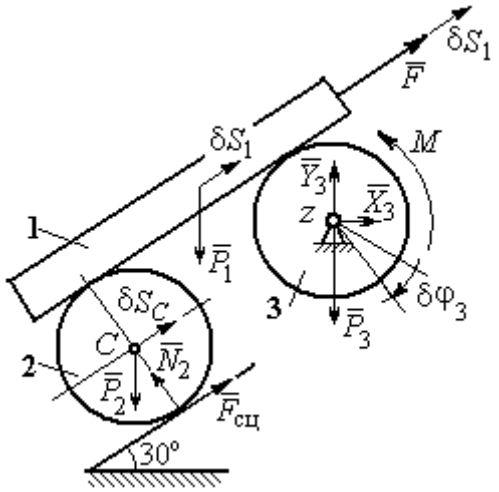


Рис. 6.14. Расчётная схема применения принципа возможных перемещений

Придадим системе возможное перемещение, сдвинув брус 1 на расстояние δS_1 вдоль линии действия силы $\vec{F}$, вверх по наклонной плоскости. Тогда

центр катка 2 переместится на расстояние δS_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 δS_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 $c = mg / r$.

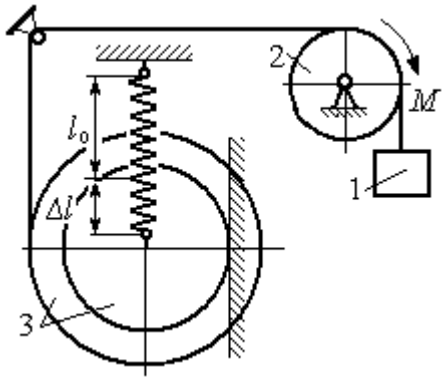


Рис. 6.15. Уравновешивание роликового катка

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).

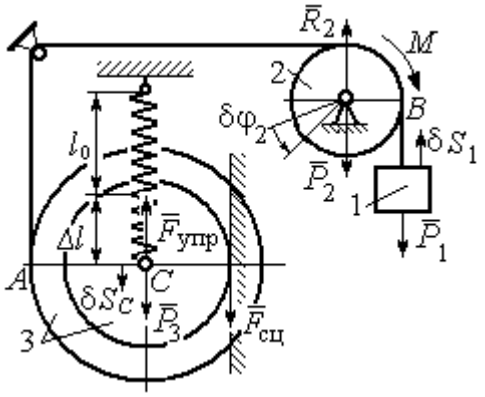


Рис. 6.16. Расчётная схема уравновешивания ролика

Допустим, система находится в равновесии. Дадим центру катка возможное перемещение δS_C, направленное вертикально вниз. При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$, а груз 1 получит бесконечно малое перемещение δS_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 $\delta\varphi_2$, δS_1 блока 2 и груза 1 через перемещение центра катка δS_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.

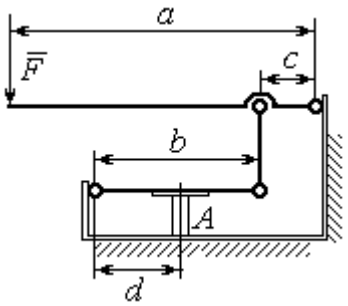


Рис. 6.17. Рычажный пресс

Упражнение 6.3. Конструкция состоит из двух валов, находящихся во внешнем зацеплении, и двух грузов, удерживающихся нитями, намотанными валы (рис. 6.18).

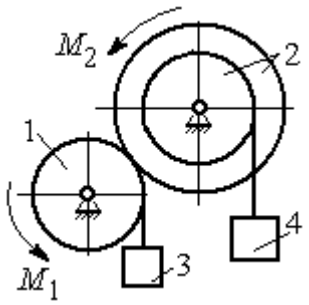


Рис. 6.18. Схема уравновешивания валов

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.

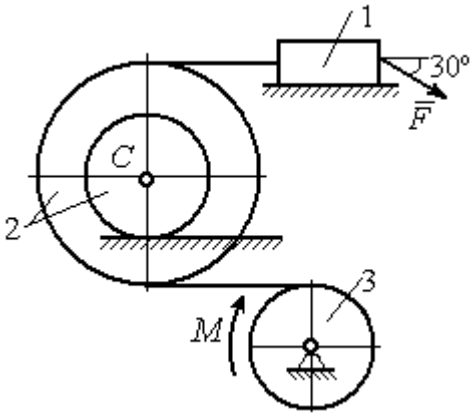


Рис. 6.19. Схема движения механической системы

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.

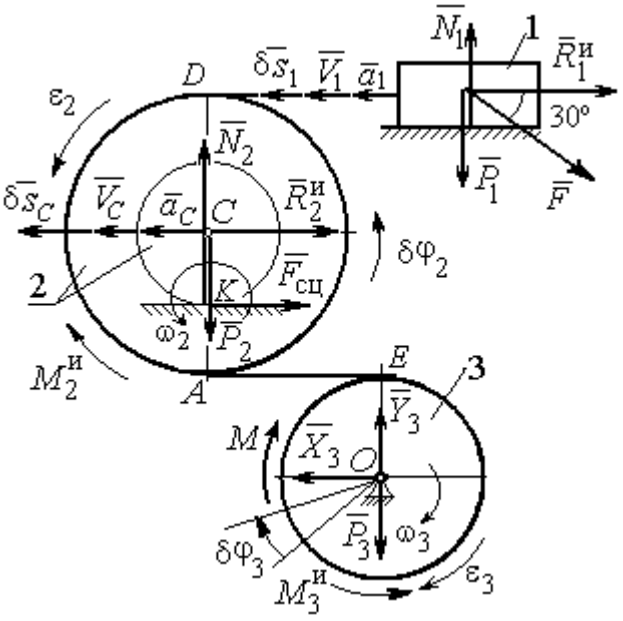


Рис. 6.20. Расчётная схема исследования движения механической системы

Предположим, система движется так, что блок 3 вращается с угловой скоростью ω_3 и угловым ускорением ε_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 ω_2 и ускорения ε_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 ε_2 и ε_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:

$$s_C = 0{,}01t^2 + 0{,}075t^3.$$

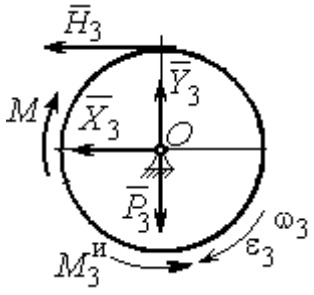


Рис. 6.21. Вращение блока 3

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.

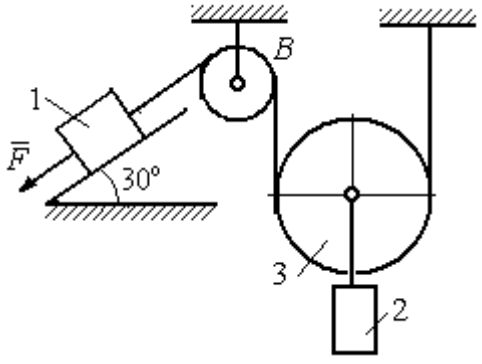


Рис. 6.22. Схема подъёмного устройства

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.

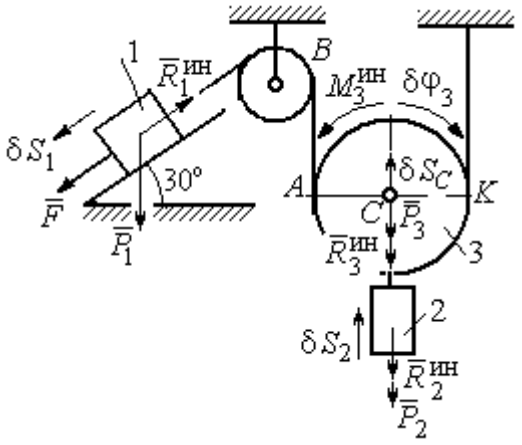


Рис.6.23. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 спустился вниз по наклонной плоскости на расстояние δS_1. В соответствии с приложенными в системе связями центр масс подвижного блока 2 и груз 2 переместились вверх на высоту δS_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 δS_2 и ускорение a_2 груза 2, а также поворот $\delta \varphi_3$ и угловое ускорение ε_3 подвижного блока 3 через перемещение δS_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.

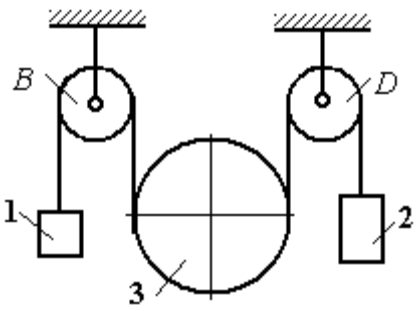


Рис. 6.24. Механическая система с двумя степенями свободы

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.

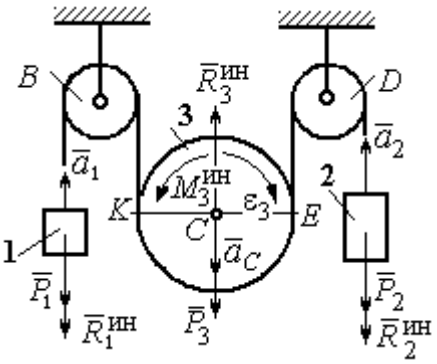


Рис.6.25. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

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 ε_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.

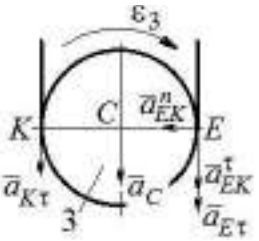


Рис. 6.26. Схема вычисления углового ускорения блока 3

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 δs_1 и δs_2.

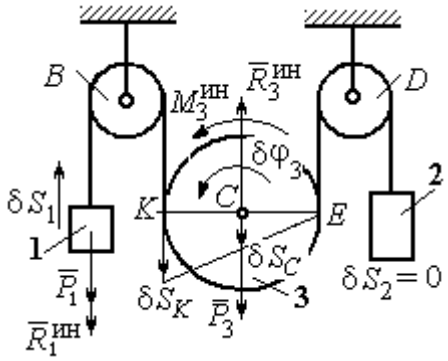


Рис.6.27. Движение системы при перемещении груза 1.

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 поднимается вверх на расстояние δs_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 $\delta s_C = \delta s_E = \frac{1}{2}\delta s_2$.

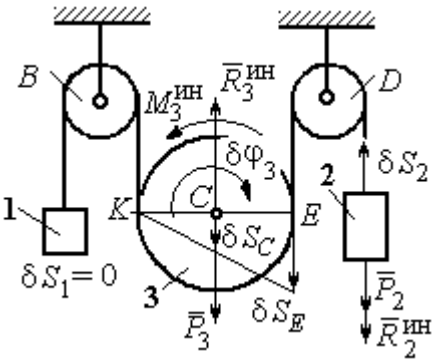


Рис. 6.28. Движение системы при перемещении груза 2

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 δs_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 δs_1 и δs_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 $M_{\text{вр}} = mgr\sin\omega t$.

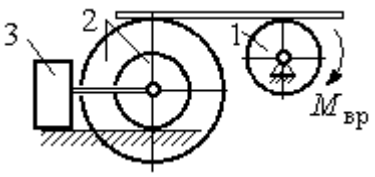


Рис. 6.29. Схема движения механической системы

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.

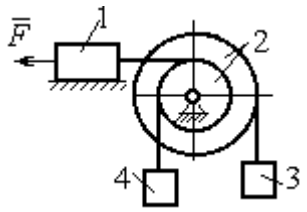


Рис. 6.30. Схема подъёмника

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 δq_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.

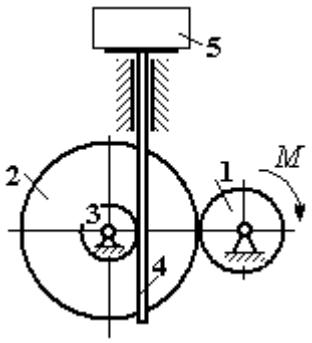


Рис. 6.31. Схема механизма домкрата

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 ω_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 ω_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: $T_4=\frac{m_4 V_4^2}{2}$, $T_5=\frac{m_5 V_4^2}{2}$.

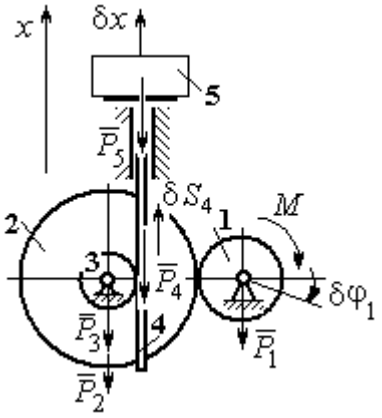


Рис. 6.32. Возможные перемещения звеньев механизма

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 δx грузу 5. При этом линейка 4 переместится на расстояние δs_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 $c = P/r$.

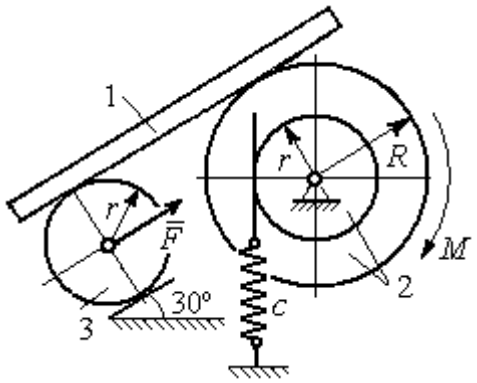


Рис. 6.33. Механическая система с одной степенью свободы

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.

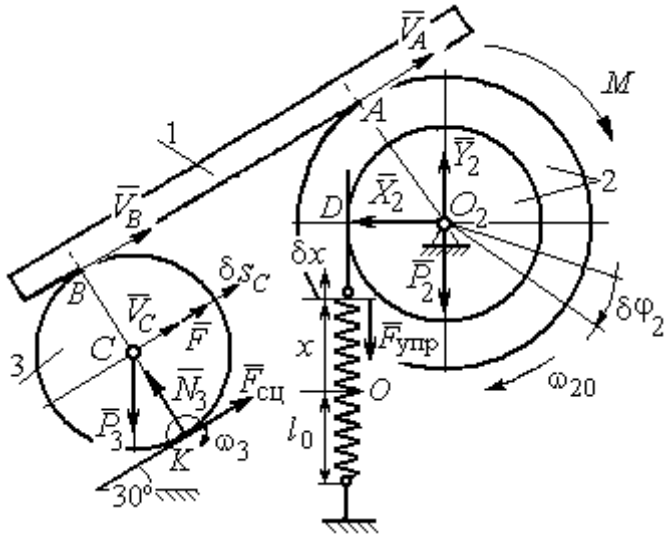


Рис. 6.34 Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Вычислим кинетическую энергию системы. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_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, ω_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 ω_2, ω_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 δx 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 δx 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

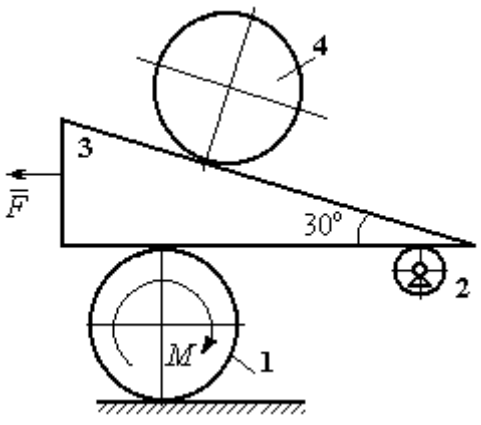


Рис. 6.35. Механическая система с двумя степенями свободы

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: $\dot{x}_4$, $\dot{x}_3$.

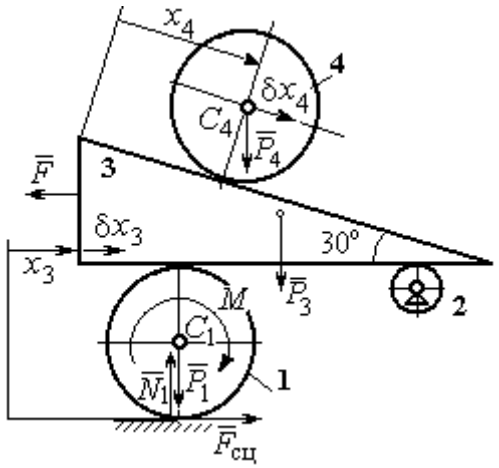


Рис. 6.36. Возможные перемещения механической системы

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, $J_{C_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; ω_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 $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{m_3 \dot{x}_3^2}{2}$.

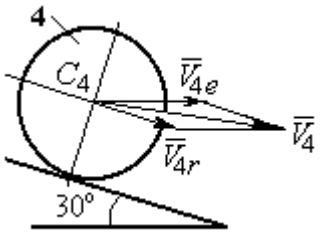


Рис. 6.37. Скорость центра масс катка 4

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 ω_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

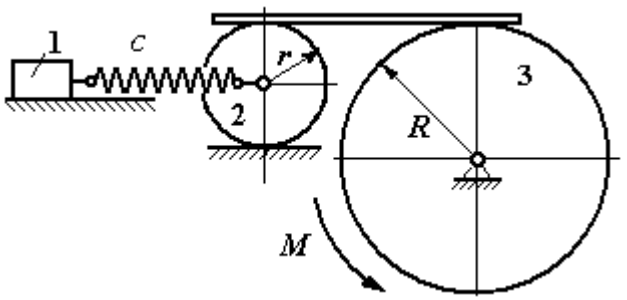


Рис. 6.38. Колебания механической системы с двумя степенями свободы

пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на величину Δl_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, Δl_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 φ_3 поворота блока 3 (рис. 6.39). При этом x_1 является относительной координатой движения груза, а φ_3 – абсолютной координатой вращения блока 3.

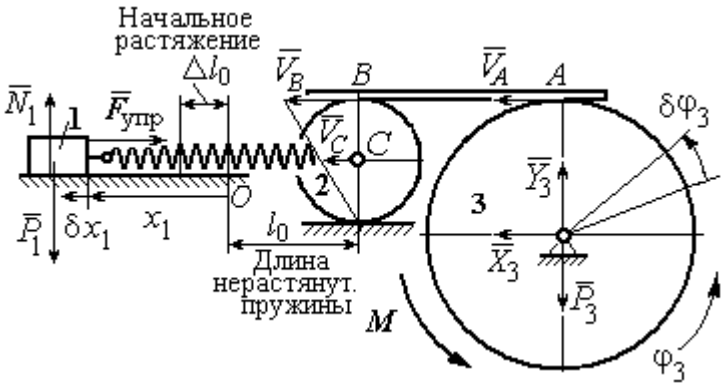


Рис. 6.39. Расчётная схема колебаний механической системы

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_φ – обобщенные силы, соответствующие обобщенным координатам x_1 и φ_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 φ_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 δx_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:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1\dot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\dot{\varphi}_3;\quad \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} = \frac{1}{2}m_1R\dot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\dot{\varphi}_3R^2;$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0,\quad \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = 0.$$

Полные производные по времени:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = m_1\ddot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\ddot{\varphi}_3;\quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) = \frac{1}{2}m_1R\ddot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\ddot{\varphi}_3R^2.$$

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.

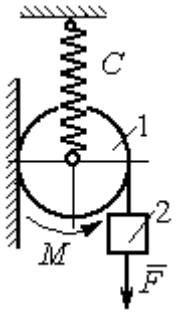


Рис. 6.40. Схема движения катка

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.

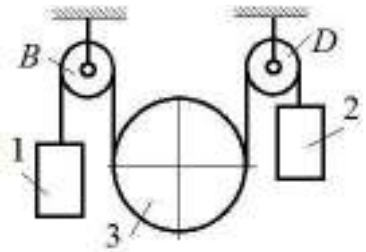


Рис. 6.41. Механическая система с двумя степенями свободы

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.

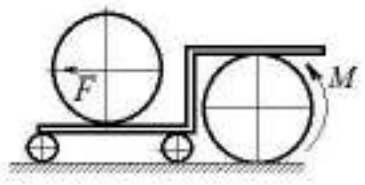


Рис. 6 42. Движение катка в кузове тележки

7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

7.1. Ответы к упражнениям главы 1

1.1

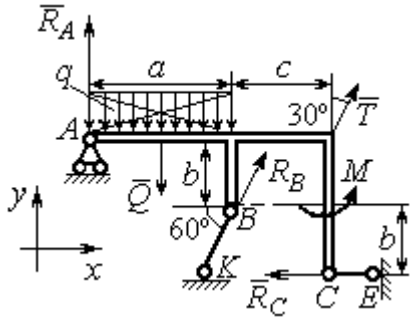


Рис. 7.1. Расчётная схема к упражнению 1.1

$T = 15$ кН, $Q = 15$ кН.

$$R_B\cos60^\circ + T\cos60^\circ - R_C = 0;$$

$$R_A - Q + R_B\cos30^\circ + T\cos30^\circ = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{a}{2} + R_B\cos30^\circ\cdot a + R_B\cos60^\circ\cdot b + T\cos30^\circ\cdot(a+c) + M - R_C\cdot 2b = 0.$$

$R_B = -3{,}8$ кН, $R_C = 5{,}6$ кН, $R_A = 5{,}3$ кН.

1.2

$Q = 9$ кН. $T = 2$ кН.

$$X_A + T\cos30^\circ + Q\cos30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos60^\circ + R_B - T\cos60^\circ - F = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{c}{2} + R_B(b + c\cos60^\circ) - Fc\cos60^\circ + M - T\cos60^\circ(b + c\cos60^\circ) - T\cos30^\circ(a + c\sin60^\circ) = 0.$$

$R_B = 10{,}02$ кН, $X_A = -9{,}53$ кН, $Y_A = -0{,}52$ кН.

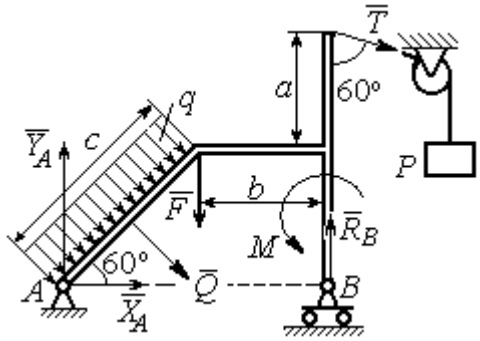


Рис. 7.2. Расчётная схема к упражнению 1.2

1.3

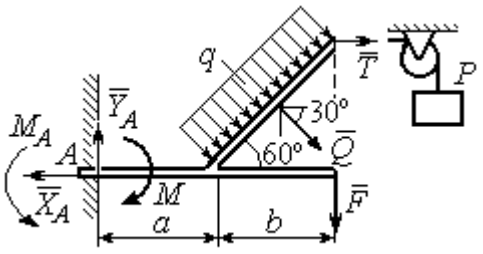


Рис. 7.3. Расчётная схема к упражнению 1.3

$Q = 8$ кН. $T = 3$ кН.

$$-X_A + T + Q\cos30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos60° - F = 0;$$

$$-T2b\cos30° - F(a+b) + M_A - M - Q\cos60°\left(a + \frac{b}{2}\right) - Q\cos30^\circ\left(b\cos30^\circ\right) = 0.$$

$M_A = 18{,}61$ кН·м, $X_A = 9{,}93$ кН, $Y_A = 6$ кН.

1.4

$Q = 6{,}93$ кН, $T = 2$ кН.

$$-X_B - T + Q\cos 30^\circ + F\cos 60^\circ = 0;$$

$$R_A - Q\cos 60^\circ + Y_B - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$-\frac{Qa}{2\cos 30^\circ} + Y_B\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + Ta - Fa\cos 60^\circ -$$

$$-F\cos 30^\circ\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + M = 0.$$

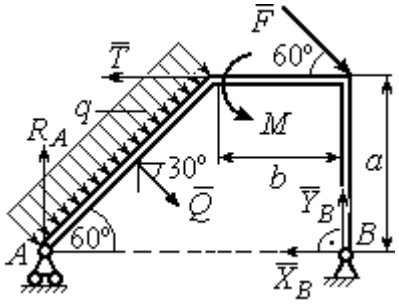


Рис.7.4. Расчётная схема к упражнению 1.4

$R_A = 0{,}72$ кН, $X_B = -5{,}5$ кН, $Y_B = 5{,}34$ кН.

1.5

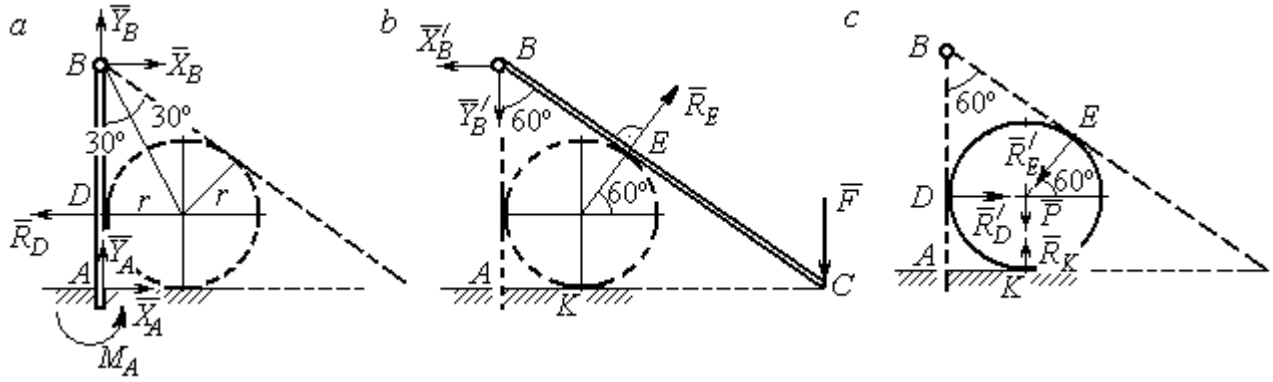


Рис. 7.5. Расчётные схемы к упражнению 1.5:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BC*; *c* – равновесие шара

$X_B = X'_B$, $Y_B = Y'_B$, $R_D = R'_D$, $R_E = R'_E$.

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

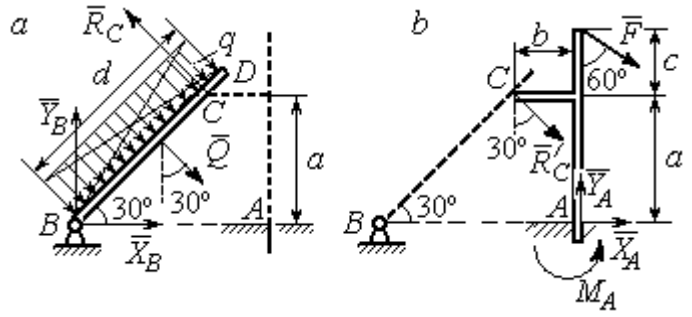


Рис. 7.6. Расчётные схемы к упражнению № 1.6:
a – равновесие балки *BD*; *b* – равновесие балки *AC*

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.

$$X_A + R_B - T\cos 60^\circ + F = 0;$$

$$Y_A - Q_1 - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$M_A - R_B(b + c)\cos 30^\circ + Q_1\frac{a}{2} +$$

$$+ T\cos 30^\circ a + T\cos 60^\circ c\cos 30^\circ -$$

$$- F\left[c + (b + c)\cos 30^\circ\right] = 0.$$

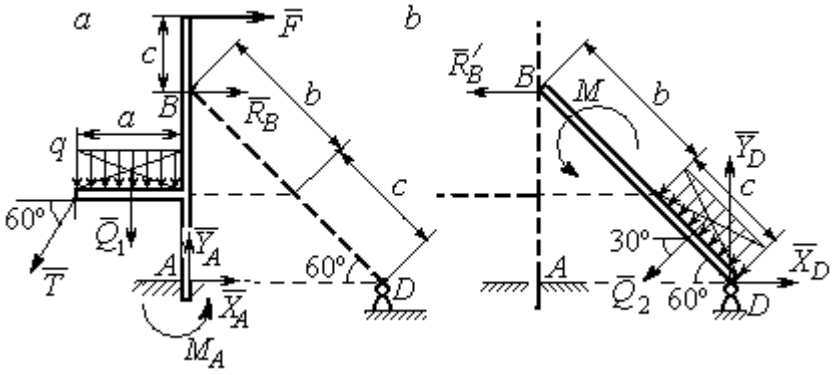


Рис. 7.7. Расчётные схемы к упражнению 1.7:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BD*

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. $R'_B = R_B$.

$$X_A - R'_B\cos60^\circ = 0;$$

$$Y_A - R'_B\cos30^\circ + F = 0;$$

$$M_A - R'_B AB + F \cdot AC\cos30^\circ = 0.$$

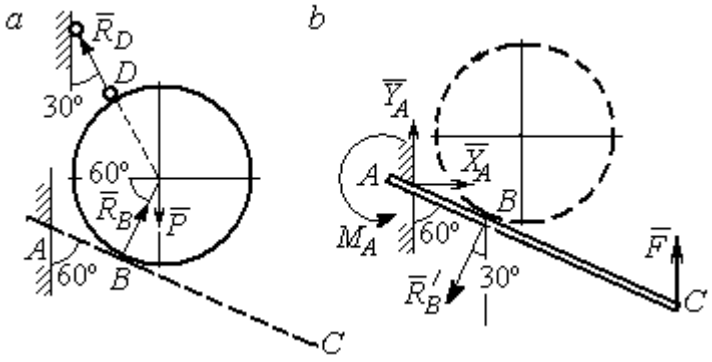


Рис. 7.8. Расчётные схемы к упражнению 1.8:
a – равновесие шара; *b* – равновесие балки *AC*

$X_A = 2{,}89$ кН, $Y_A = 0$ кН, $M_A = -11{,}55$ кН·м, $R_B = 5{,}77$ кН, $R_D = 5{,}77$ кН.

1.9

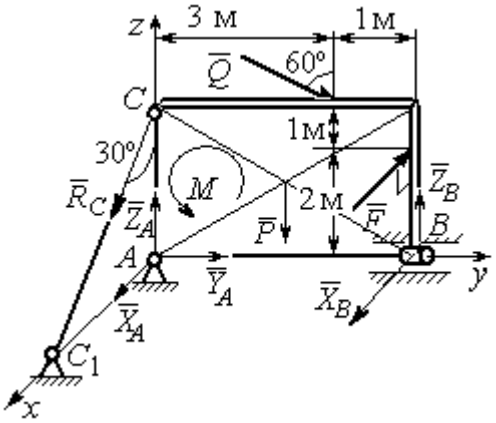


Рис. 7.9. Расчётная схема
к упражнению 1.9

$$X_A + R_C\cos60^\circ + X_B - F = 0;$$

$$Y_A + Q\cos30^\circ = 0;$$

$$Z_A - R_C\cos30^\circ - Q\cos60^\circ + Z_B - P = 0;$$

$$M - Q\cos60^\circ \cdot 3 - Q\cos30^\circ \cdot 3 + Z_B \cdot 4 - P \cdot 2 = 0;$$

$$R_C\cos60^\circ \cdot 3 - F \cdot 2 = 0,\ -X_B \cdot 4 + F \cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}34$ 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

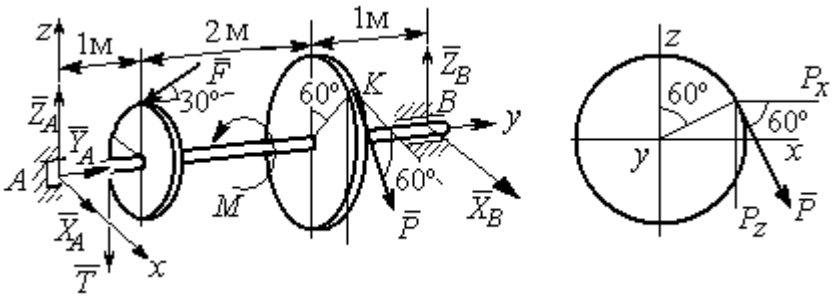


Рис. 7.10. Расчётные схемы к упражнению 1.10

$T = Q = 3$ 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

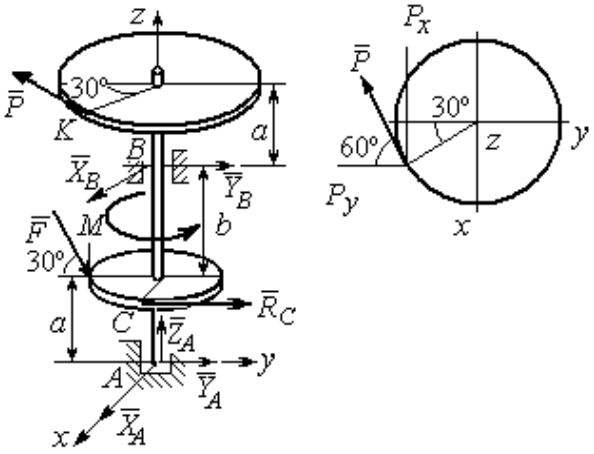


Рис. 7.11. Расчётные схемы к упражнению 1.11

$R_C = Q = 3$ 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

$$T = Q = 3 \text{ кН}.$$

$$X_A + T + X_D = 0;\ Y_A - F + P\cos 60^\circ = 0,$$

$$Z_A + Z_D + P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Fa\sin 30^\circ + Z_D(b+2a) + P(2b+2a)\cos 30^\circ = 0;$$

$$Ta\sin 30^\circ - Pa\cos 30^\circ + M = 0;$$

$$-Ta - X_D(b+2a) + Pa\cos 60^\circ + Fa\cos 30^\circ = 0.$$

$$X_A = 0{,}8 \text{ кН},\quad Y_A = 2{,}56 \text{ кН},\ \ Z_A = 1{,}3 \text{ кН};$$

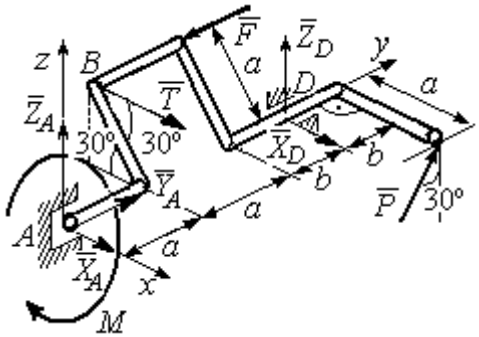


Рис. 7.12. Расчётная схема к упражнению 1.12

$$P = 2{,}89 \text{ кН},\ X_D = 0{,}76 \text{ кН},\ Z_D = -3{,}80 \text{ кН}.$$

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:

$$T_{\max} - F_{\text{тр}\,A} - N_B = 0;$$

$$-F_{\text{тр}\,B} + N_A - Q = 0;$$

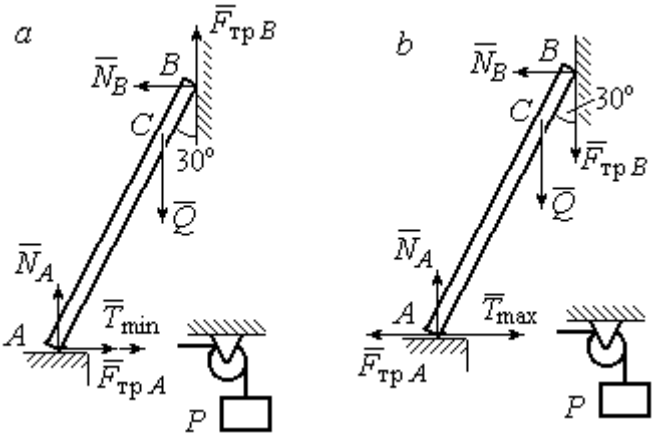


Рис. 7.13. Расчётные схемы к упражнению 1.13:
a – расчёт минимального веса груза;
b – расчёт максимального веса груза

$$-F_{\text{тр}\,B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,A} = f N_A,\ \ F_{\text{тр}\,B} = f N_B.$$

$$T_{\min} = 31.77 \text{ Н} < P < T_{\max} = 130{,}51 \text{ Н}.$$

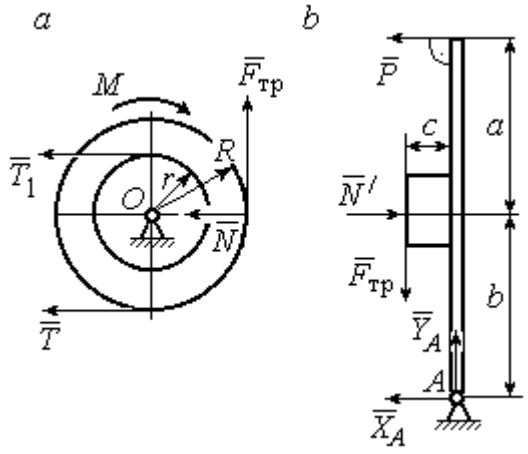


Рис. 7.14. Расчётные схемы
к упражнению 1.14:
a – равновесие шкива; *b* – равновесие рычага

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

$$\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2},\ \omega_1(1) = |\omega_{1z}(1)| = 3 \text{ рад/с}.$$

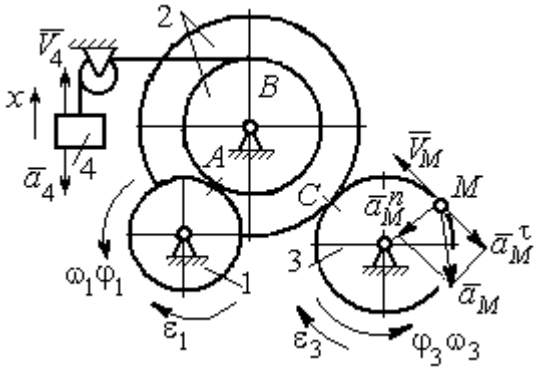


Рис. 7.15. Расчётная схема к упражнению 2.1

$$\omega_{3z} = \omega_{1z}\frac{R_1}{r_2}\frac{R_2}{R_3} = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)\frac{4}{3};$$

$$\omega_3(1) = |\omega_{3z}(1)| = 4 \text{ рад/с}.$$

$$V_M(1) = \omega_3(1)R_3 = 40 \text{ см/с}.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{2\pi^2}{3}\sin\frac{\pi t}{2},\quad \varepsilon_{3z}(1) = -\frac{2\pi^2}{3};$$

$$\varepsilon_3(1) = |\varepsilon_{3z}(1)| = \frac{2\pi^2}{3} = 6{,}58 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_M^n + \bar{a}_M^\tau,\ a_M^n(1) = \omega_3^2(1)R_3 = 160 \text{ см/с}^2,\ a_M^\tau(1) = \varepsilon_3(1)R_3 = 65{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M(1) = 173 \text{ см/с}^2.$$

$$V_{4x} = V_A = \omega_{1z}R_1 = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)8;\ V_4(1) = |V_{4x}(1)| = 24 \text{ см/с}.$$

$$\dot{V}_{4x} = -4\pi^2\sin\frac{\pi t}{2},\ \dot{V}_{4x}(1) = -4\pi^2;\ a_4(1) = |\dot{V}_{4x}(1)| = 39{,}48 \text{ см/с}^2.$$

2.2

$$V_{4x} = \dot{x}_4 = 1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3};$$

$$V_{4x}(3) = 2{,}05 \text{ м/с},\ V_4 = |V_{4x}(3)|$$

$$\omega_{3z} = \frac{V_{4x}}{r_3} = \frac{1}{r_3}\left(1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3}\right);$$

$$\omega_{3z}(3) = 6{,}83 \text{ рад/с};\ \omega_3 = |\omega_{3z}(3)|.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = \frac{1}{r_3}\left(\frac{\pi^2}{9}\sin\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi^2}{9}\cos\frac{\pi t}{3}\right).$$

$$\varepsilon_{3z}(3) = 3{,}65 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}(3)|.$$

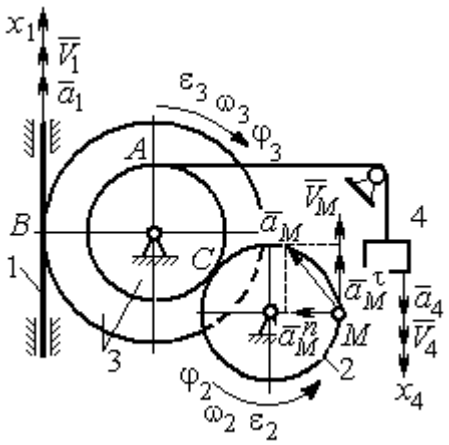


Рис. 7.16. Расчётная схема к упражнению 2.2

$$\frac{\omega_3}{\omega_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \omega_2=\omega_3\frac{r_3}{R_2}=10{,}25\ \text{рад/с};\ V_M=\omega_2 R_2=2{,}05\ \text{м/с}.$$

$$\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \varepsilon_2=\varepsilon_3\frac{r_3}{R_2}=5{,}47\ \text{рад/с}^2.$$

$$a_M^n=\omega_2^2 R_2=20{,}4\ \text{м/с}^2;\ \ a_M^\tau=\varepsilon_2 R_2=1{,}09\ \text{м/с}^2.$$

$$a_M=\sqrt{\left(a_M^n\right)^2+\left(a_M^\tau\right)^2}=20{,}43\ \text{м/с}^2.$$

$$V_1=\omega_3 R_3=2{,}73\ \text{м/с};\ a_1=\dot V_1=\dot\omega_3 R_3=\varepsilon_3 R_3=2{,}19\ \text{м/с}^2.$$

2.3

$$BP_2=BC\cos30^\circ=4{,}33\ \text{см};\ CP_2=2{,}5\ \text{см}.$$

$$\omega_{BC}=\frac{V_B}{BP_2}=1{,}15\ \text{рад/с};\ \ V_C=\omega_{BC}CP_2=2{,}87\ \text{см/с};$$

$$\omega_1=\frac{V_C}{CP_1}=0{,}72\ \text{рад/с};\ EP_1=2R_1\cos30^\circ=3{,}46\ \text{см};$$

$$V_E=\omega_1 EP_1=2{,}49\ \text{см/с};\ EP_3=2AE\cos30^\circ=10{,}39\ \text{см};$$

$$\omega_{AE}=\frac{V_E}{EP_3}=0{,}24\ \text{рад/с};\ EA=AP_3;$$

$$V_A=\omega_{AE}AP_3=1{,}44\ \text{см/с},\ \ \omega_{AO}=\frac{V_A}{AO}=0{,}24\ \text{рад/с}.$$

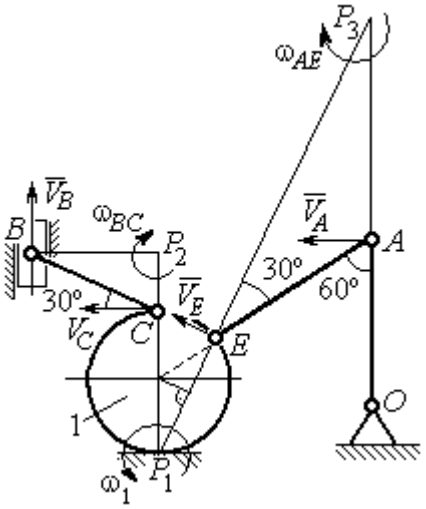


Рис. 7.17. Расчётная схема к упражнению 2.3

2.4

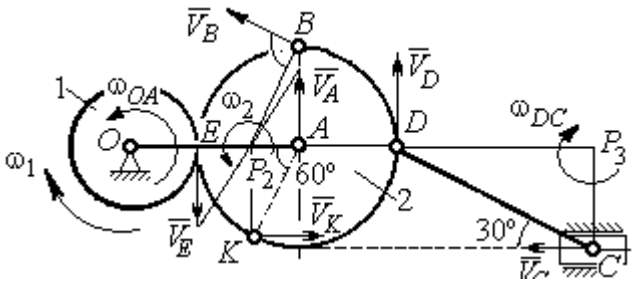


Рис. 7.18. Расчётная схема к упражнению 2.4

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

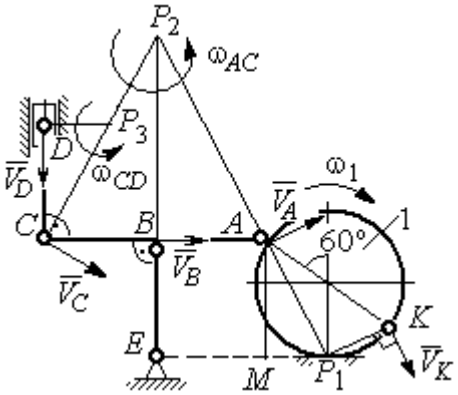


Рис. 7. 19. Расчётная схема к упражнению 2.5.

$BE = 1{,}5R_1$; $R_1 = 2{,}67$ 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.

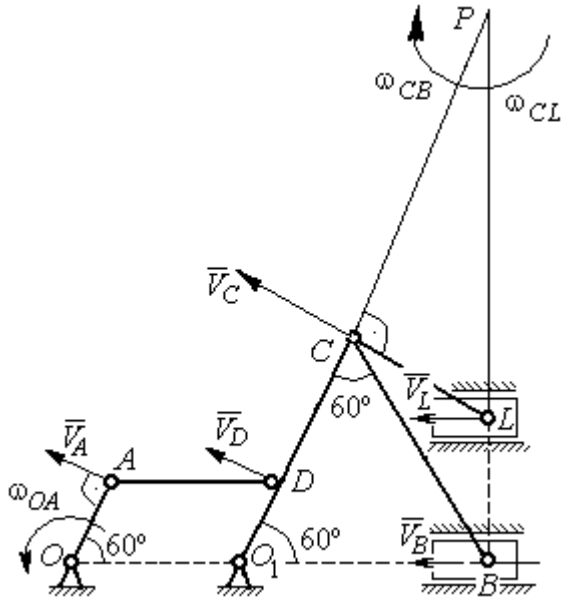


Рис. 7.20. Расчётная схема к упражнению 2.6.

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.

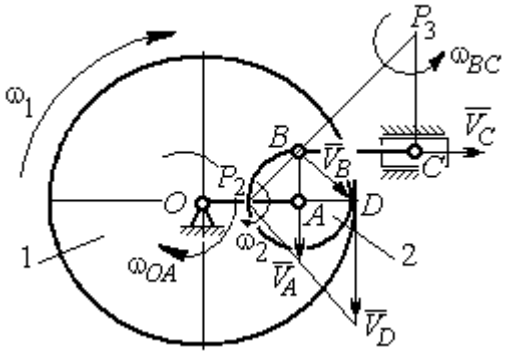


Рис. 7.21. Расчётная схема к упражнению 2.7

2.8

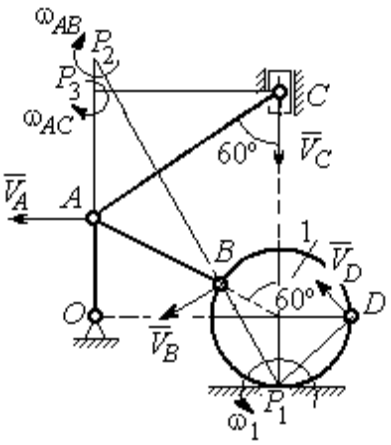


Рис. 7.22. Расчётная схема к упражнению 2.8

$AC = AB + R_1 = 12$ 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.

$BP_1 = 2R_1 \cos 30^\circ = 3{,}46$ см; $\omega_1 = \dfrac{V_B}{BP_1} = 1{,}45$ рад/с.

$DP_1 = R_1\sqrt{2} = 2{,}82$ см; $V_D = \omega_1 DP_1 = 4{,}09$ см/с.

2.9

$V_A = \omega_{OA} OA = 12$ см/с; $AP = 2AB = 2BC \cdot \text{tg}60^\circ = 27{,}71$ см.

$\omega_{AB} = \dfrac{V_A}{AP} = 0{,}43$ рад/с; $V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ$; $V_B = 10{,}38$ см/с.

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BC} = 1{,}29 \text{ рад/с}.$$

$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}$; $\bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC}$, $a_C = 0$.

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO},\ a_O = 0.$$

$$\bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC} = \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO} + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти a^τ_{BC}

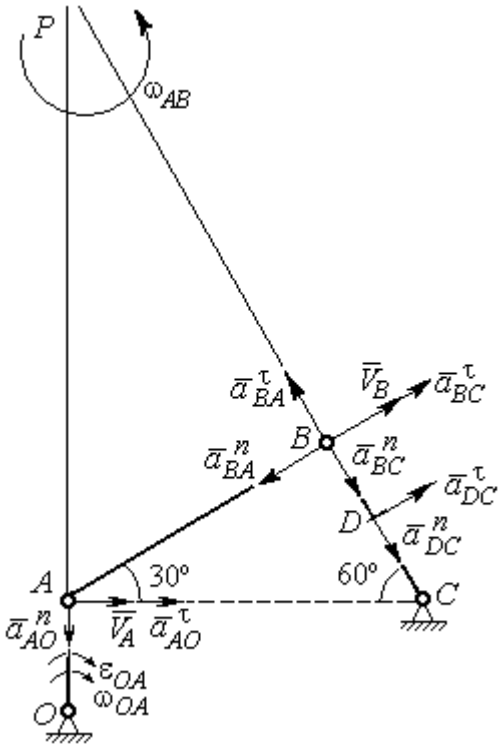


Рис. 7.23. Расчётная схема к упражнению 2.9

$$a^n_{AO} = \omega^2_{AO} \cdot AO = 36 \text{ см/с}^2;$$

$$a^\tau_{AO} = \varepsilon_{AO} \cdot AO = 8 \text{ см/с}^2;$$

$$AB = BC \cdot \text{tg}60^\circ = 13{,}86 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 2{,}56 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{AB} = \varepsilon_{AB} AB.$$

$$a^n_{BC} = \omega^2_{BC} \cdot BC = 13{,}31 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{BC} = \varepsilon_{BC} BC.$$

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

$$V_A = \omega_1 r_1 = 12 \text{ см/с};\ P_2 A = \frac{1}{2} BC = 5 \text{ см}.$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{P_2 A} = 2{,}4 \text{ рад/с}.$$

$$V_B \cos 30^\circ = V_A \cos 60^\circ;\ V_B = 6{,}93 \text{ см/с}.$$

$$P_3 B = BC\cos 30^\circ = 8{,}66 \text{ см};$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{P_3 B} = 0{,}8 \text{ рад/с}.$$

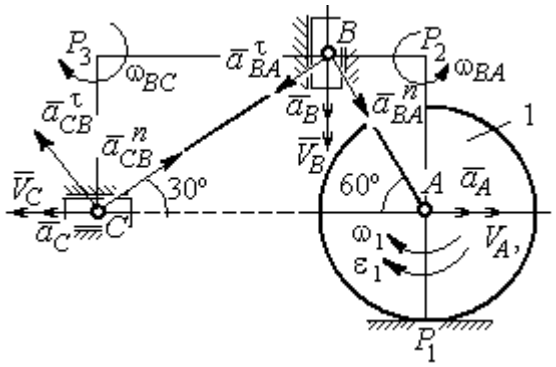


Рис. 7.24. Расчётная схема к упражнению 2.10

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ 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.

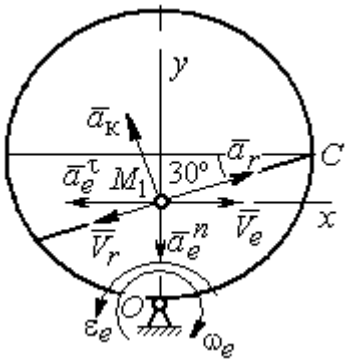


Рис. 7.25. Расчётная схема к упражнению 3.1

$$V_r = \dot S_r = \frac{40\pi}{9}\cos\frac{\pi t}{3};\ V_r(1) = 6{,}98 \text{ см/с}.$$

$$\omega_e(1) = 0{,}5 \text{ рад/с};\ OM_1 = R - \frac{1}{2}CM_1 = 4{,}23 \text{ см}.$$

$$V_e = \omega_e OM_1;\ \ V_e(1) = 2{,}12 \text{ см/с}.$$

$$\bar V_M = \bar V_e + \bar V_r.$$

$$V_{Mx} = V_e - V_r\cos30° = -3{,}93 \text{ м/с};\ V_{My} = -V_r\cos60° = -3{,}49 \text{ м/с};$$

$$V_M = \sqrt{(V_{Mx})^2 + (V_{My})^2} = 5{,}26 \text{ см/с}.$$

$$\bar a_M = \bar a_e + \bar a_r + \bar a_к.$$

$$\bar a_e = \bar a^n_e + \bar a^\tau_e,\ \ a^n_e = \omega^2_e OM_1;\ \ a^n_e(1) = 1{,}06 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot\omega_e = -\frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3},\ \ \dot\omega_e(1) = -0{,}91 \text{ рад/с}^2;\ \ \varepsilon_e = |\dot\omega_e(1)| = 0{,}91 \text{ рад/с}^2,$$

$$a^\tau_e(1) = \varepsilon_e\cdot OM_1 = 3{,}85 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot{V}_r = -\frac{40\pi^2}{27}\sin\frac{\pi t}{3},\ \dot{V}_r(1) = -12{,}66;\ a_r = \left|\dot{V}_r(1)\right| = 12{,}66 \text{ см/с}^2$$

$$a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 6{,}98 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r + \bar{a}_к.$$

$$a_{Mx} = -a_e^\tau + a_r\cos 30° - a_к\cos 60° = 3{,}62 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = -a_e^n + a_r\cos 60° + a_к\cos 30° = 11{,}31 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 11{,}87 \text{ см/с}^2.$$

3.2

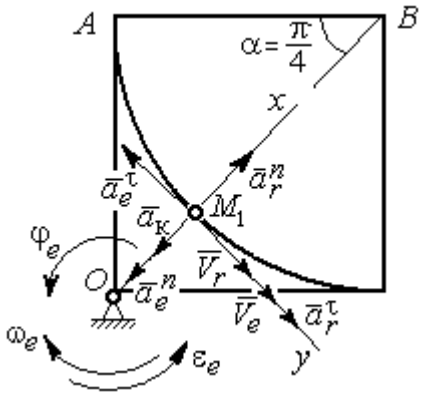


Рис. 7.26. Расчётная схема к упражнению 3.2

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

$$m\ddot{x} = F - P\cos 60° - F_{\text{тр}}, \quad m\ddot{y} = N - P\cos 30° = 0.$$

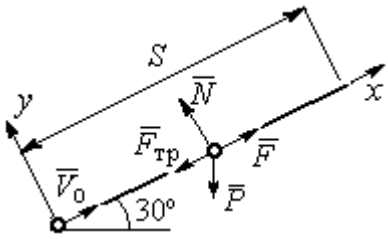


Рис. 7.27. Расчётная схема к упражнению 4.1

$$F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 30°;$$

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}kt - 3{,}4, \quad \dot{x} = \frac{1}{4}kt^2 - 3{,}4t + V_0;$$

$$x = \frac{1}{12}kt^3 - 1{,}7t^2 + V_0 t.$$

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

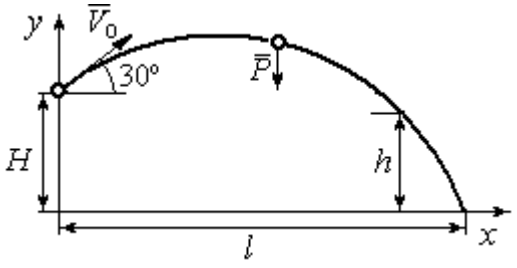


Рис. 7.28. Расчётная схема к упражнению 4.2

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:

$t = 1$ с; $y = h = 7$ 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

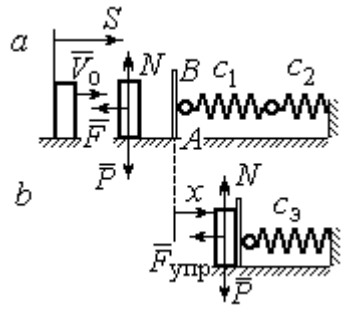


Рис. 7.29. Расчётная схема к упражнению 4.3: *a* – движение груза до начала колебаний; *b* – колебания груза

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:

$$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\frac{c_э}{m}} = 10{,}33 \text{ рад/с}.$$

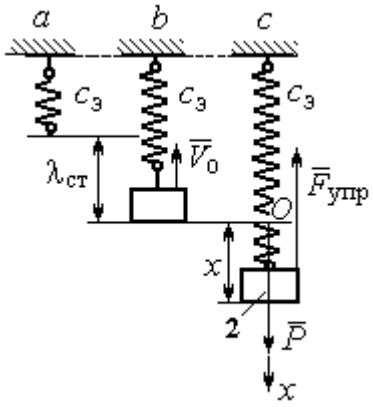


Рис. 7.30. Расчётная схема к упражнению 4.4: *a* – нерастянутая пружина; *b* – положение статического равновесия; *c* – произвольное положение груза

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 $V_C^2 = V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right]$.

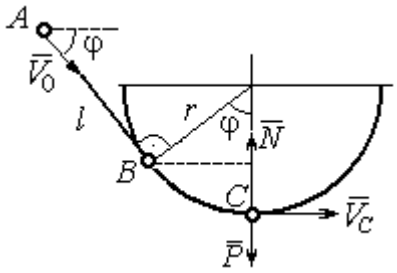


Рис. 7.31. Расчётная схема к упражнению 4.5

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:

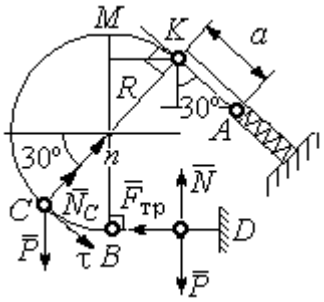


Рис. 7.32. Расчётная схема к упражнению 4.6

$-\frac{mV_B^2}{2} = -fNs$, 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

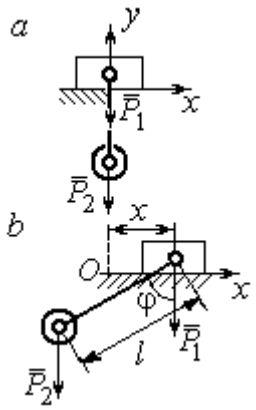


Рис. 7.33. Расчётная схема к упражнению 5.1:
a – начальное положение системы;
b – произвольное положение

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: $\dfrac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

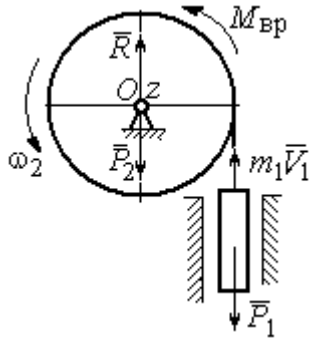


Рис. 7.34. Расчётная схема к упражнению 5.2

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: $T - T_0 = \sum A(F_k)$, $T_0 = 0$.

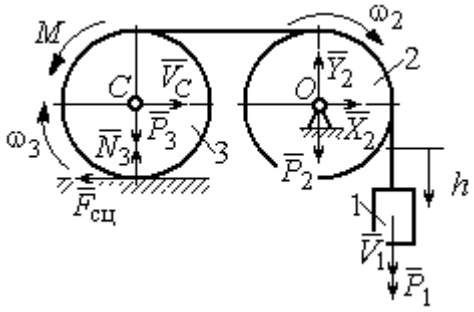


Рис. 7.35. Расчётная схема к упражнению 5.3

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

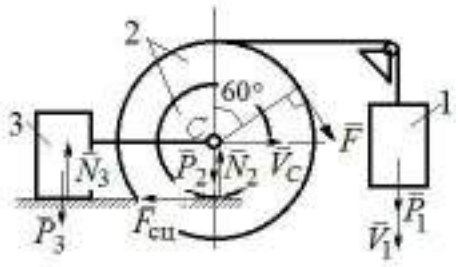


Рис. 7.36. Расчётная схема к упражнению 5.4

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:

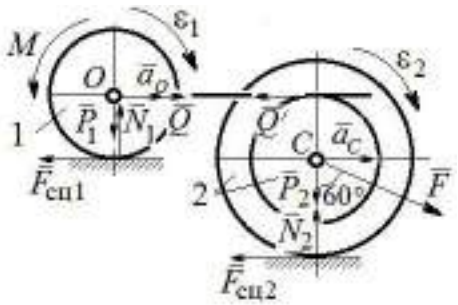


Рис. 7.37. Расчётная схема к упражнению 5.5

$$m_1 a_O = Q - F_{\text{сц1}},\ J_{1O}\varepsilon_1 = F_{\text{сц1}}r - M;$$

$$m_2 a_C = -Q' - F_{\text{сц2}} + F\cos 30°;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = F_{\text{сц2}}3r - Q'r.$$

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.

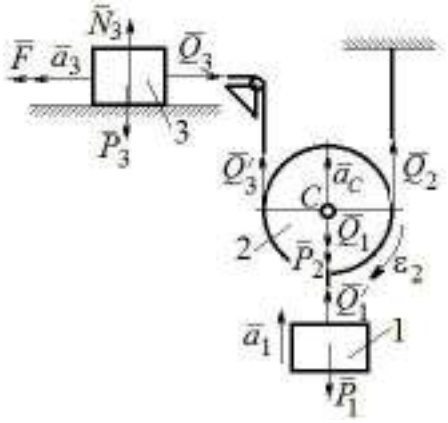


Рис. 7.38. Расчётная схема к упражнению 5.6

Уравнения движения тел:

$$m_3a_3 = F - Q_3,\ m_2a_C = Q'_3 + Q_2 - P_2 - Q_1;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = Q'_3r - Q_2r,\ m_1a_1 = Q'_1 - P_1.$$

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:

$$m_1a_1 = P_1\cos 30° - Q_1;\ \ m_3a_3 = Q_3;$$

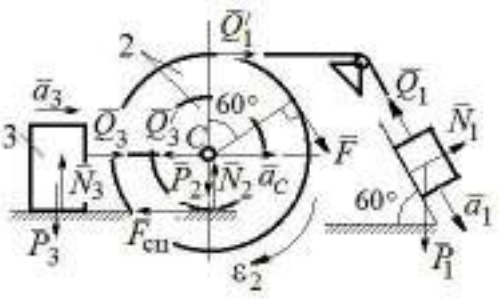


Рис. 7.39. Расчётная схема к упражнению 5.7

$$m_2 a_C = Q_1' - Q_3' - F_{\text{сц}} + F\cos 60^\circ;\ J_{2C}\varepsilon_2 = Q_1' R + FR + F_{\text{сц}} r,\ J_{2C} = m_2 i_2^2.$$

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:

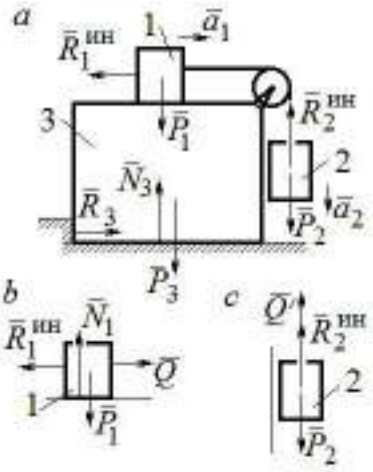


Рис. 7.40. Расчётная схема к упражнению 6.1

$$R_3 - R_1^{\text{ин}} = 0,\ N_3 - P_3 - P_1 - P_2 + R_2^{\text{ин}} = 0.$$

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

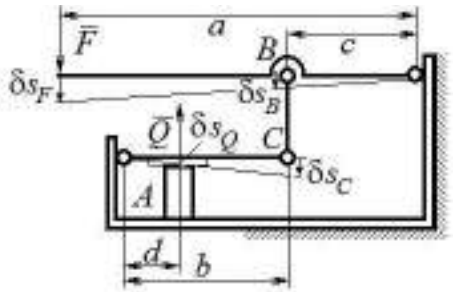


Рис. 7.41. Расчётная схема к упражнению 6.2

Активными силами в системе являются силы $\vec{F}$ и $\vec{Q}$. Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия: $\delta A(\vec{F}) + \delta A(\vec{Q}) = 0$ или $F\delta s_F - Q\delta s_Q = 0$, где δs_F и δs_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 δs_B и δs_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.

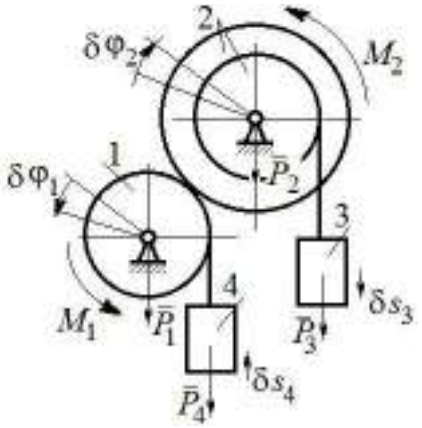


Рис. 7.42. Расчётная схема к упражнению 6.3

Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(\vec{P}_3) + \delta A(\vec{P}_4) + \delta A(M_1) + \delta A(M_2) = 0 \text{ или}$$

$$P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4 + M_1\delta\varphi_1 - M_2\delta\varphi_2 = 0,$$

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).

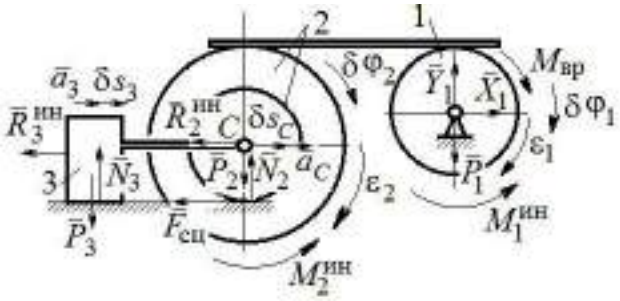


Рис. 7.43. Расчётная схема к упражнению 6.4

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: $\delta s_C = \delta s_3$, $a_C = a_3$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_3}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{r}$, $\delta\varphi_1 = \dfrac{3\delta s_3}{r}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{3a_3}{r}$.

Присоединим к телам системы силы инерции.

Модули главных векторов сил инерции: $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_3 = ma_3$;

$R_2^{\text{ин}} = m_2 a_C = 2ma_3$; $M_2^{\text{ин}} = m_2 i_2^2 \varepsilon_2 = 4{,}5mra_3$; $M_1^{\text{ин}} = \dfrac{m_1 R_1^2}{2}\varepsilon_1 = 1{,}5mra_3$.

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:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = m\left(3g\sin\omega t - 12a_3\right)\delta s_3 = 0.$$

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

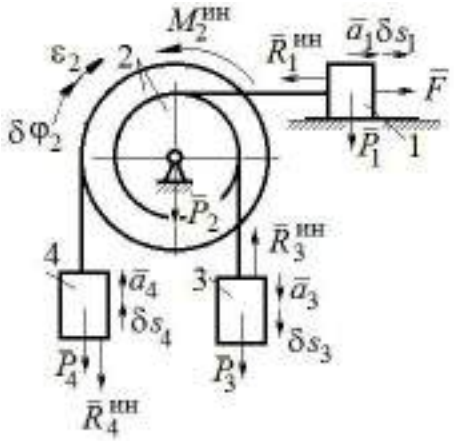


Рис. 7.44. Расчётная схема к упражнению 6.5

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 $\dot{x}$.

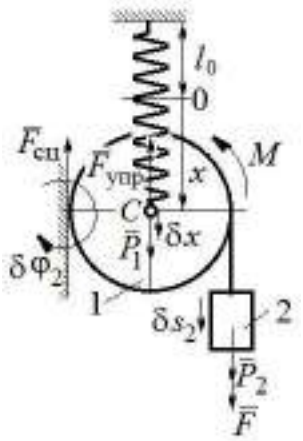


Рис. 7.45. Расчётная схема к упражнению 6.6

Кинетическая энергия катка: $T_1=\frac{1}{2}m_1V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_1^2$, где ω_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 δx (см. рис. 7.45). Элементарная работа активных сил $\sum\delta A(F_к)=P_1\delta x-F_{упр}\delta x+(P_2+F)\delta s_2-M\delta\varphi_1$. Полагая перемещения $\delta s_2=2\delta x$, $\delta\varphi_1=\frac{\delta x}{r}$, модуль силы упругости $F_{упр}=cx$ и с учётом данных задачи, получим $\sum\delta A(F_к)=(3P-cx)\delta x$. 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:

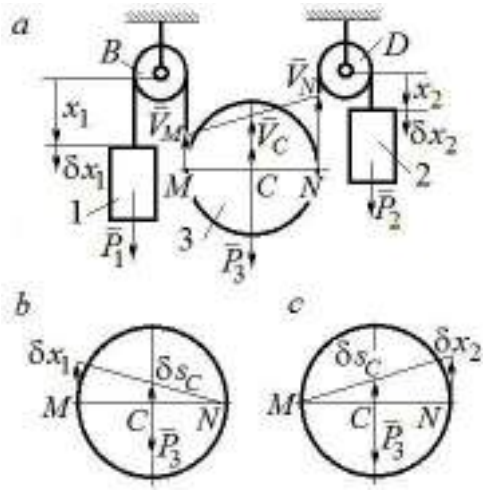


Рис. 7.46. Расчётная схема к упражнению 6.7:
a – кинематика механизма;
b, *c* – возможные перемещения блока 3 при вычислении обобщённых сил

$$T_1 = \frac{P_1 \dot{x}_1^2}{2g},\ T_2 = \frac{P_2 \dot{x}_2^2}{2g};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{2g}\left(\frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}\right)^2.$$

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*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_2 \delta x_2 - P_3 \delta s_C = \left(P_2 - \frac{1}{2} P_3 \right) \delta x_2 .$$

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.

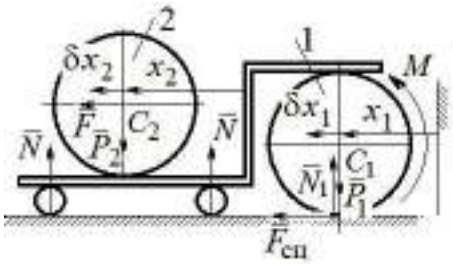


Рис. 7.47. Расчётная схема к упражнению 6.8

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

$$\sum \delta A(F_к) = M \delta \varphi_1 + F \delta s_{C_2} = M \frac{\delta x_1}{r} + F 2\delta x_1 = 4P \delta x_1 .$$

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

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*).

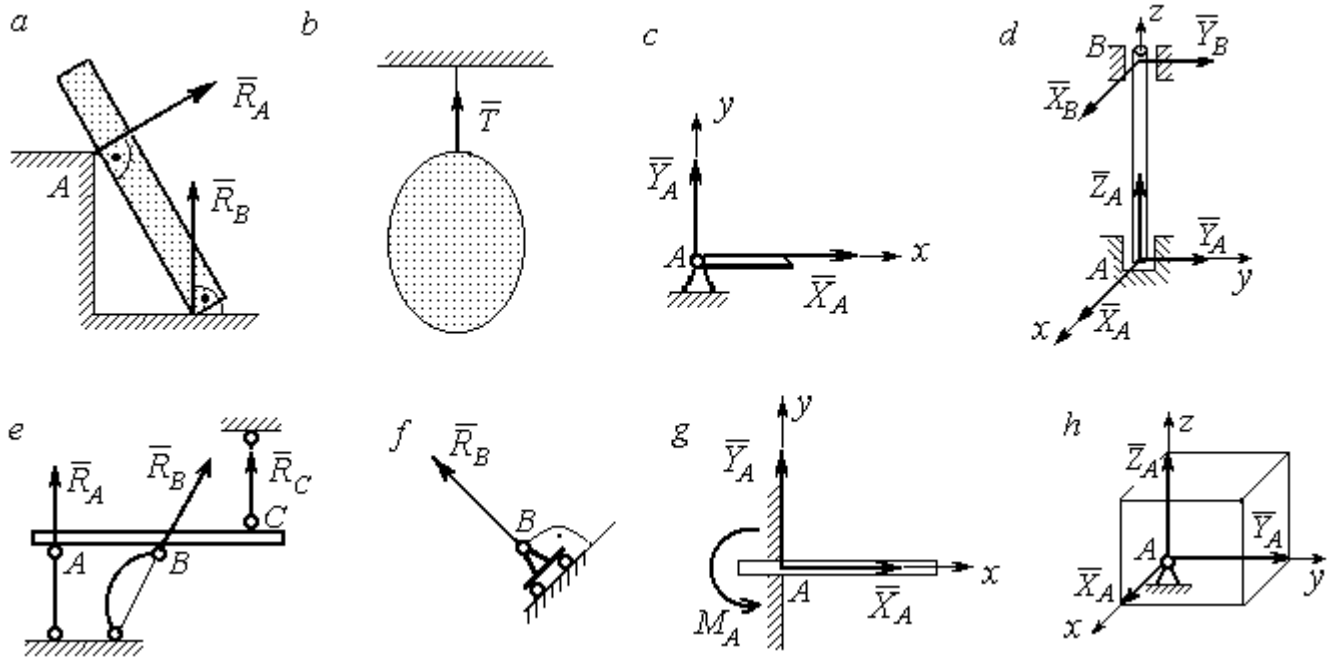


Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
a – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой 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.

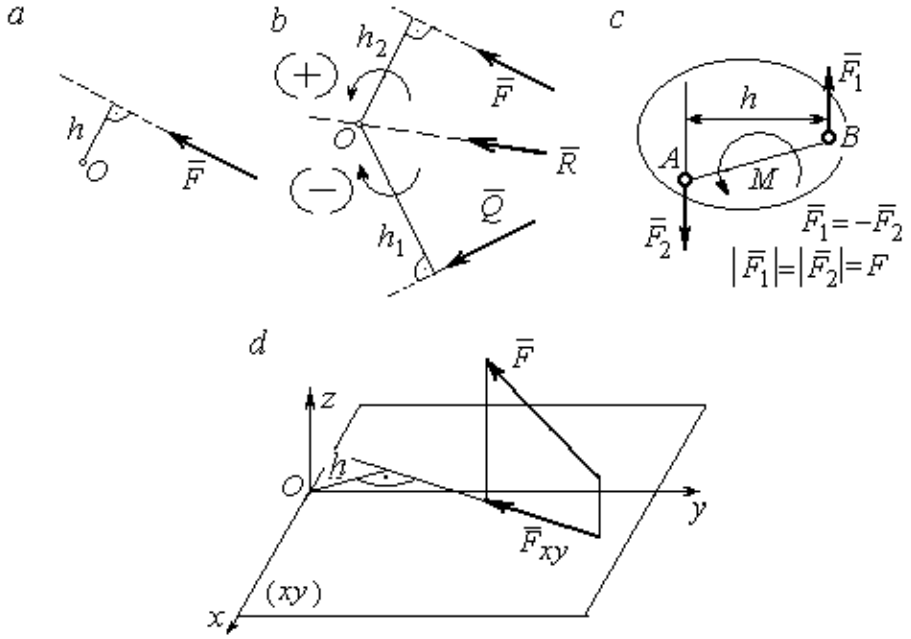


Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
d – момент силы относительно оси

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

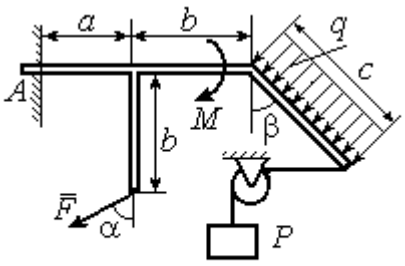
Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

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.

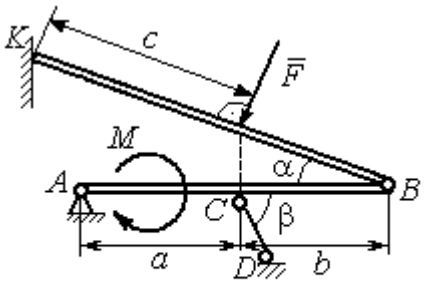
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

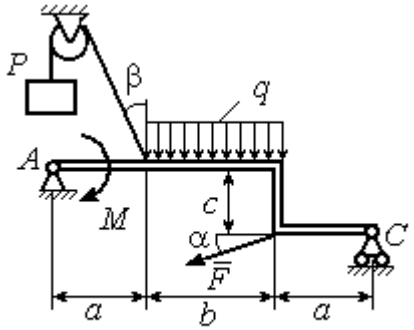
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

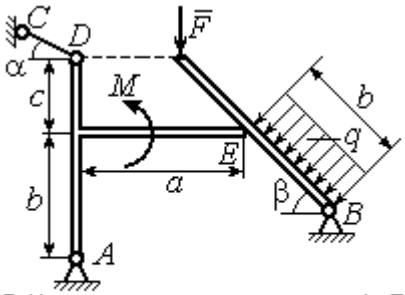
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

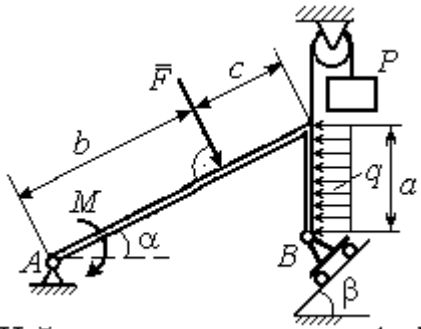
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию опоры в точке E и реакцию стержня CD

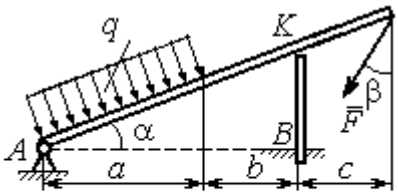
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Найти реакцию шарниров A и B

Задача 2

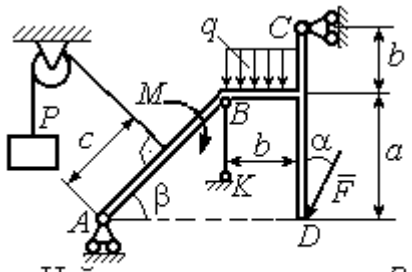


Найти реакцию шарнира A, реакцию опоры в точке K и реакцию жесткой заделки в точке B

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

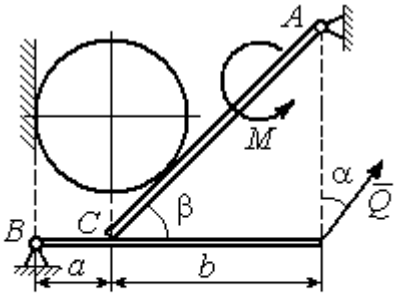
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



Найти усилие в стержне BK и реакцию шарниров A, C

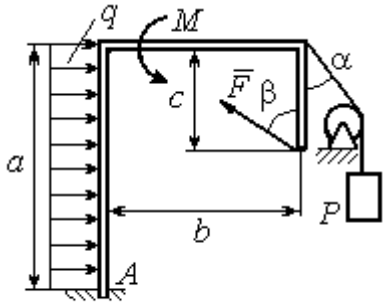
Задача 2



Вес шара P. Найти реакцию шарниров A, B, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке C и уравновешивающую силу Q

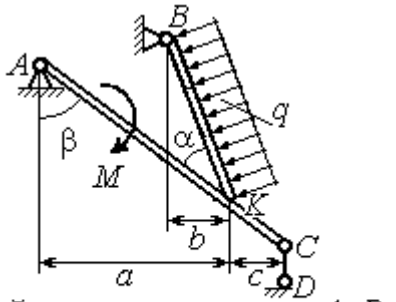
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

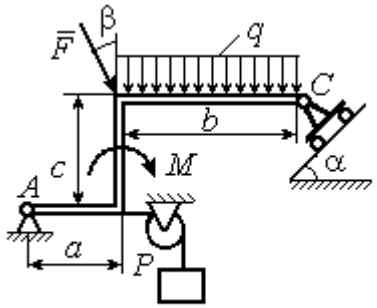
Задача 2



Найти реакцию шарнирв A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

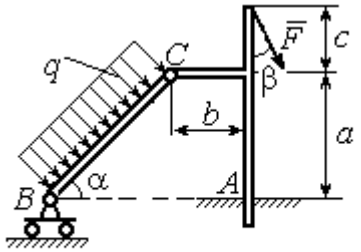
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

Задача 2

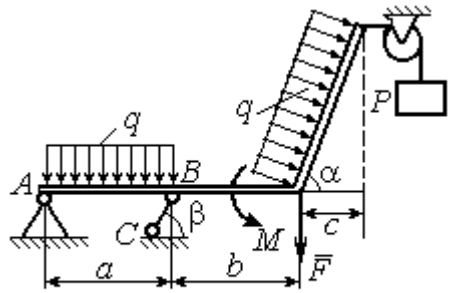


Найти реакцию жесткой заделки в точке A и реакции шарниров B и C

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

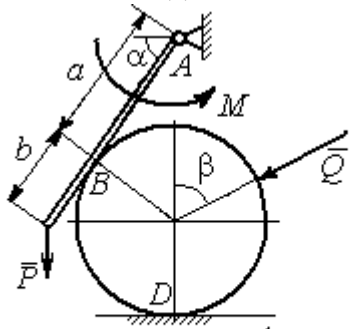
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

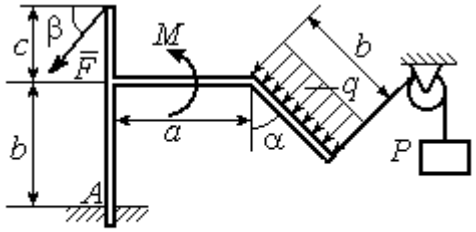
Задача 2



Найти реакцию шарнира A, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке D и уравновешивающую силу Q

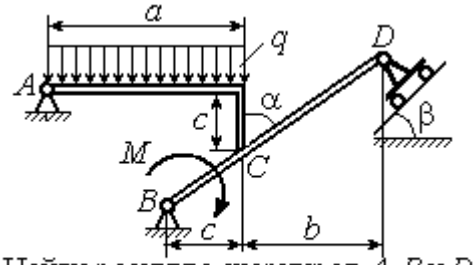
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

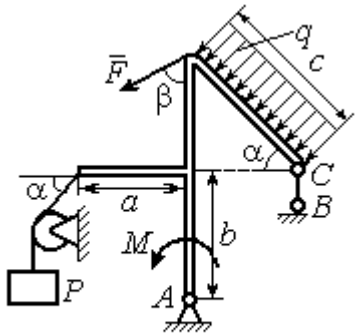
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B и D и реакцию опоры в точке C

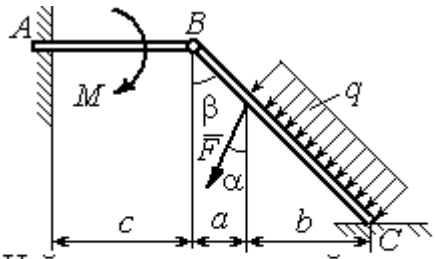
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

Задача 2



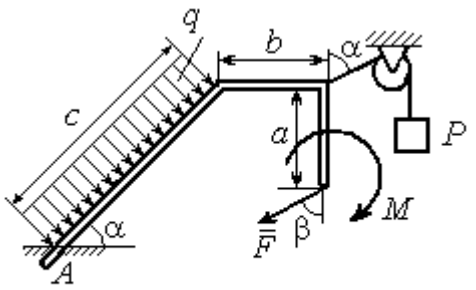
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

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

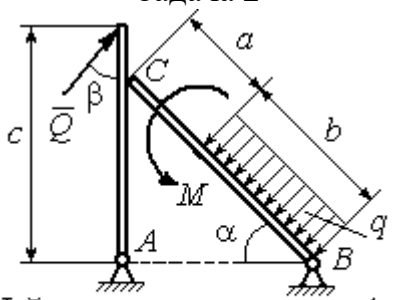
Варианты № 10, 20, 30

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
α, град	45	60	30	60	30	30	45	60	30	30	45	30	60	45	60
β, град	60	30	45	30	60	90	60	60	30	45	30	45	30	60	30
a, м	3	4	3	4	3	4	3	4	1	2	2	3	2	3	4
b, м	3	3	4	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	2
c, м	4	2	2	2	3	2	2	1	5	4	4	2	1	2	2

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	8	10	6	4	6	12	10	5	6	8	6	8	4	6
F, кН	6	12	12	8	3	14	10	8	15	10	12	8	10	10	2
q, кН/м	5	3	4	3	2	3	2	5	4	2	3	4	5	2	4
M, кН·м	10	6	8	6	5	12	4	6	8	10	12	10	6	4	8
α, град	60	60	30	45	60	30	60	45	30	60	45	30	30	30	45
β, град	45	30	30	60	60	45	30	60	30	45	90	30	60	45	30
a, м	3	4	3	1	2	2	4	1	4	3	4	3	2	1	2
b, м	2	4	3	3	4	1	4	3	2	2	2	2	2	2	2
c, м	3	2	2	4	5	4	2	2	1	1	1	2	1	3	5

Пример выполнения задания 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.

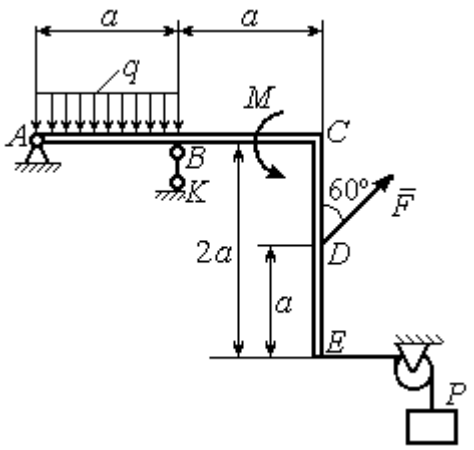


Рис. 1.7. Конструкция рамы

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.

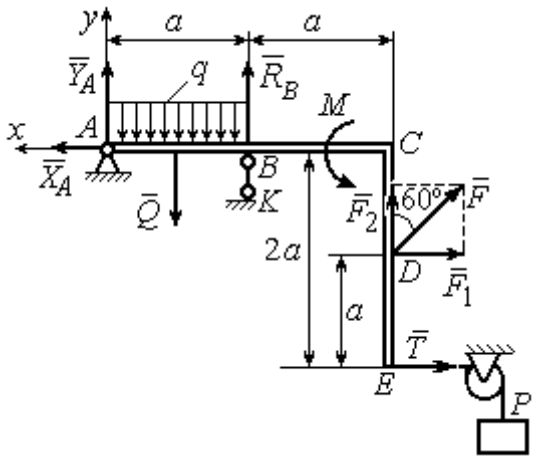


Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

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.

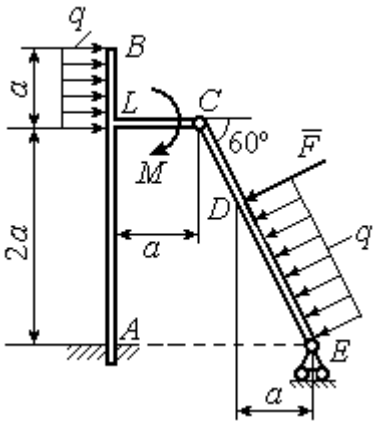


Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

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:

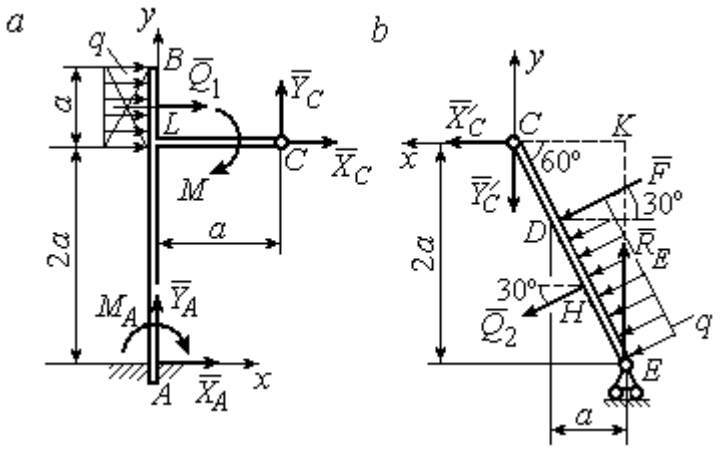


Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0.$$

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 $Q_2 = q \cdot 2a = 8\,\text{кН}$. 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: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\,\text{tg}30^\circ$. 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.

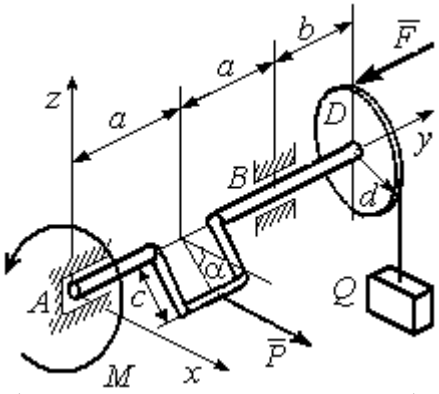
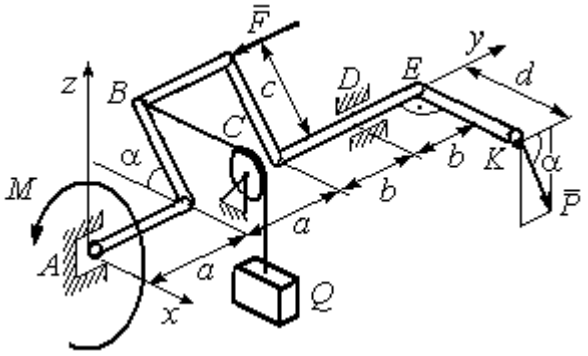
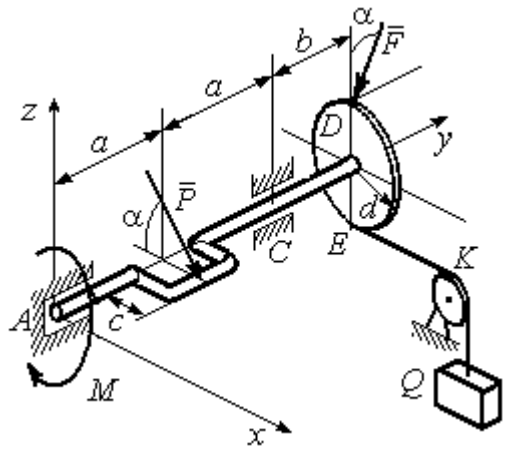
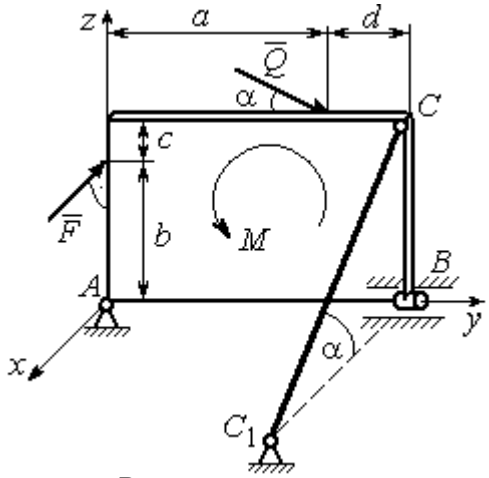
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ параллельна оси Ax; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и B и величину уравновешивающего груза Q	Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ 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*. 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. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1

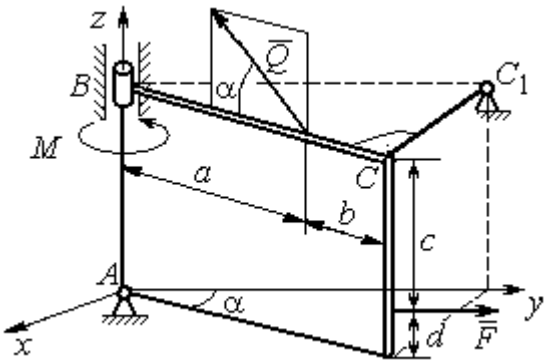
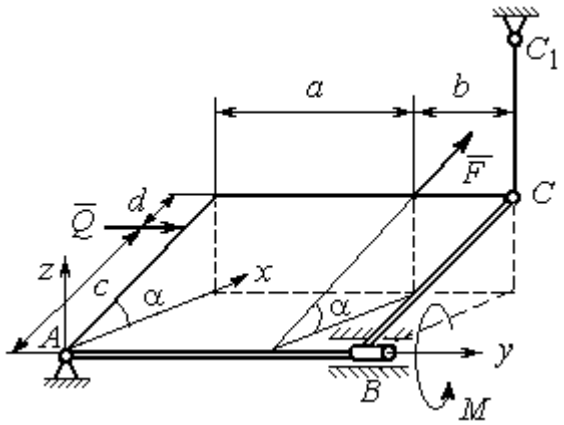
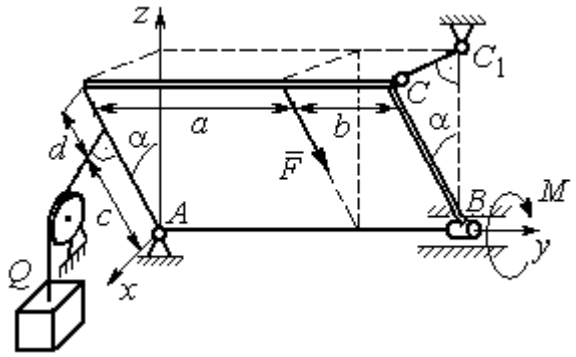
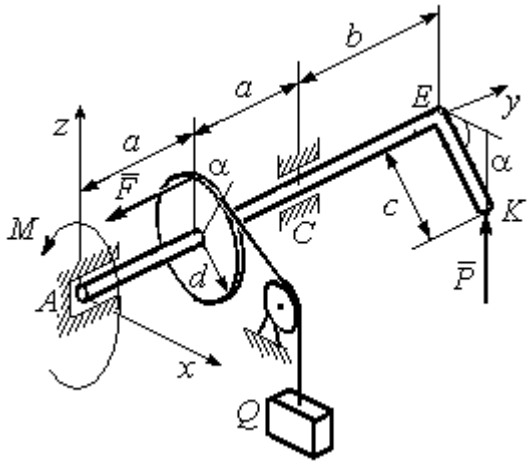
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; сила $\vec{Q}$ лежит в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ параллельна оси *Ay*; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *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*. 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*. 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. Найти реакции подпятника *A*, подшипника *C*, и величину уравновешивающего груза *Q*

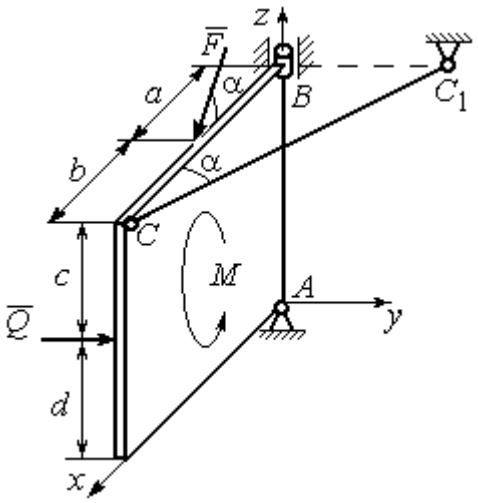
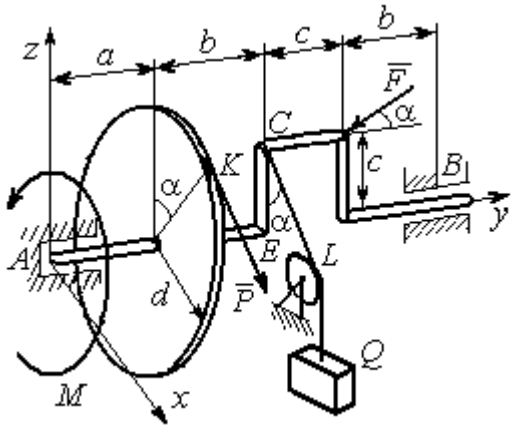
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Плита весом *P* находится в вертикальной плоскости *zAx*; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной *xAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\vec{F}$ лежит в плоскости плиты. 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*. 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.

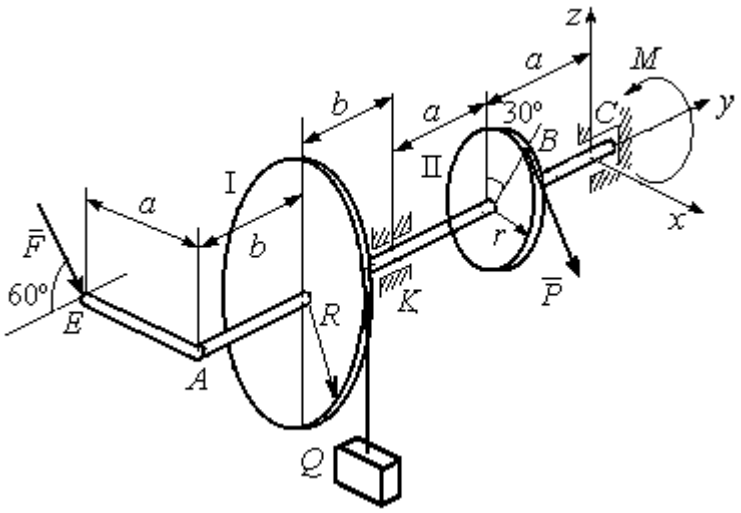


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

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-

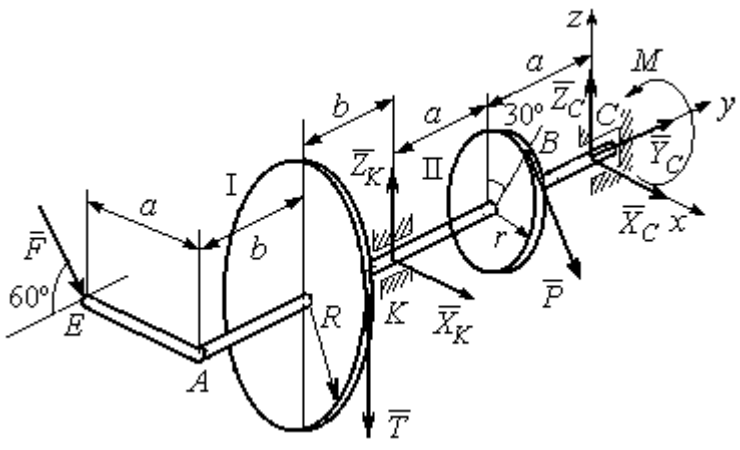


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

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)

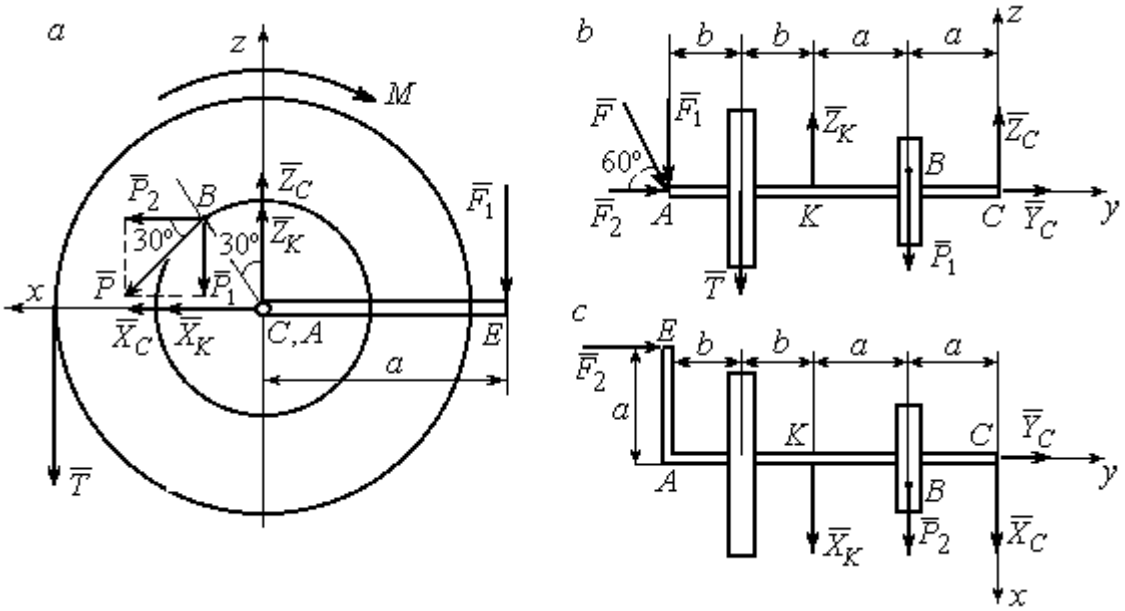


Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *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).

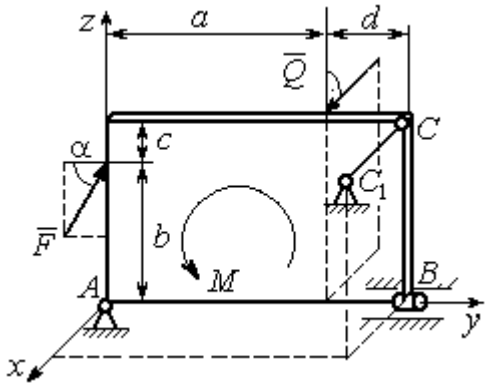


Рис. 1.17. Равновесие плиты

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 α 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.

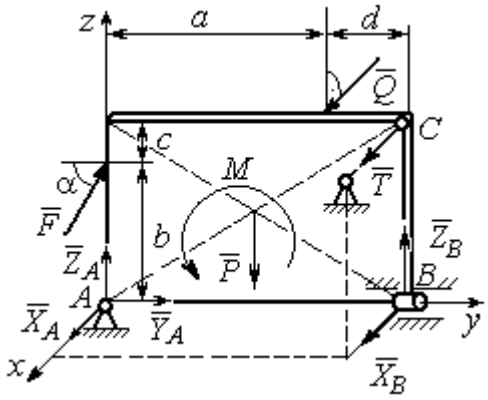


Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

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) ∞ 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: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 585{,}95$ 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 τ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}$, или $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина a_n называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\vec{a}_n$ нормальной составляющей ускорения всегда направлен к центру кривизны траектории. При движении по окружности радиус кривизны траектории равен радиусу окружности, а центр кривизны траектории совпадает с центром окружности. Величина a_τ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй производной от 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

φ, то угловое ускорение ускоряет вращение тела, если разных знаков, то угловое ускорение замедляет вращение.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки вращающегося твердого тела (**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Величина скорости рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – величина угловой скорости тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости точки лежит в плоскости описываемой точкой окружности и направлен по касательной к ней в сторону вращения тела. Отношение скоростей двух точек вращающегося тела равно отношению расстояний от этих точек до оси: $\frac{V_{M1}}{V_{M2}} = \frac{h_1}{h_2}$.

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений: $\vec{a}_M = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Величины касательного, нормального и полного ускорений точки вращающегося тела, соответственно: $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$, $a_M = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; h – расстояние от точки до оси вращения.

2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела

Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение представляется в виде суммы мгновенного поступательного движения, при котором все точки плоской фигуры движутся со скоростью выбранной точки-полюса, и мгновенного вращательного движения вокруг этого полюса.

Скорость любой точки M плоской фигуры равна векторной сумме вектора скорости точки-полюса и вектора скорости точки M при вращении тела вокруг этого полюса: $\vec{V}_M = \vec{V}_A + \vec{V}_{MA}$, где $\vec{V}_M$ – скорость точки M; $\vec{V}_A$ – скорость полюса A; $\vec{V}_{MA}$ – вектор скорости точки M при вращении тела вокруг полюса A, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot MA$, где ω – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; MA – расстояние между полюсом A и точкой M.

Мгновенным центром скоростей называется такая точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Выбрав в качестве полюса мгновенный центр скоростей, скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы мгновенное движение фигуры было вращательным вокруг мгновенного центра скоростей.

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей (рис. 2.1, *a*).

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.

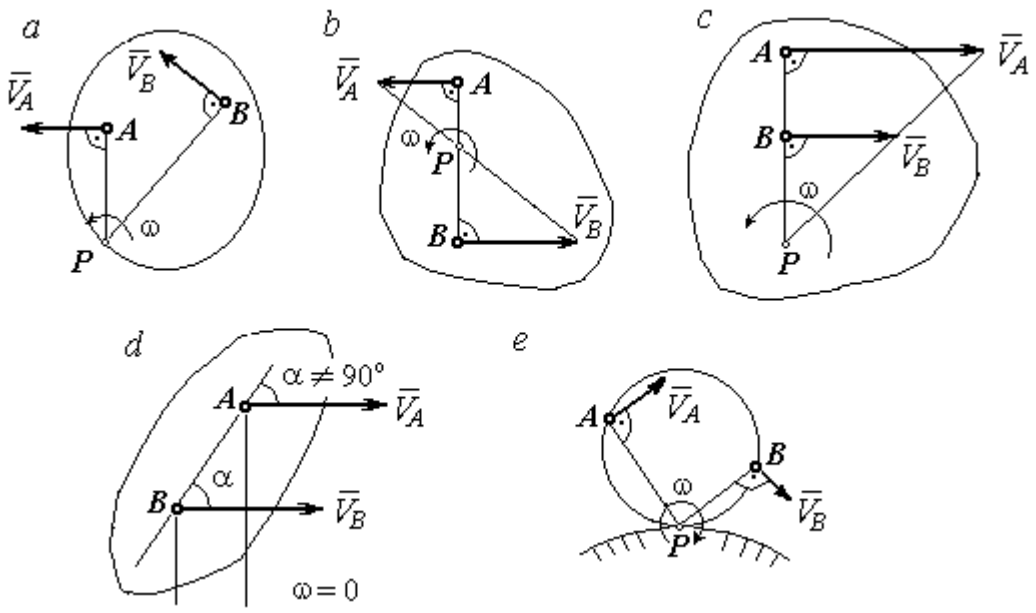


Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

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 ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки M до полюса A (см. рис. 2.2).

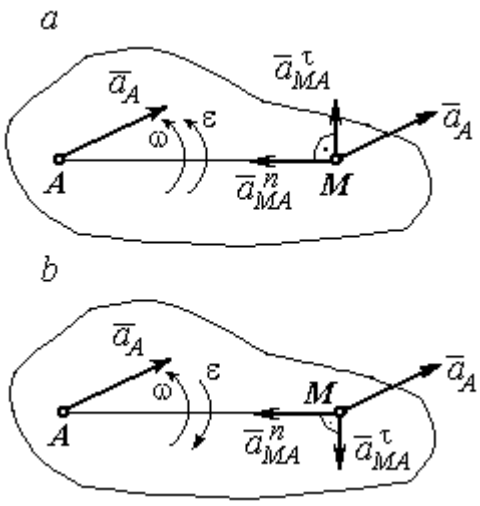


Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса A и точки M, то для определения ускорения точки M используется векторное равенство

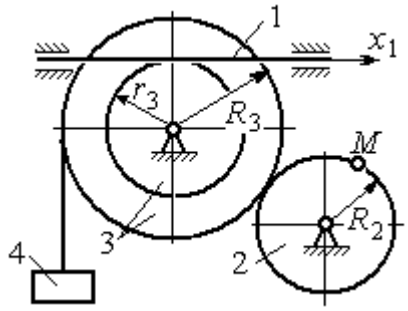
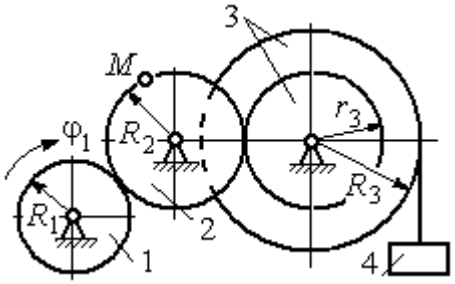
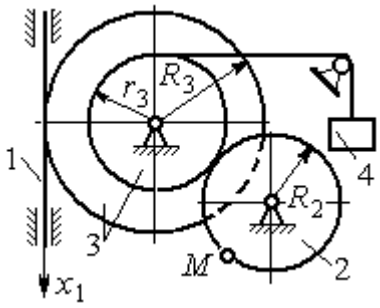
$$\vec{a}^{\,\tau}_{M} + \vec{a}^{\,n}_{M} = \vec{a}^{\,\tau}_{A} + \vec{a}^{\,n}_{A} + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA},$$

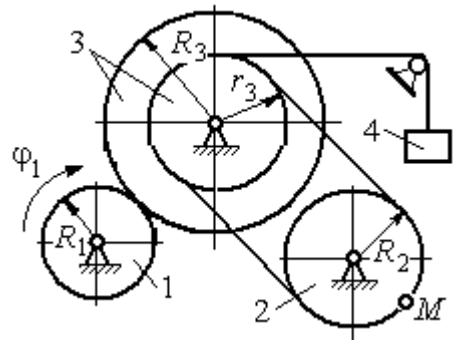
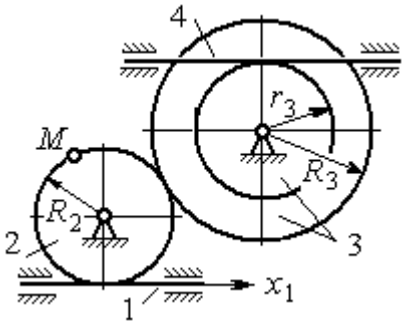
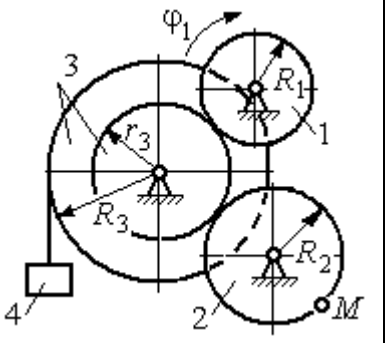
где $\vec{a}^{\,\tau}_{M}$, $\vec{a}^{\,n}_{M}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{A}$, $\vec{a}^{\,n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M и полюса A при движении их по заданным траекториям.

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
		

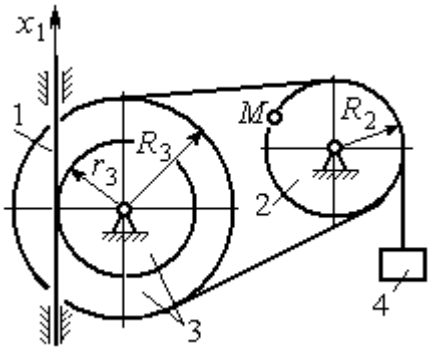
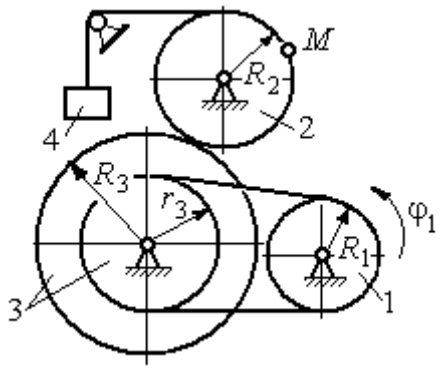
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

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

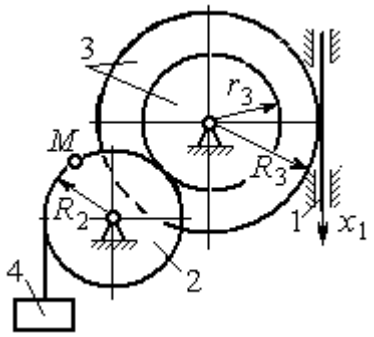
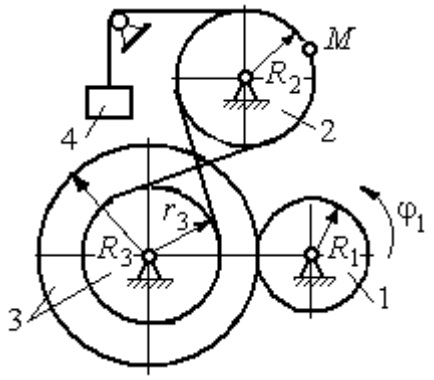
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

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 $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
1	–	40	45	35	$x_1(t) = (3t-1)^2$	2
2	10	20	38	18	$\varphi_1(t) = t^2 + 6\cos(\pi t/6)$	3
3	–	30	42	18	$x_1(t) = 5t^2 - 2\cos(\pi t/2)$	1
4	15	30	45	20	$\varphi_1(t) = 5t^2 + \cos(\pi t/2)$	2
5	–	30	40	20	$x_1(t) = 6t - \cos(\pi t/3)$	3
6	10	20	30	10	$\varphi_1(t) = t^3 - \cos(\pi t/2)$	1
7	–	30	40	30	$x_1(t) = 2\sin(\pi t/2) + \cos(\pi t/2)$	2
8	8	10	30	25	$\varphi_1(t) = 5t + \cos(\pi t/2)$	2
9	–	18	30	18	$x_1(t) = 5t + \cos(\pi t/3)$	3
10	15	30	50	20	$\varphi_1(t) = 2t^2 + \sin(\pi t/4)$	2
11	–	30	40	25	$x_1(t) = (t^2 - 3t)$	2
12	12	20	40	28	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 6\sin(\pi t/6)$	3
13	–	25	60	42	$x_1(t) = 2t^2 + \cos(\pi t/2)$	1
14	10	30	45	30	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$	2

Окончание табл. 2.1

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
15	–	20	30	20	$x_1(t)=3t^2-\cos(\pi t/3)$	3
16	12	18	40	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\cos(\pi t/2)$	1
17	–	20	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	2
18	15	18	40	25	$\varphi_1(t)=5t+\cos(\pi t/2)$	1
19	–	22	50	18	$x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$	3
20	10	20	45	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\sin(\pi t/4)$	4
21	–	20	40	20	$x_1(t)=t+(3t-4)^2$	2
22	8	18	42	18	$\varphi_1(t)=2t^2+12\cos(\pi t/6)$	3
23	–	45	60	40	$x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$	1
24	5	15	30	20	$\varphi_1(t)=2t^2+4\cos(\pi t/2)$	2
25	–	15	35	25	$x_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/3)$	3
26	18	20	35	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\sin(\pi t/2)$	1
27	–	15	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	1
28	10	12	40	25	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/2)$	1
29	–	35	50	10	$x_1(t)=t^3-\cos(\pi t/2)$	1
30	10	20	40	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/4)$	4

Пример выполнения задания 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 φ_2, φ_3, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси x_4.

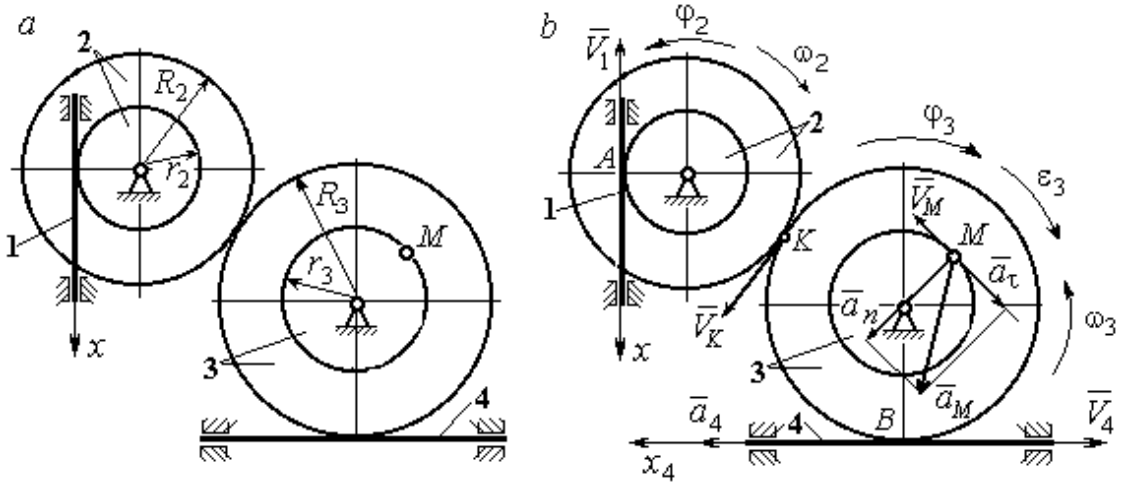


Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

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 ω_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 ω_2 в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_2. При передаче вращения диска 2 диску 3 величины угловых скоростей дисков обратно пропорциональны радиусам дисков, которым принадлежит точка контакта: $\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{R_3}{R_2}$. Тогда, угловая скорость диска 3 $\omega_3 = \omega_2 \frac{R_2}{R_3} = |2t - 2{,}5| = |\dot{\varphi}_3|$ рад/с.

В момент времени $t_1 = 1$с значение производной $\dot{\varphi}_3$ отрицательно: $\dot{\varphi}_3(1) = -0{,}5$ рад/с, и, следовательно, вращение диска 3 в данный момент времени с угловой скоростью $\omega_3(1) = |\dot{\varphi}_3(1)| = 0{,}5$ рад/с происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_3, как показано на рис. 2.5, *b*. Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_3 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с модуль скорости $V_M(1) = 2$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ расположен по касательной к траектории движения точки *M* (окружности) и направлен в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Скорость звена 4 равна скорости точки касания его с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3 = |2t - 2{,}5| \cdot 8 = |\dot{x}_4|$. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной от координаты движения звена 4 отрицательно: $\dot{x}_4(1) = -4$ см/с. В результате, вектор скорости $\vec{V}_4(1)$, равный по модулю $V_4(1) = 4$ см/с, направлен вдоль оси x_4 в сторону, противоположную ее положительному направлению (см. рис. 2.5, *b*).

Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3(t) = |\dot{\omega}_3| = |\ddot{\varphi}_3| = 2$ рад/с^2. Из того, что угловая скорость ω_3 и угловое ускорение $\dot{\omega}_3$ диска 3 имеют разные знаки, следует, что вращение диска 3 замедленное. Угловое ускорение диска направлено в сторону положительного направления отсчета угла поворота φ_3, диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение a_τ точки M рассчитывается по формуле $a_\tau = \varepsilon_3 r_3$ и в момент времени $t_1 = 1$ с: $a_\tau = 8$ см/с^2. Так как вращение диска 3 замедленное, вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_M(1)$ (см. рис. 2.5, *b*). Нормальное ускорение a_n точки M рассчитывается как $a_n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения: $a_n(1) = 1$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_n(1)$ направлен по радиусу к центру диска 3 (см. рис. 2.5, *b*). Полное ускорение точки M в заданный момент времени: $a_M(1) = \sqrt{a_\tau^2(1) + a_n^2(1)} = 8{,}06$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$.

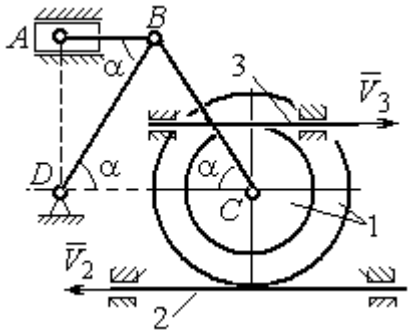
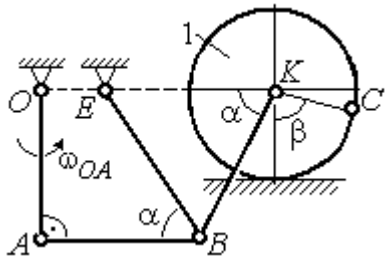
Ускорение a_4 звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение a_4 не зависит от времени: $a_4 = 16$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_4$ направлен вдоль оси x_4 в сторону положительных значений.

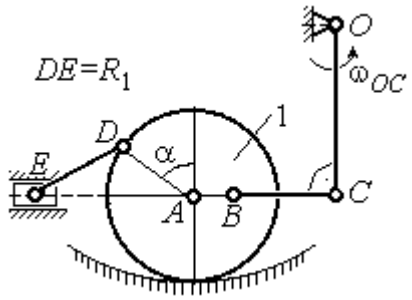
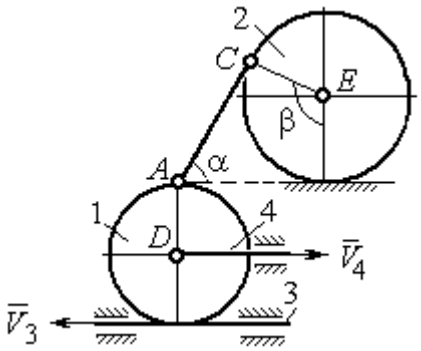
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

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**
 Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$	 Найти: V_A, V_B, V_K, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, ω_{BE}, ω_{BK}

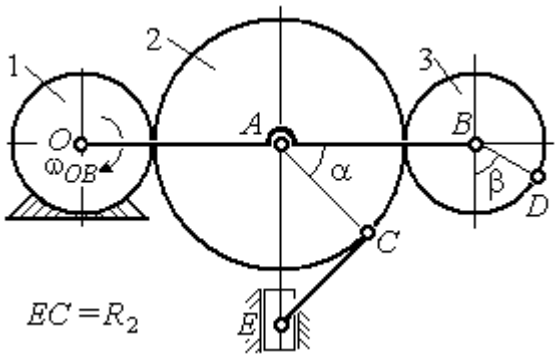
Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	AD, см	α, град	V_2, см/с	V_3, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	OE, см	α, град	β, град	V_C, см/с
1	10	5	20	30	8	10	**2**	3	5	4	30	60	10
11	12	8	25	45	10	4	**12**	4	8	6	45	90	8
21	10	6	15	60	5	5	**22**	5	12	2	60	120	12

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$	 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	ω_{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

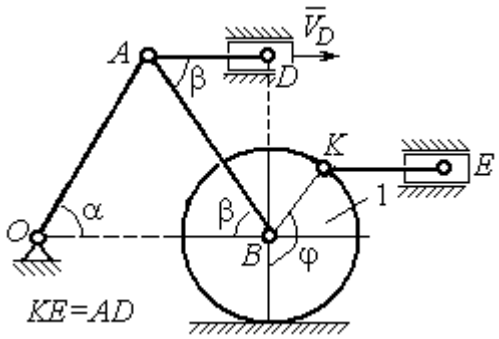
Варианты № 5, 15, 25



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, ω_2, ω_3, ω_{EC}

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	α, град	β, град	ω_{OB}, рад/с
5	10	20	12	60	0	6
15	6	18	10	90	90	8
25	20	25	15	120	180	4

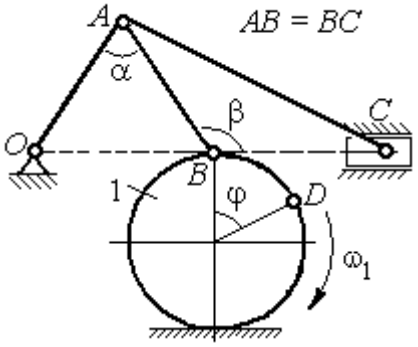
Варианты № 6, 16, 26



Найти: $V_A, V_B, V_K, V_E,$ ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}, ω_{KE}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
6	10	20	30	60	60	12
16	12	26	30	30	90	8
26	15	30	60	60	120	15

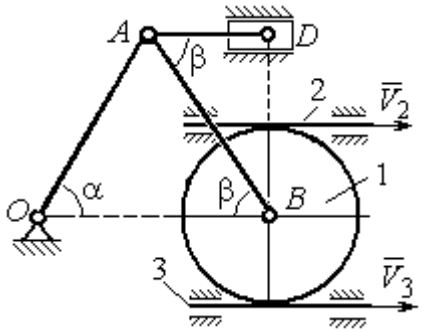
Варианты № 7, 17, 27



Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AC}$

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

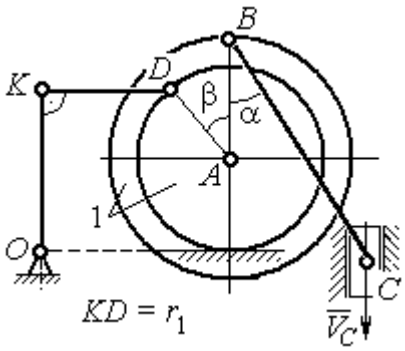
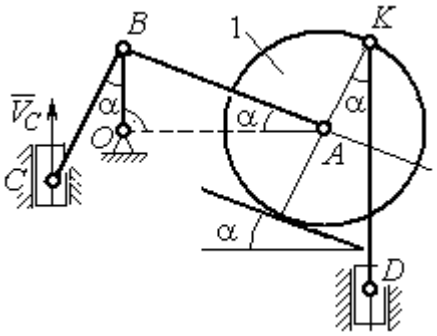


Найти: V_A, V_B, V_D, $\omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AD}$

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 ω_{OC}. Диск 2, увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом r_1. Диск 3, также увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзыва-

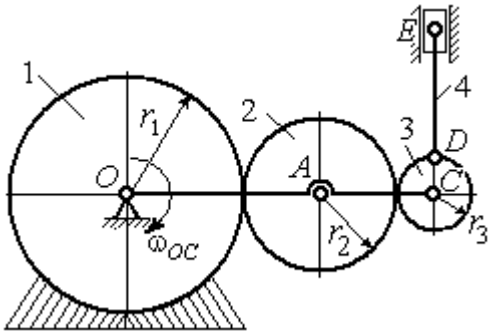


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

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, ω_{OC} = 1 рад/с.

Решение

Определим скорость точки *A*, общей для стержня *OC* и диска 2: $V_A = \omega_{OC}(r_1 + r_2)$ = 10 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ перпендикулярен стержню *OC* и направлен в сторону его вращения (рис. 2.10).

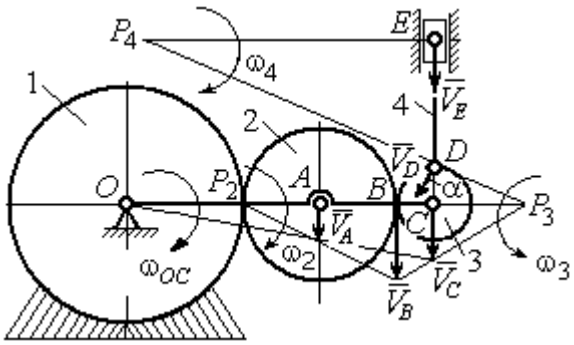


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

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 ω_2 следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как V_A = 10 см/с, получим ω_2 = 2,5 рад/с.

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 α между вектором $\vec{V}_D$ и осью DE равен углу $\angle DP_3C$ (см. рис. 2.10). Тогда, $\cos\alpha = \frac{CP_3}{DP_3} = \frac{8}{\sqrt{2^2 + 8^2}} = 0{,}97$, откуда $\alpha = 14^\circ$. На основании теоремы о проекциях скоростей точек плоской фигуры имеем равенство: $V_D \cos\alpha = V_E \cos 0$, откуда скорость точки E: V_E=16 см/с.

Мгновенный центр скоростей стержня 4 – точка P_4 – определяется как точка пересечения перпендикуляров к векторам скоростей $\vec{V}_D$ и $\vec{V}_E$, восстановленных, соответственно, из точек *D* и *E* (см. рис. 2.10). Угловая скорость стержня 4, совершающего мгновенный поворот вокруг своего центра скоростей, равна: $\omega_4 = \dfrac{V_E}{EP_4}$, где EP_4 – расстояние от точки *E* до мгновенного центра скоростей звена 4, $EP_4 = DE \cdot \mathrm{ctg}\alpha$ = 40 см. В результате, $\omega_4 = 0{,}4$ 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.

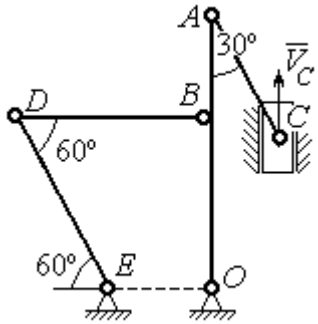


Рис. 2.11. Стержневой механизм

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.

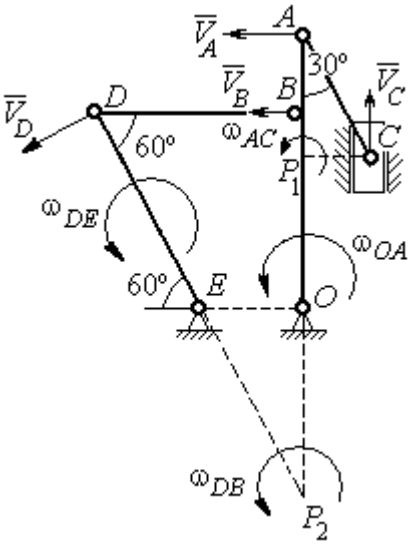


Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

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:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с.}$$

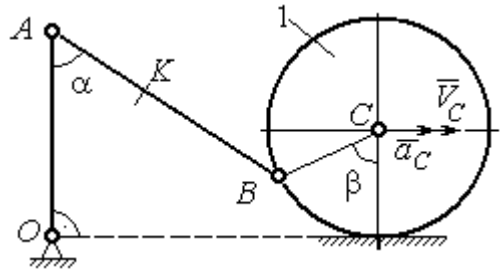
Теперь, исходя из того, что точка A принадлежит как шатуну AC, так и кривошипу OA, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки B кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

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.

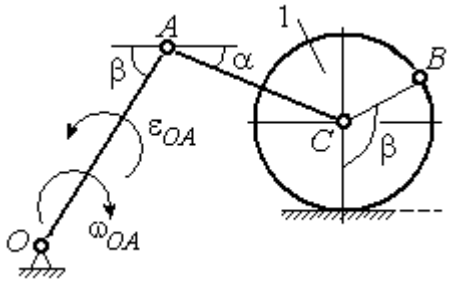
Варианты № 1, 11, 21



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

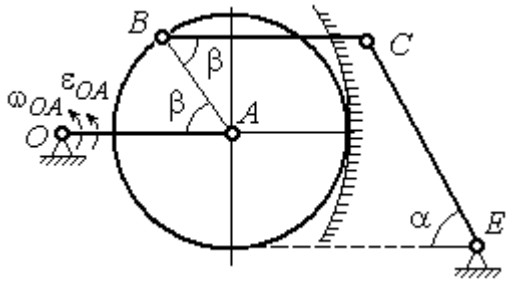
Варианты № 2, 12, 22



Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	AC, см	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{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

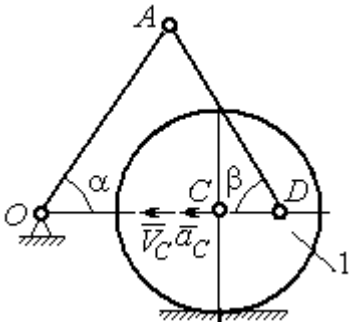
Варианты № 3, 13, 23



Найти: a_C, a_B, ε_{BC}

Номер варианта задания	BC, см	AO, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{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

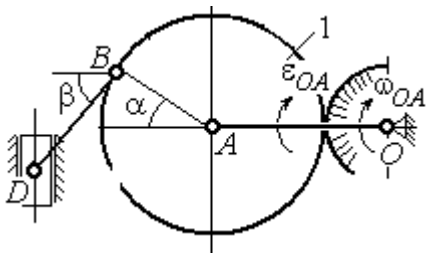


Найти: $a_A, a_D, \varepsilon_{DA}$

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

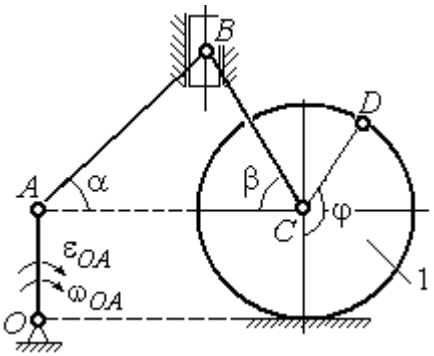
Рис. 2.13. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25



Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

Варианты № 6, 16, 26

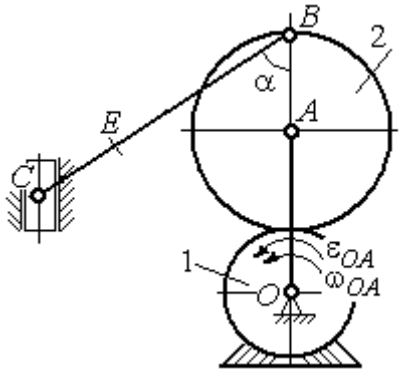


Найти: $a_B, a_D, \varepsilon_{BC}$

Номер варианта задания	*OA*, см	*BD*, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
5	16	10	60	30	10	4	3
15	18	8	90	45	12	2	4
25	14	12	30	60	8	3	2

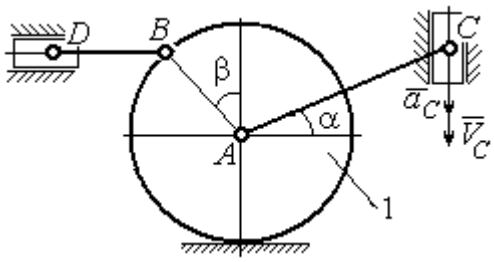
Номер варианта задания	R_1, см	*AB*, см	φ, град	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
6	6	18	60	30	30	2	3
16	8	20	90	60	30	2	4
26	5	16	120	30	60	3	4

Варианты № 7, 17, 27



Найти: $a_E, a_C, \varepsilon_{BC}$

Варианты № 8, 18, 28



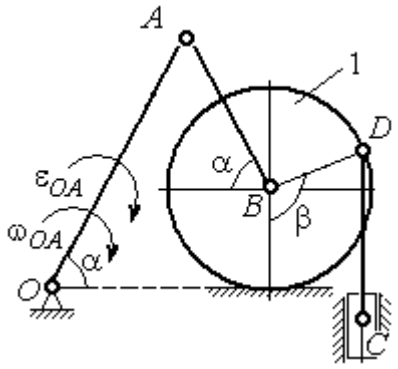
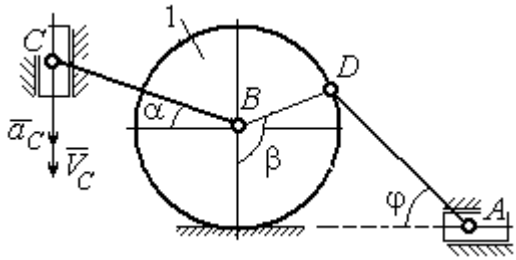
Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

Номер варианта задания	*BC*, см	*BE*, см	α, град	R_1, см	R_2, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
7	22	10	60	2	10	2	3
17	28	15	30	3	6	3	4
27	20	8	45	4	8	2	2

Номер варианта задания	R_1, см	*BD*, см	*AC*, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
8	4	5	12	60	60	12	5
18	6	10	16	45	90	10	8
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	ω_{OA}, рад/с	ε_{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.

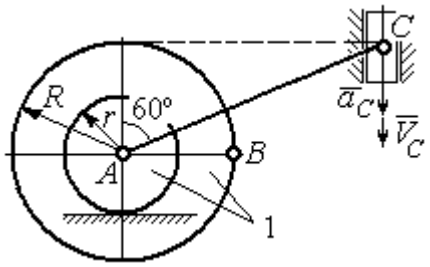


Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости ω_{AC}, ω_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.

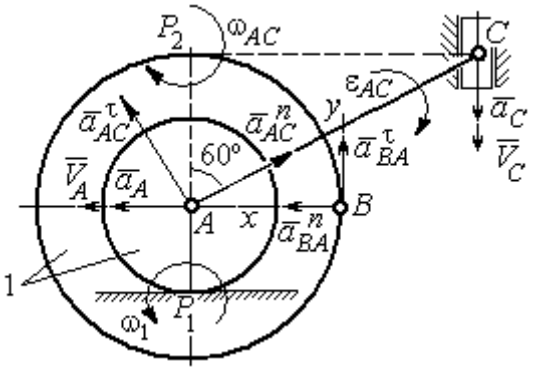


Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\,\mathrm{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ 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 ε_{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.

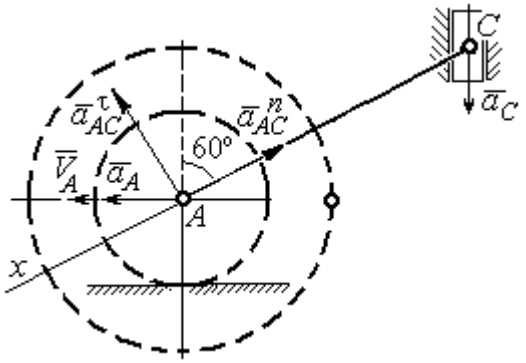


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

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 ε_1 – угловое ускорение барабана. Значение углового ускорения катящегося барабана (в отличие от углового ускорения ε_{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 ε_{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 ω_{OA} и угловым ускорением ε_{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.

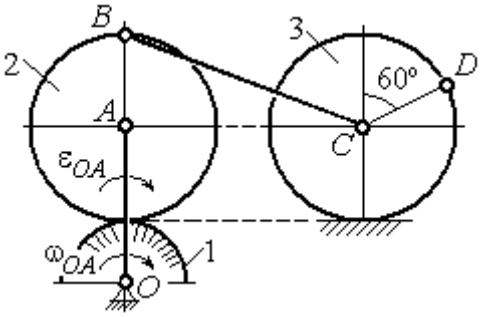


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

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.

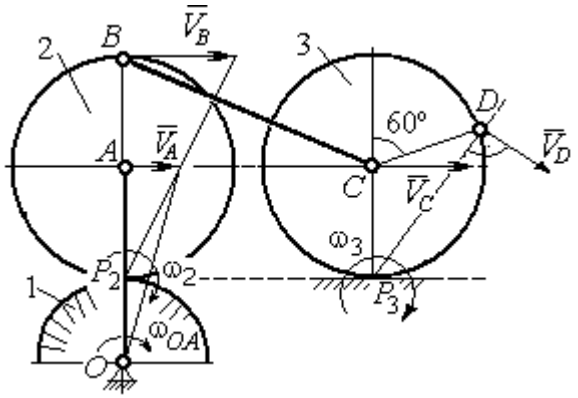


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

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 ε_{CB}. Для определённости выберем направление углового ускорения стержня BC в сторону против хода часовой стрелки. На рис. 2.21 это направление показано дуговой стрелкой ε_{CB}.

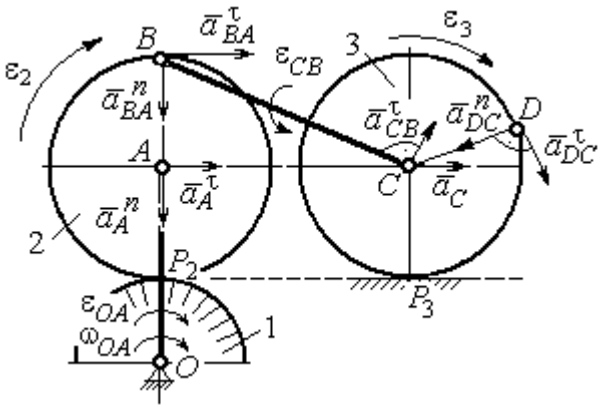


Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

В соответствии с выбранным направлением углового ускорения вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня BC в сторону углового ускорения ε_{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 ε_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^{τ}_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}^τ 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:

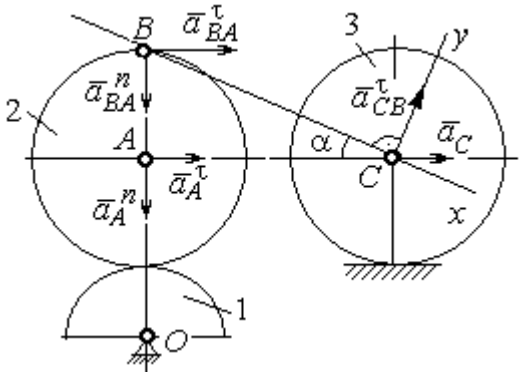


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки С

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha + a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – 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}^τ 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 ε_{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).

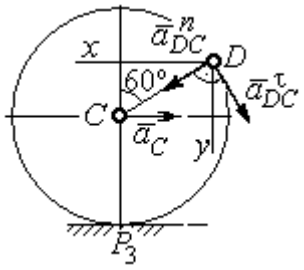


Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Для расчёта касательной составляющей a^{τ}_{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 ω_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.)

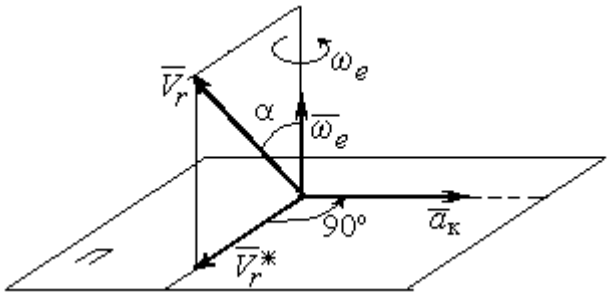


Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

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 α – 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 ρ – 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 ε_e – угловое ускорение вращательного переносного движения, $\varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|$; h_e – расстояние от точки до оси вращения тела; ω_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: $CM = S_r = S_r(t)$.

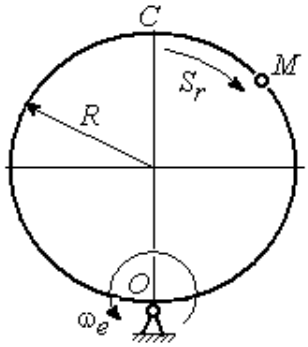
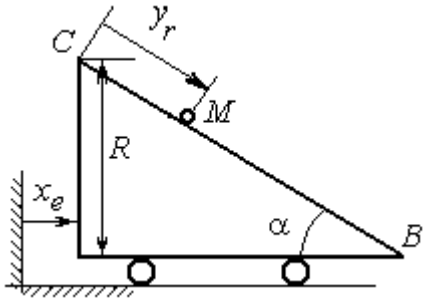
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в заданный момент времени t_1.

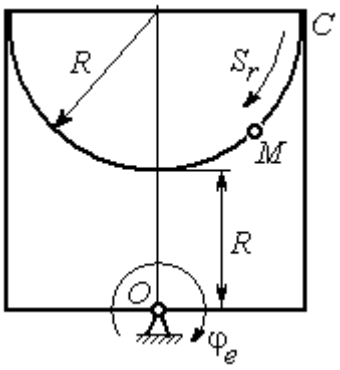
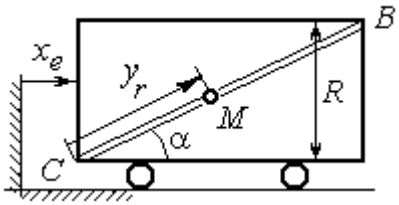
Задача 2. Поступательное движение тела, несущего точку, задается законом изменения координаты $x_e = x_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = y_r = y_r(t)$.

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

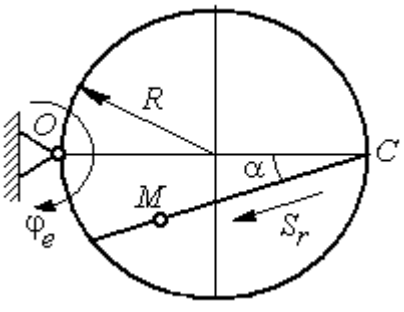
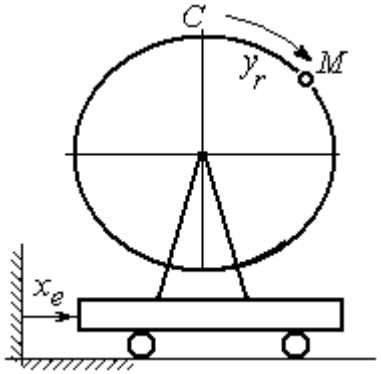
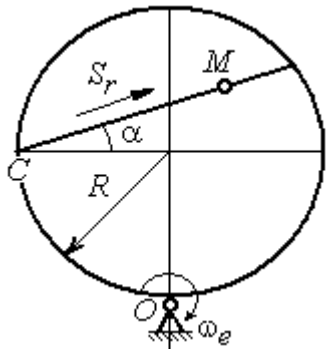
Варианты № 3, 13, 23	
Задача 1	Задача 2
	

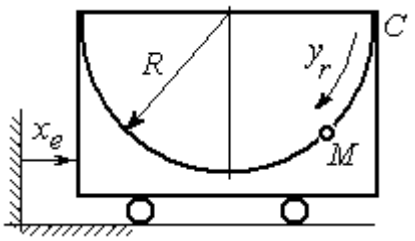
Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

Варианты № 4, 14, 24

Задача 1

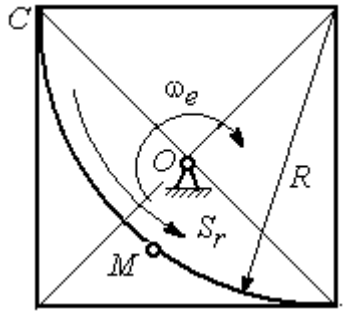


Задача 2

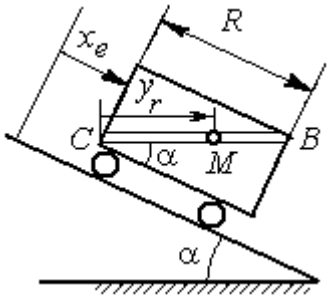


Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



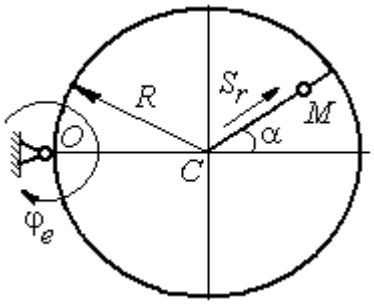
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла путь CB

Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Задача 2

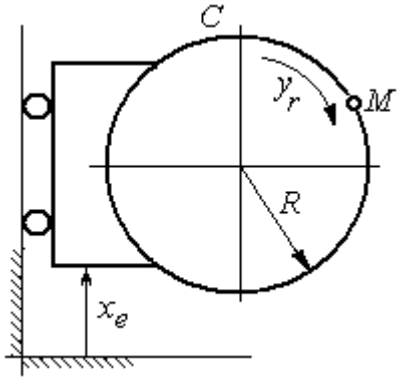
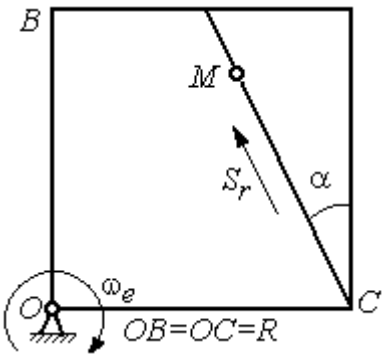


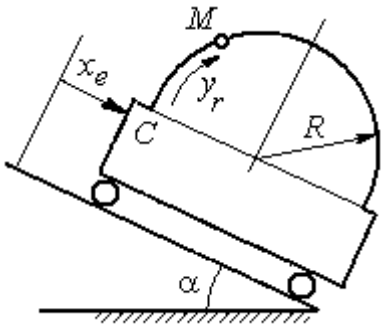
Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

Варианты № 7, 17, 27

Задача 1

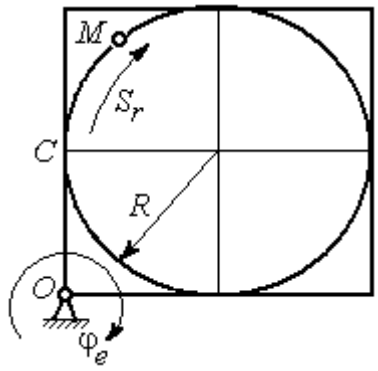


Задача 2

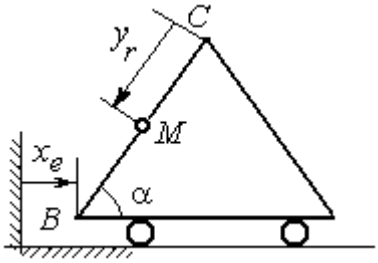


Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



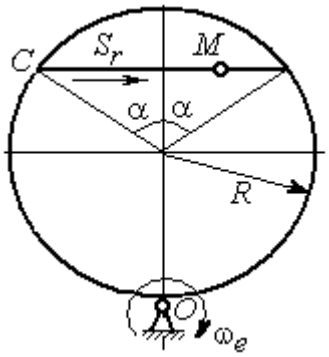
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Задача 2

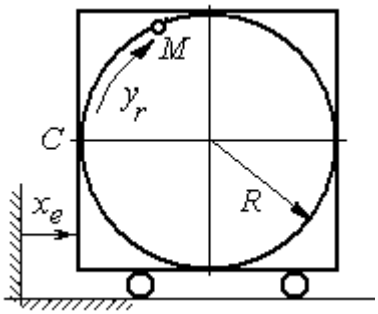
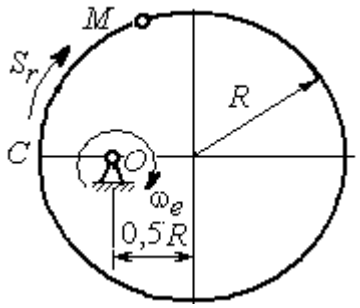


Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

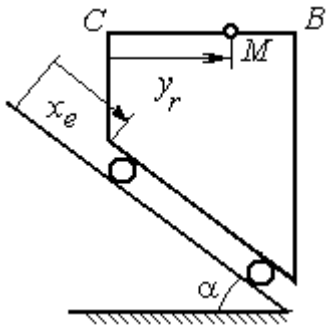
Окончание вариантов задания К4

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 $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с 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	$S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\varphi_e = 4t - t^2$	1
	2	6	–	$y_r = \pi\left[2t + \sin\pi t\right]$	$x_e = 5t - t^2$	1
4	1	4	60	$S_r = 2(t^3 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	–	$y_r = \pi\left[2t + \cos(\pi t/2)\right]$	$x_e = t^3 - 4t$	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	–	$y_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = \left[1 - \cos(\pi t/4)\right]$	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	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с 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	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с 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.

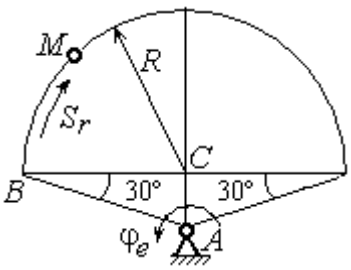


Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ_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.

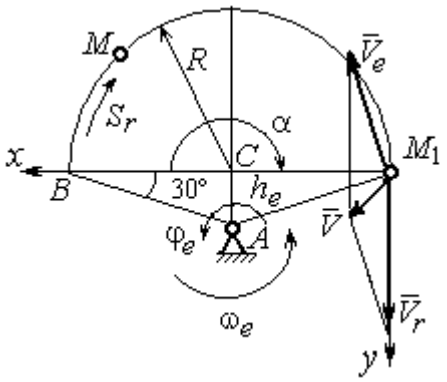


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

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 ω_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^τ 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.

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).

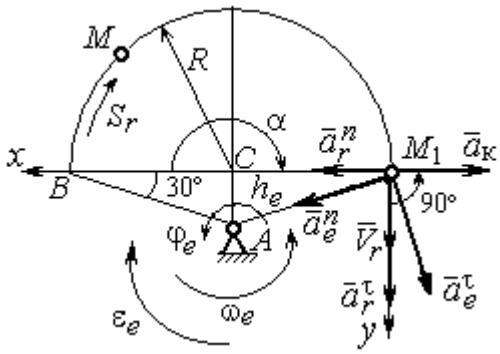


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

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 ε_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.

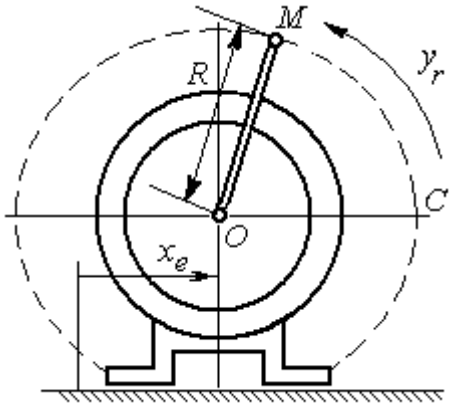


Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

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 α, 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.

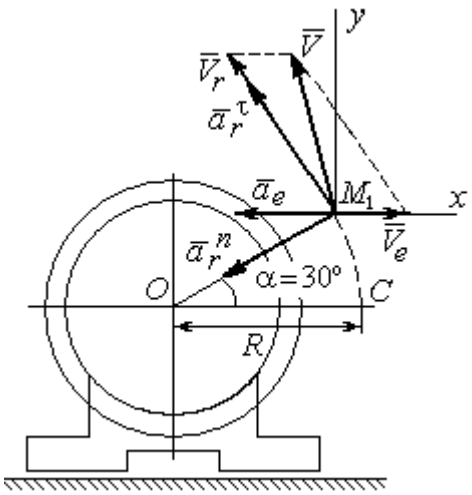


Рис. 3.10. Расчётная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

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 $V_e = \dfrac{5\pi}{3}\cos 60° = 2{,}62$ 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.

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, …, $\vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:** $m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}$, $m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}$, $m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}$ или, обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}$, 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 сил на оси координат.

Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

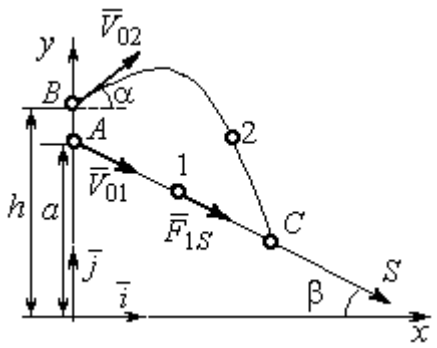
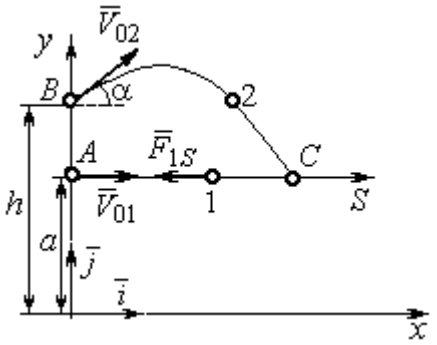
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой m_1, получив в начальном положении *A* скорость V_{01}, движется вдоль гладкой оси *AS*, наклоненной под углом β к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_1$, направленная вдоль оси *AS*. Направление вектора проекции силы на ось $\vec{F}_{1S}$ показано на схеме.

Одновременно с точкой 1 начинает движение точка 2 массой m_2 из положения *B* на оси *y*. На точку 2 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_2$. Направление вектора силы $\vec{F}_2$ определяется его разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ координатных осей *x*, *y*.

Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1 точки 1 и 2 встретились на оси AS в точке C. Момент времени t_1 задаётся в условиях задачи или определяется по дополнительным условиям встречи.

Варианты заданий представлены на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

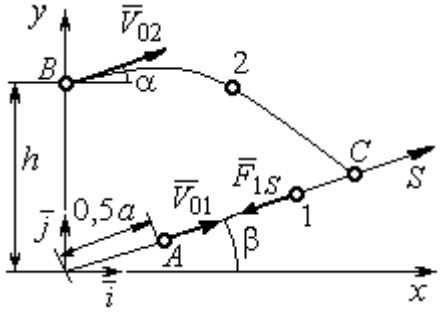
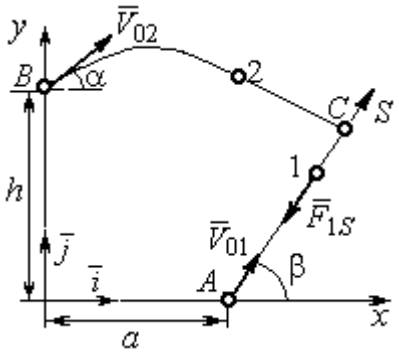
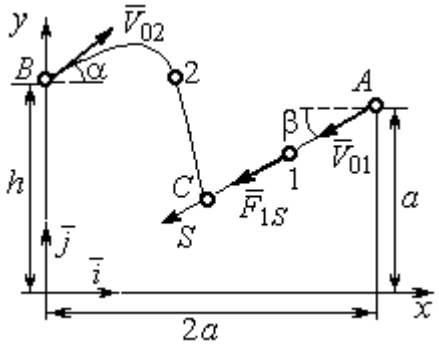
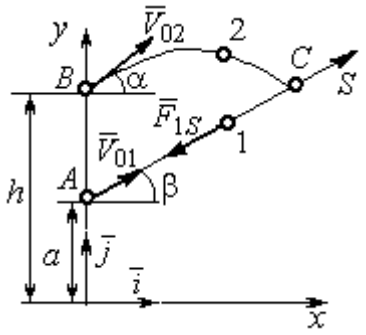
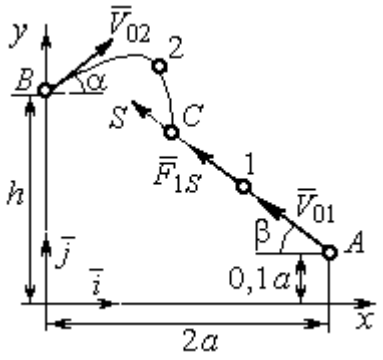
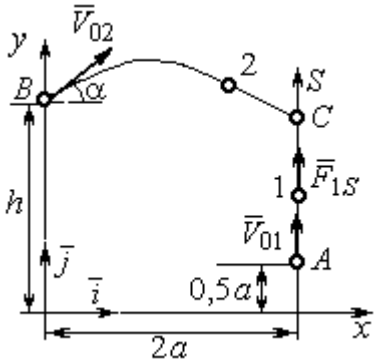
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}5$ с

Рис. 4.1. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Встреча в точке *C* в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	Встреча в точке *C*, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}4$ с	Встреча в точке *C* в момент максимального подъёма точки 1

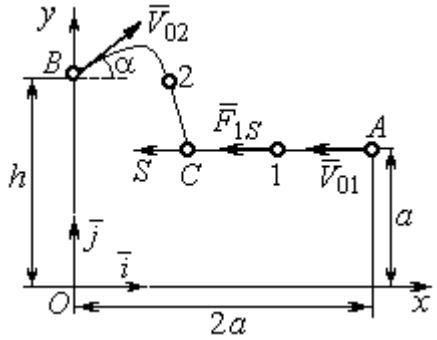
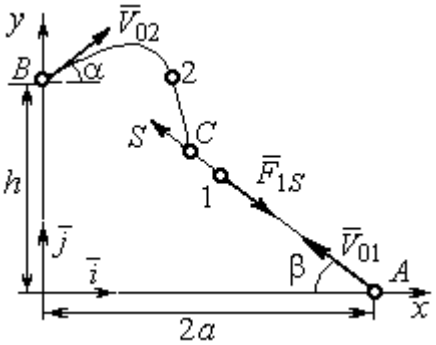
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}6$ с	Встреча в точке *C* в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма

Рис. 4.2. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 4.1

Исходные данные задания Д1. Интегрирование уравнений движения точки

Номер варианта задания	m_1, кг	F_{1S}, Н	V_{01}, м/с	β, град	m_2, кг	$\vec{F}_2$, Н	a, м	h, м
1	1	3	3	30	2	$7\vec{i}$	2	4
2	3	6	2	0	2	$4\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	1
3	2	5	4	35	1,5	$10\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
4	1	10	2	60	2	$4\vec{i}+8\vec{j}$	2,2	2
5	1	3	3	30	2	$5\vec{i}$	3	4,5
6	0,8	6	6	50	3	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	4
7	2	5	4,5	40	1	$10\vec{i}+2\vec{j}$	3	2,5
8	1	2	3,5	90	2	$6\vec{i}+8\vec{j}$	1,2	2
9	2	4	4	0	1	$3\vec{i}+2\vec{j}$	2	2,5
10	1	3	3	55	1,5	$4\vec{i}$	1	1,5
11	0,5	2	3	60	2	$3\vec{i}+8\vec{j}$	1,5	2,5
12	0,2	3	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1	2,5
13	1	2	6	50	1,5	$6\vec{i}-4\vec{j}$	0,8	2
14	0,5	6	4	35	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	2,5	2
15	0,2	3	3	50	2	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3	4
16	2	4	6	40	2	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1	1,5
17	1	6	5	60	1,5	$5\vec{i}+4\vec{j}$	3	2,5
18	1	2	2	90	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2
19	1	3	2	2	2	$2\vec{i}+10\vec{j}$	1	1,5
20	5	4	2	30	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	1,5
21	0,2	4	4	45	1	$6\vec{i}-2\vec{j}$	1	3
22	0,4	3	2	0	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1,5	2,5
23	1	3	8	60	2	$4\vec{i}+2\vec{j}$	1,2	1,5
24	0,5	8	3	30	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
25	2	4	4	60	1	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3,5	4
26	1	3	5	50	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	0,5	1,5
27	1,5	3	6	30	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
28	2	5	3	90	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
29	2	4	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	2
30	1	3	2,5	70	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1	1

Пример выполнения задания Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

На рис. 4.3 представлена схема движения материальных точек в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой $m_1 = 2$ кг, получив в начальном положении *A* скорость $V_{01} = 4$ м/с, движется вдоль гладкой оси *AS* с углом наклона $\beta = 30^\circ$. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести $\vec{P}_1$ и постоянная сила $\vec{F}_1$, проекция которой на ось *AS* равна $F_{1S} = 4{,}5$ Н. Направление вектора проекции силы $\vec{F}_{1S}$ на ось *AS* показано на рис. 4.3.

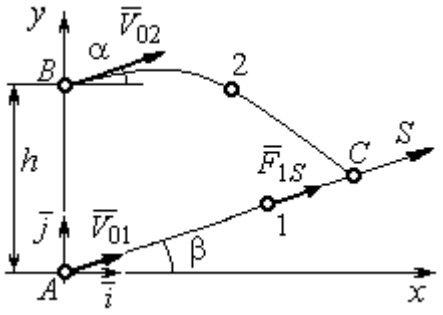


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

Одновременно с началом движения точки 1 из положения *B* на оси *y* высотой $h = 1$ м начинает движение точка 2 массой $m_2 = 1{,}2$ кг. На точку 2 действуют сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, направление которой определяется разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ осей *x*, *y* декартовой системы координат: $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, Н. Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальным значением, обе они встретились на оси *AS* в точке *C*.

Решение

Рассмотрим движение точки 1. В текущий момент времени на точку 1 действует сила тяжести $\vec{P}_1$, нормальная реакция $\vec{N}_1$ наклонной оси *AS* и сила $\vec{F}_1$, величина проекции которой на ось *AS* равна F_{1S} (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1 $m_1\ddot{S} = F_{1S} - P_1\sin\beta$, или $m_1\dfrac{dV_{1S}}{dt} = 4{,}5 - m_1 g\sin\beta$. С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2, дифференциальное уравнение движения точки 1

приводится к виду: $\frac{dV_{1S}}{dt} = -2{,}66$. Разделим переменные, представив дифференциальное уравнение в виде $dV_{1S} = -2{,}66dt$. Проинтегрировав его, получим зависимость скорости точки 1 от времени: $V_{1S} = -2{,}66t + C_1$. Для того чтобы определить закон движения точки 1, представим скорость точки как производную от координаты $V_{1S} = \frac{dS}{dt}$. Получим дифференциальное уравнение $\frac{dS}{dt} = -2{,}66t + C_1$, проинтегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1: $S = -1{,}33t^2 + C_1t + C_2$. Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$, $S = 0$, $\dot{S} = V_{1S} = V_{01} = 4$ м/с. Подставляя первое из условий в уравнение движения точки 1, получим $C_2 = 0$. Подставим начальное значение скорости в уравнение $\dot{S} = -2{,}66t + C_1$, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени. Получим $C_1 = 4$. Таким образом, движение точки 1 вдоль оси AS описывается уравнением: $S = -1{,}33t^2 + 4t$.

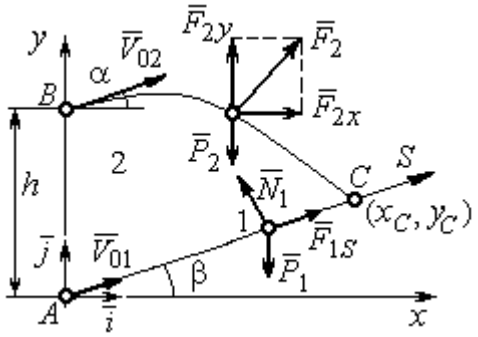


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени t_1, когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной: $V_{1S}(t_1) = \frac{V_{01}}{2} = 2$ м/с. Подставляя это условие в уравнение, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени, получим: $2 = -2{,}66t_1 + 4$, откуда найдём момент времени встречи $t_1 = 0{,}75$ с. Расстояние AC, пройденное точкой 1 до встречи, определяется как путь, пройденный этой точкой за время $t_1 = 0{,}75$ с, $AC = S(t_1) = -1{,}33 \cdot 0{,}75^2 + 4 \cdot 0{,}75 = 2{,}25$ м. Координаты точки встречи x_C, y_C определяются из равенств: $x_C = S(t_1)\cos 30^\circ = 1{,}95$ м; $y_C = S(t_1)\sin 30^\circ = 1{,}12$ м.

Рассмотрим движение точки 2. В текущий момент времени на нее действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, проекции которой на оси координат $F_{2x} = 2{,}4$ Н, $F_{2y} = 4{,}5$ Н. Дифференциальные уравнения движения точки 2 в проекциях на оси координат *x*, *y* имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2{,}4\,, \quad m_2\ddot{y} = -P_2 + F_{2y} = -m_2 g + 4{,}5\,,$$

или после подстановки исходных данных: $\ddot{x} = 2\,, \quad \ddot{y} = -6{,}06\,.$

Представим в первом уравнении проекцию ускорения точки 2 на ось *x* как производную от соответствующей проекции скорости $\ddot{x} = \dfrac{dV_{2x}}{dt}$. После разделения переменных получим дифференциальное уравнение $dV_{2x} = 2dt$. Проинтегрируем его и найдем зависимость горизонтальной составляющей скорости точки 2 от времени: $V_{2x} = 2t + C_3$. Заменим в этом уравнении проекцию скорости точки на ось *x* на производную от координаты $V_{2x} = \dfrac{dx}{dt}$. После интегрирования получим уравнение, описывающее движение точки 2 вдоль оси *x*, $x = t^2 + C_3 t + C_4$. Для того чтобы найти постоянные C_3 и C_4, воспользуемся граничными условиями движения точки 2 – известной начальной координатой движения точки и вычисленной координатой точки встречи, то есть при $t = 0$, $x = 0$, а при $t_1 = 0{,}75$ с $x(t_1) = x_C = 1{,}95$ м. Подставляя граничные условия в уравнение движения точки 2, получим $C_4 = 0$, $C_3 = 1{,}85$. Таким образом, уравнение движения точки 2 вдоль оси x: $x = t^2 + 1{,}85t$.

Закон движения точки 2 вдоль оси *y* находим путем интегрирования второго дифференциального уравнения. Его представим в виде: $\dfrac{dV_{2y}}{dt} = -6{,}06$. После разделения переменных и первого интегрирования получим зависимость проекции скорости точки 2 на ось *y* от времени: $V_{2y} = -6{,}06t + C_5$. Заменив проекцию скорости точки 2 на ось *y* производной от координаты $V_{2y} = \dfrac{dy}{dt}$, вто-

рично проинтегрируем. В результате движение точки 2 вдоль оси y описывается уравнением: $y = -3{,}03t^2 + C_5 t + C_6$. Для определения констант C_5 и C_6 используем граничные условия: при $t = 0$ $y(0) = h = 1$ м, а при $t_1 = 0{,}75$ с $y(t_1) = y_C$ =1,12 м. Получим $C_6 = 1$, $C_5 = 2{,}43$. Таким образом, точка 2 движется вдоль оси y по закону: $y = -3{,}03t^2 + 2{,}43t + 1$.

Проекции скорости точки 2 на оси координат как функции времени имеют вид: $V_{2x}(t) = \dot{x} = 2t + 1{,}85$, $V_{2y}(t) = \dot{y} = -6{,}06t + 2{,}43$. Значения проекций при $t = 0$: $V_{02x} = V_{2x}(0) = 1{,}85$ м/с, $V_{02y} = V_{2y}(0) = 2{,}43$ м/с. Величина начальной скорости: $V_{02} = \sqrt{{V_{02x}}^2 + {V_{02y}}^2} = 3{,}05$ м/с.

Угол наклона вектора скорости в начальный момент определяется из равенства: $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{V_{02y}}{V_{02x}} = \dfrac{2{,}43}{1{,}85} = 1{,}31$. Откуда $\alpha = 52{,}64^\circ$.

4.3. Колебания материальной точки

Силы, возникающие при отклонении материальной точки от положения равновесия и направленные так, чтобы вернуть точку в это положение, называются **восстанавливающими**. Восстанавливающие силы, линейно зависящие от расстояния от точки до положения её равновесия, называются **линейными восстанавливающими силами**. Так, сила упругости пружины $F = c\Delta\ell$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины; $\Delta\ell$ – удлинение пружины, является линейной восстанавливающей силой.

Дифференциальное уравнение движения материальной точки массой m вдоль оси Оx под действием линейной восстанавливающей силы, представляет собой уравнение гармонических колебаний и имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало

координат; ω – угловая частота колебаний, $\omega^2 = \frac{c}{m}$. Единица измерения угловой частоты – рад/с.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется суммой $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. **Амплитуда свободных колебаний** $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Промежуток времени, в течение которого точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебаний**: $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Величина, обратная периоду $\nu = \frac{1}{T}$ определяет число полных колебаний точки за 1 с и называется **частотой колебаний**. Частота колебаний измеряется в герцах (Гц). Частота, равная 1 Гц, соответствует одному полному колебанию в секунду. Угловая частота связана с частотой колебаний соотношением $\omega = 2\pi\nu$.

Если на материальную точку кроме восстанавливающей силы действует сила сопротивления движению, пропорциональная скорости точки, $\vec{R} = -\mu\vec{V}$, где μ – коэффициент сопротивления, то дифференциальное уравнение движения точки с сопротивлением относительно положения равновесия имеет вид $m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0$, или $\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = 0$, где n – коэффициент затухания, $n = \frac{\mu}{2m}$; ω – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления, $\omega^2 = \frac{c}{m}$.

При $n < \omega$ движение точки представляет затухающие колебания. Общее решение дифференциального уравнения колебаний с сопротивлением $x = e^{-nt}(C_1\cos\omega_1 t + C_2\sin\omega_1 t) = Ae^{-nt}\sin(\omega_1 t + \alpha)$, где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования; ω_1 – угловая частота затухающих колебаний, $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$;

$A_1 = Ae^{-nt}$ – амплитуда затухающих колебаний, $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$; α – начальная фаза колебаний, $\text{tg}\alpha = \dfrac{C_1}{C_2}$.

При $n > \omega$ движение точки апериодическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид $x = e^{-nt}(C_1 e^{\omega_2 t} + C_2 e^{-\omega_2 t})$, где $\omega_2 = \sqrt{n^2 - \omega^2}$.

При $n = \omega$ движение точки происходит согласно уравнению $x = e^{-nt}(C_1 t + C_2)$.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.**

При действии гармонической возмущающей силы $F = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота колебаний возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия и при отсутствии сил сопротивления имеет вид

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающей силы, $h = \dfrac{H}{m}$.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний представляется как сумма общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного.

При отсутствии резонанса, когда частота собственных колебаний не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$, решение имеет вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае резонанса, когда $p = \omega$, – вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \dfrac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2

определяются из общего решения неоднородного уравнения с учетом начальных условий движения. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса $A_{\text{вын}} = \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}$. При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени $A_{\text{вын}} = \dfrac{ht}{2p}$.

Если возмущающее воздействие заключается в **принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины**, например, по закону $S = a\sin pt$, где a, p – амплитуда и угловая частота колебаний точки подвеса пружины, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия при отсутствии сил сопротивления имеет вид $\ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt$, где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающего колебания, $h = \dfrac{ca}{m}$. Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины может быть получено аналогично случаю возмущения гармонической силой.

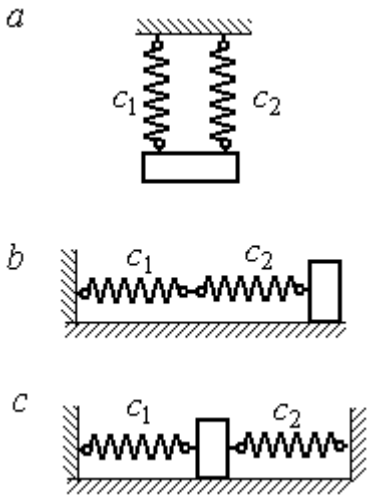


Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:
a – две параллельные пружины;
b – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

Система пружин заменяется одной с эквивалентной жесткостью. Так, колебания груза на двух параллельных пружинах с коэффициентами жесткости c_1 и c_2 (рис. 4.5, *a*) можно рассматривать как колебания груза на одной пружине эквивалент-

ной жесткости $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$, где $c_{\text{экв}}$ – коэффициент жесткости эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин (рис. 4.5, *b*) коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{\text{экв}} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$. Если груз расположен между двумя пружинами (рис. 4.5, *c*), тогда $c_{\text{экв}} = c_1 + c_2$. Коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен сумме коэффициентов жесткости пружин.

4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки

Задание Д2 на исследование колебаний точки включает две задачи.

Задача 1. Исследование гармонических колебаний точки.

Найти уравнение движения груза массой m_1 (или одновременно двух грузов массой m_1 и m_2) на пружине жесткостью c_1 (или на двух пружинах жесткостью c_1 и c_2). Расположение грузов на пружине и описание условий, при которых начались колебания, приведено на схемах. Определить амплитуду и частоту колебаний.

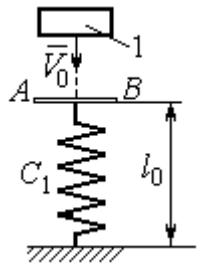
Задача 2. Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жёсткость пружин c_1 и c_2. Направление возмущающего усилия $F = F(t)$, приложенного к грузу, или возмущающего движения точки крепления пружин $S = S(t)$, а также описание условий начала колебаний приведено на схемах. В задачах, где на схемах присутствует амортизатор, создающий сопротивление движению груза, сила сопротивления пропорциональна скорости движения груза и находится по формуле: $\vec{R} = -\mu \vec{V}$ Н, где μ – коэффициент сопротивления; V – скорость груза. Определить уравнение колебаний груза, амплитуды собственных и вынужденных колебаний.

Варианты заданий даны на рис. 4.6 – 4.9. Исходные данные в табл. 4.2.

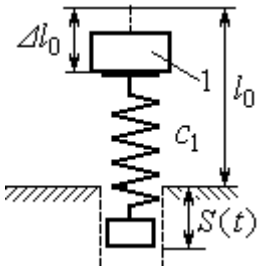
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Невесомая пластина AB укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость V_0, падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

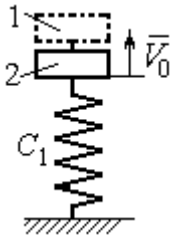
Задача 2



К верхнему концу пружины, сжатой на величину $\Delta\ell_0$, прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

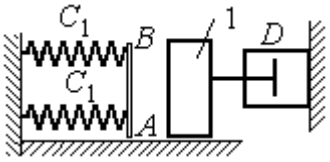
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость V_0, направленную вверх

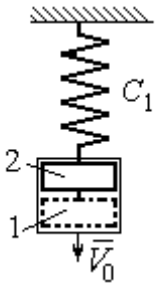
Задача 2



Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью V_0. Через 1 с груз упирается в площадку AB, укреплённую на недеформированных пружинах, соединённых параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку AB и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером D

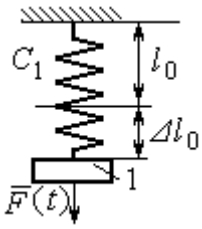
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



В положении статического равновесия груза 2, укреплённого на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью V_0

Задача 2

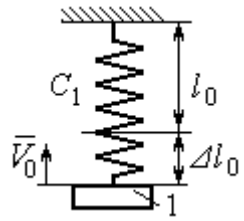


Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$, подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

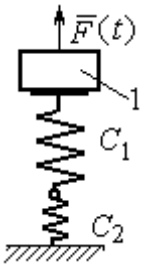
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



К недеформированной пружине подцепили груз 1, оттянули его вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вверх

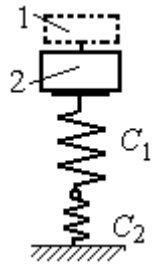
Задача 2



Грузу 1, укреплённому на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость V_0, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

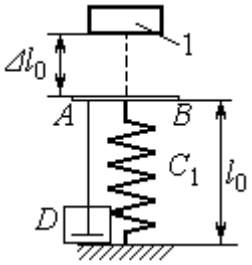
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укреплённых на двух вертикальных последовательно соединённых пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости

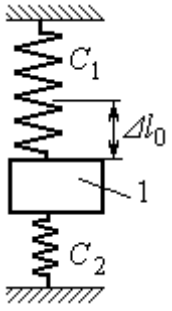
Задача 2



Груз 1 падает с высоты $\Delta\ell_0$ на площадку AB, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер D создаёт сопротивление движению груза на пружине

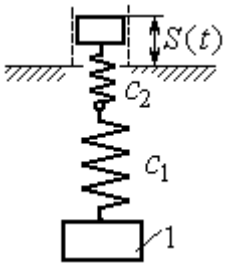
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости

Задача 2

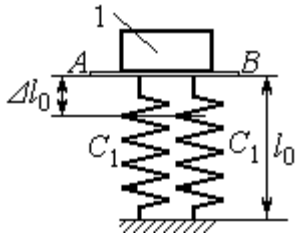


К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подцепили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью V_0. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

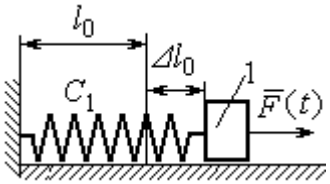
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вниз

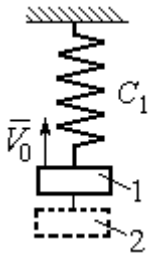
Задача 2



К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила $\vec{F}(t)$

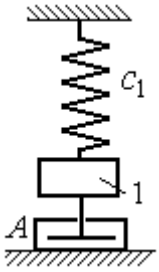
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Грузы 1 и 2 находятся на пружине в положении статического равновесия. Груз 2 удаляют, а грузу 1 сообщают скорость V_0, направленную вверх

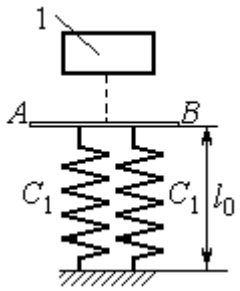
Задача 2



В положении статического равновесия груза 1 ему сообщили скорость V_0, направленную вниз. Демпфер A создаёт сопротивление движению груза

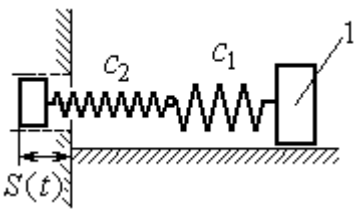
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины AB, укреплённой на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



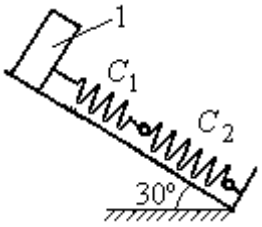
К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость V_0, направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания Д2

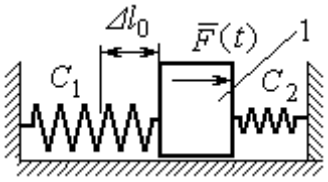
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



В положении статического равновесия груза 1, укреплённого на двух последовательно соединённых пружинах, сообщили скорость V_0, направленную вниз по наклонной плоскости

Задача 2



Между двумя горизонтальными недеформированными пружинами на гладкую поверхность поместили груз 1, оттянули его влево на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.9. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 10, 20, 30

Таблица 4.2

Исходные данные задания Д2. Исследование колебаний точки

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
1	1	2,5	–	2,0	200	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	210	–	0,1	–	–	0,02sin12t
2	1	1,5	2,0	4	250	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	4	220	–	–	1,0	–	–
3	1	2,0	1,5	3	250	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	–	200	–	0,14	–	12sin5t	–
4	1	2,0	–	3	180	–	0,1	–	–	–
	2	1,5	–	2	150	120	–	–	8sin12t	–
5	1	1,0	2,0	–	120	100	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	50	–	0,5	18	–	–
6	1	1,2	–	–	120	180	0,12	–	–	–
	2	1,4	–	2,4	120	180	–	–	–	0,03sin14t
7	1	1,6	–	3,2	140	–	0,15	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,12	–	12sin6t	–
8	1	1,0	2,0	3,0	150	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	3,5	120	–	–	15	–	–

Продолжение табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
9	1	1,5	–	–	100	–	–	–	–	–
	2	1,4	–	2,0	100	110	–	–	–	0,015sin8t
10	1	2,5	–	2,5	110	100	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	110	52	0,08	–	5sin9t	–
11	1	2,0	–	4,0	300	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	200	–	0,12	–	–	0,01sin4t
12	1	1,8	2,4	4	220	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	5	240	–	–	0,6	–	–
13	1	1,5	1,5	2	200	–	–	–	–	–
	2	1,8	–	–	180	–	0,08	–	10sin10t	–
14	1	2,0	–	2	200	–	0,12	–	–	–
	2	2,0	–	2	150	120	–	–	10sin8t	–
15	1	1,5	2,0	–	120	250	–	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,4	4	–	–
16	1	2,0	–	–	150	75	0,1	–	–	–
	2	2,0	–	2,5	150	75	–	–	–	0,01sin5t
17	1	1,5	–	2,1	160	–	0,11	–	–	–
	2	1,8	–	–	150	–	0,1	–	8sin12t	–
18	1	2,0	1,0	2,5	80	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	2,5	50	–	–	21	–	–
19	1	1,6	–	–	120	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	2,0	85	120	–	–	–	0,015sin7t
20	1	2,0	–	2,0	90	100	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	100	90	0,12	–	6sin10t	–
21	1	2,0	–	1,6	220	–	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	250	–	0,14	–	–	0,01sin10t
22	1	2,2	1,5	3	180	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	4	280	–	–	0,8	–	–
23	1	2,2	1,2	2	220	–	–	–	–	–
	2	1,6	–	–	200	–	0,12	–	5sin7t	–

Окончание табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
24	1	1,6	–	2,4	160	–	0,13	–	–	–
	2	1,0	–	3	150	300	–	–	6sin10t	–
25	1	0,8	1,2	–	120	80	–	–	–	–
	2	0,8	–	–	180	–	0,4	12	–	–
26	1	1,4	–	–	100	120	0,15	–	–	–
	2	1,8	–	2,2	150	120	–	–	–	0,015sin8t
27	1	2	–	4,0	150	–	0,12	–	–	–
	2	2	–	–	162	–	0,13	–	5sin9t	–
28	1	1,5	2,0	2,0	140	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	3,1	180	–	–	12	–	–
29	1	1,0	–	–	140	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	2,4	75	150	–	–	–	0,08sin5t
30	1	1,6	–	3	75	150	–	–	–	–
	2	1,5	–	3	80	70	0,15	–	8sin10t	–

Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

Задача 1. Груз 1 весом P = 20 Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости, прикреплён к недеформированной пружине, расположенной параллельно плоскости (рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 30º, коэффициент жесткости пружины c = 400 Н/м. В начальный момент груз переместили вверх по наклонной плоскости (сжали пружину) на расстояние $\Delta\ell_0$ = 0,1 м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

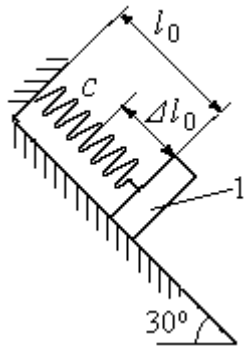


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.11. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вниз вдоль наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.11) В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены три силы: сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры наклонной плоскости $\vec{N}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее её растяжение *x* относительно выбранного начала координат и растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

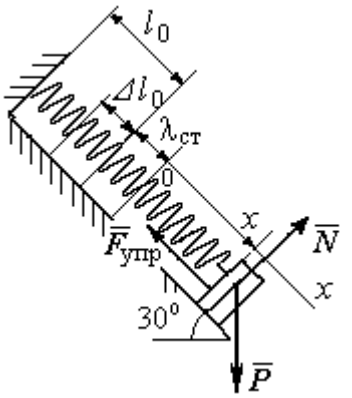


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{\text{ст}}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось *x*: $P\sin 30^\circ - c\lambda_{\text{ст}} = 0$. Подставляя это выражение условия статического равновесия груза в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение колебаний груза:

$$m\ddot{x} = -cx, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где ω – угловая частота колебаний; $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}01$ 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 координату x_0 начального положения груза на оси *Ox*.

Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \dfrac{P\sin 30^\circ}{c} = 0{,}025$ м. Координата начального положения груза определяется величиной сжатия пружины и, поскольку начало отсчёта координаты x выбрано в положении статического равновесия груза, равна (со знаком!): $x_0 = -(\Delta\ell_0 + \lambda_{ст}) = -0{,}125$ м (см. рис. 4.11).

Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим $C_1 = -0{,}125$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставим сюда начальное значение скорости груза при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического растяжения пружины:

$$x(t) = -0{,}125\cos 14{,}01t \text{ м}.$$

Амплитуда колебаний груза $A = 0{,}125$ м.

Задача 2. Груз 1 весом $P = 20$ Н подвешен на недеформированной вертикальной пружине (рис. 4.12). Жесткость пружины $c = 800$ Н/м. В начальный момент груз был оттянут вниз в положение, при котором пружина растянулась на расстояние $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м, и в этом положении ему сообщена начальная скорость $V_0 = 2$ м/с, направленная вверх.

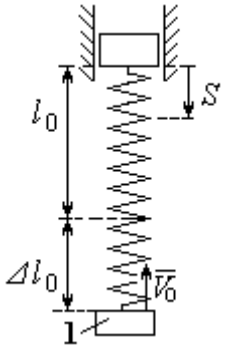


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону $S = a\sin 10t$, где $a = 0{,}02$ м.

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду собственных колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.13. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.13, *c*, *d*). В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$.

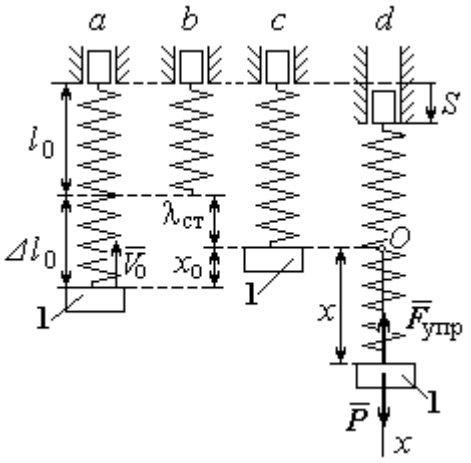


Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза: *a* – положение груза на начало колебаний; *b* – недеформированная пружина; *c* – статическое растяжение пружины под действием веса груза; *d* – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины

Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*

$$F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -c(x + \lambda_{\text{ст}} - S),$$

где $\Delta\ell$ – удлинение пружины, включающее её растяжение *x* относительно начала координат, растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца, $\Delta\ell = (x + \lambda_{\text{ст}} - S)$.

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{\text{ст}} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил: $P - c\lambda_{\text{ст}} = 0$.

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$, ω = 19,81 рад/с; h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h = \frac{ca}{m}$ = 7,85 м/с^2; p – угловая частота вынужденных колебаний, p = 10 рад/с.

При отсутствии резонанса (здесь $\omega \neq p$) общее решение уравнения вынужденных колебаний имеет вид $x = C_1 \cos\omega t + C_2 \sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2} \sin pt$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси Ox. Координата начального положения груза (см. рис. 4.13, *b*) $x_0 = \Delta\ell_0 - \lambda_{ст}$. Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \frac{P}{c}$ = 0,02 м, тогда x_0 = 0,08 м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при t = 0, получим: $C_1 = x_0$ = 0,08 м.

Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1 \omega \sin\omega t + C_2 \omega \cos\omega t + \frac{hp}{\omega^2 - p^2} \cos pt$. Проекция скорости груза в начальный момент на ось Ox $V_{0x} = -V_0$. Подставив начальное значение скорости груза при t = 0 $\dot{x} = V_{0x} = -V_0$, получим: $C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp}{\omega(\omega^2 - p^2)}$ = – 0,11 м. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического равновесия, м.

$$x(t) = 0{,}08\cos 19{,}82t - 0{,}11\sin 19{,}82t - 0{,}03\sin 10t.$$

Амплитуда вынужденных колебаний $A_{вын} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$ = 0,03 м. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{соб} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ = 0,14 м.

4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой $A(\vec{F})$ силы $\vec{F}$, постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении S_1 точки приложения силы называется величина $A(\vec{F}) = FS_1\cos\alpha$. Если угол α острый, работа силы положительна. Если угол α тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

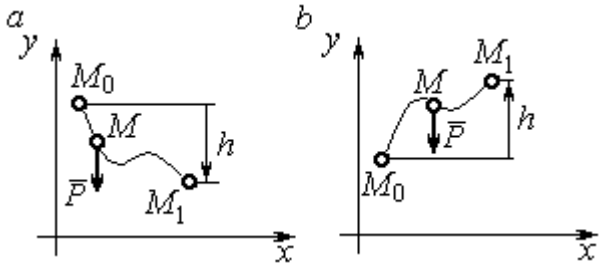


Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы тяжести материальной точки (вертикальной силы) при перемещении точки из положения M_0 в положение M_1 равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – величина вертикального перемещения точки (рис. 4.14). Работа силы тяжести положительная, если начальная точка движения выше конечной, и отрицательная, – если ниже.

Работа силы упругости пружины на прямолинейном перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние h определяется формулой $A(F_{\text{упр}}) = -\dfrac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \dfrac{1}{2}mV^2$, где m – масса точки; V – её скорость. **Теорема об изменении кинетической энергии точки** заключается в том, что изменение кинетической энергии точки за конечный промежуток времени равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\dfrac{mV_1^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, 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 её перемещении из положения M_0 в положение M_1.

При несвободном движении точки сумма работ сил включает работу реакций связи. Если движение происходит без трения по неподвижной гладкой поверхности, то реакция связи направлена по нормали к поверхности и её работа при любом перемещении точки равна нулю.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения точки 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; ρ – радиус кривизны траектории точки.

4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

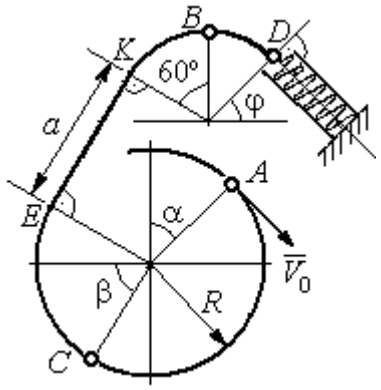
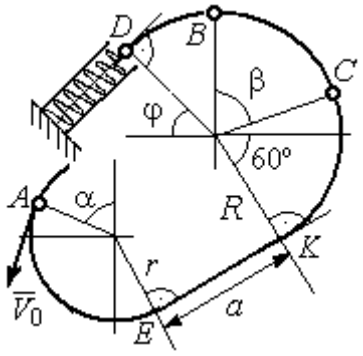
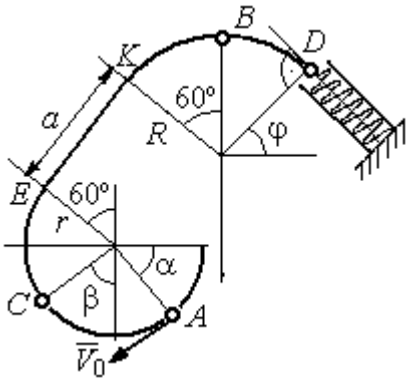
Тонкий стержень с надетым на него шариком массой *m* расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами *r* и *R* = 2*r*, соединённых прямолинейным отрезком *ЕК*, сопряжённым с дугами окружностей в точках *Е* и *К*. В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя величины и направления скорости. Длина отрезка *ЕК* = *a*.

В точке *А*, положение которой на дуге окружности определяется углом α, шарику сообщают начальную скорость V_0. По дугам окружностей шарик скользит без трения, а при движении по прямолинейному отрезку *ЕК* на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения *f*. На участках с вертикальным отрезком *ЕК* считать, что шарик прижимается к стержню силой, равной половине веса шарика.

Достигнув на дуге окружности точки *D*, шарик упирается в недеформированную пружину жёсткостью *c* и, продолжая движение по сопряженной прямой, сжимает её. Положение точки *D* определяется углом φ.

Определить величину максимального сжатия пружины, если шарик проходит наивысшее положении траектории – точку *B* со скоростью $V_B = kV_0$. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом β.

Варианты заданий приведены на рис. 4.15, 4.16. Исходные данные задания в табл. 4.3.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**	**Варианты № 3, 13, 23**
		

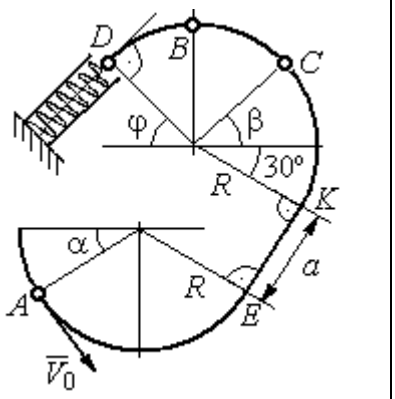
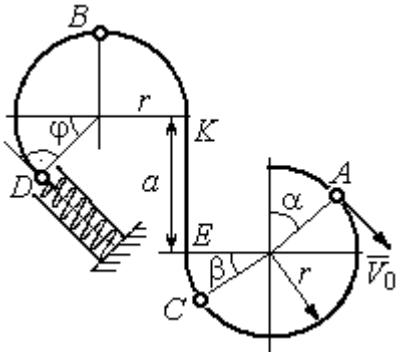
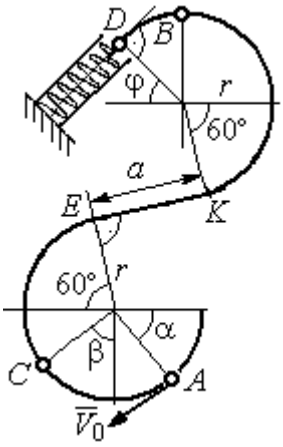
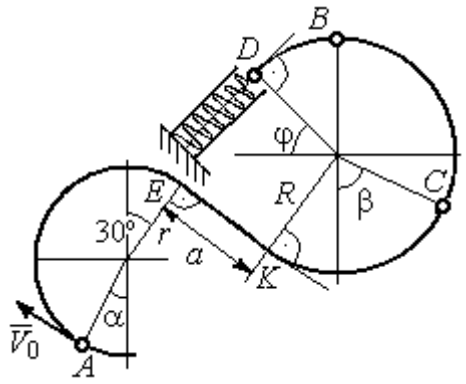
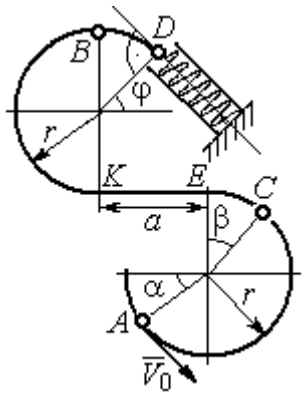
Варианты № 4, 14, 24	**Варианты № 5, 15, 25**	**Варианты № 6, 16, 26**
		

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д3

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

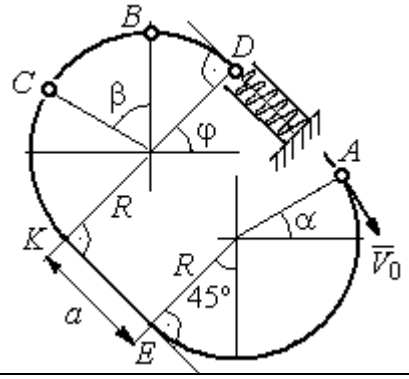
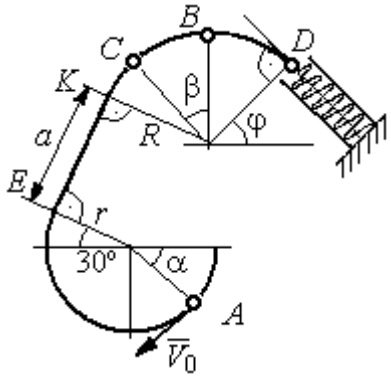
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 4.16. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 4.3

Исходные данные задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
m, кг	0,8	0,5	0,6	0,4	1,0	0,6	0,9	0,5	0,3	0,4	0,8	0,6	0,5	0,3	1,0
α, град	30	45	0	30	30	0	0	45	30	0	60	30	30	45	60
β , град	60	30	60	0	60	30	60	60	30	45	30	60	60	30	30
φ, град	0	60	30	0	0	30	45	0	30	45	30	30	0	30	45
r, м	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,8
a, м	0,5	0,6	0,9	1,4	0,8	1,2	0,5	0,5	1,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6
f	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3
k	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
c, Н/м	100	80	90	80	120	100	90	80	60	80	90	60	80	60	110

Окончание табл. 4.3

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
m, кг	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,4	1,0	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	0,6	0,8
α, град	60	30	0	45	60	90	90	60	60	90	30	60	60	45	90
β , град	60	30	45	90	60	45	90	60	60	30	30	60	60	0	60
φ, град	45	60	60	60	30	90	0	90	45	60	60	90	30	60	0
r, м	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4
a, м	0,4	1,2	0,9	1,2	1,2	0,9	0,6	1,5	1,4	0,8	1,2	0,9	0,6	0,8	0,5
f	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
k	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
c, Н/м	80	60	90	60	100	90	80	110	80	60	60	80	60	80	100

Пример выполнения задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг окружностей, сопряженных в точках E и K с прямолинейным отрезком EK длиной $a = 0{,}6$ м (рис. 4.17). Радиусы окружностей $R = 1$ м и $r = 0{,}5$ м. Диаметры дуг окружностей, проведённые в точках E и K, составляют с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик массой $m = 0{,}5$ кг. В точке A, положение которой на дуге радиуса R определяется углом $\alpha = 60°$ (см. рис. 4.17), шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он начинает движение. По дугам окружностей шарик скользит без трения. При движении по прямой EK на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения $f = 0{,}2$. Достигнув точки D на верхней дуге, шарик упирается в пружину жесткостью $c = 100$ Н/м и, двигаясь по сопряжённой прямой без трения, сжимает её. Найти величину максимального сжатия пружины, если наивысшее положение на траектории (точку B) шарик проходит со скоростью $V_B = kV_0$ при $k = 0{,}3$. При

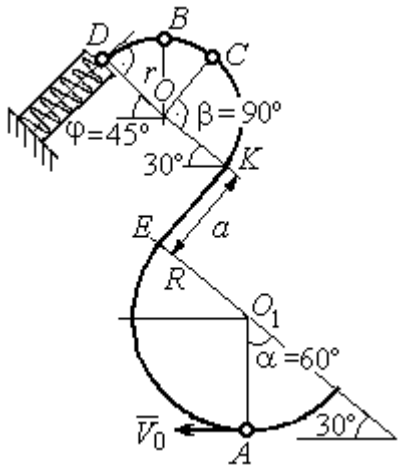


Рис. 4.17. Схема движения шарика

найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом $\beta = 90°$.

Решение

Рассмотрим движение шарика по стержню из начального положения *A* в наивысшее положение – точку *B*.

При движении шарика по дугам окружностей работу совершает только сила тяжести. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня, и потому её работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движении шарика по прямой *EK* на него действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}_{EK}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (рис. 4.18, *b*). Работу совершают сила тяжести и сила трения. Работа реакции опоры стержня равна нулю.

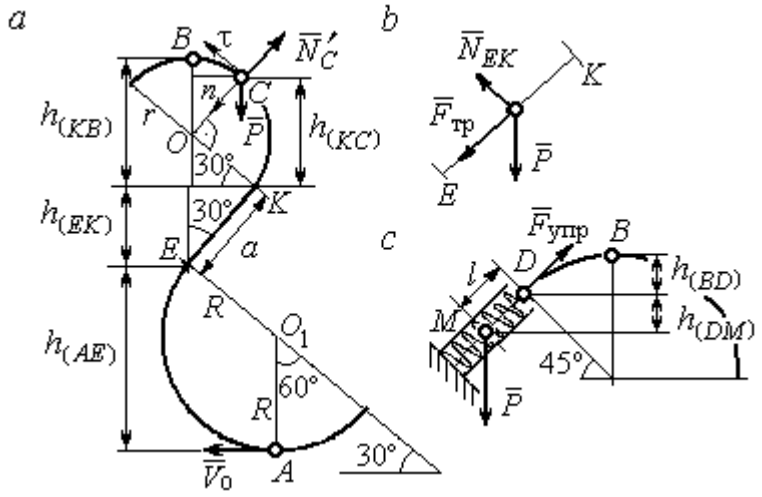


Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

Обозначим $h_{(AB)}$ – перепад высот точек *A* и *B* на траектории; V_A – начальная скорость шарика в точке *A*, $V_A = V_0$; V_B – его скорость в точке *B*, $V_B = 0{,}3V_0$.

Для вычисления перепада высот точек *A* и *B* имеем выражение (рис. 4.18, *a*):

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} = R(1+\sin 30^\circ) + a\cos 30^\circ + r(1+\sin 30^\circ).$$

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *A* в положение *B*, получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{тр}})$, где $A(\vec{P}) = -Ph_{(AB)}$,

$A(\vec{F}_{\text{тр}}) = -F_{\text{тр}}a$ – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения *AB* и силы трения на отрезке *EK*. Сила трения равна $F_{\text{тр}} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg\cos 60^\circ$ (рис. 4.18, *a*, *b*).

В результате, теорема об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения *A* в конечное положение *B* принимает вид: $\frac{m(0{,}3V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -\,mg\left[(R+r)(1+\sin 30^\circ) + a(\cos 30^\circ + f \cdot \cos 60^\circ)\right]$.

После подстановки данных задачи, получим: $0{,}91V_0^2 = 55{,}517$, откуда находим необходимое значение начальной скорости шарика: $V_0 = 7{,}81$ м/с.

Найдём давление шарика на стержень в точке *C*.

Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.18, *a*). Уравнение движения шарика в точке *C* в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N'_C$, где V_C – скорость шарика в точке *C*, N'_C – реакция стержня, приложенная к шарику. Направление реакции на рис. 4.18, *a* соответствует предположению, что шарик давит на стержень в направлении центра дуги окружности.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся тем, что скорость шарика в точке *B* уже известна, и применим теорему об изменении кинетической энергии при движении шарика из начального положения *C* в конечное положение *B*. На этом участке движения работу совершает только сила тяжести шарика. Получим $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где V_C, V_B – значения скорости шарика в точках *C* и *B*; $h_{(CB)}$ – перепад высот точек *C* и *B*; $h_{(CB)} = r(1-\sin 30^\circ) = 0{,}5r$ (см. рис. 4.18, *a*). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид: $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(CB)}$ или $V_C^2 = V_B^2 + gr$. Отсюда, при условии $V_B = 0{,}3V_0 = 2{,}34$ м/с, найдём $V_C = 3{,}22$ м/с.

Реакция опоры шарика: $N'_C = P\cos 30^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r} = -6{,}12$ Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика означает, что вектор реакции $\vec{N}'_C$ в точке C (см. рис. 4.18, *а*) направлен в противоположную сторону. Давление шарика на стержень в точке C равно модулю реакции опоры.

Найдём величину максимального сжатия пружины.

Рассмотрим движение шарика на участке от точки *B* до положения максимально сжатой пружины – точки *M*. Движение на этом участке происходит по дуге окружности *BD* и по прямой *DM*. При этом сила тяжести совершает работу на всём участке движения, а сила упругости – на отрезке сжатия пружины. Обозначим величину максимального сжатия пружины $MD = l$.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *B* в *M* получим: $\dfrac{mV_M^2}{2} - \dfrac{mV_B^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{упр}})$, где V_M, V_B – скорость шарика в точках *M* и *B*. Работа силы тяжести $A(\vec{P}) = Ph_{(BM)} =$ $= P\left[h_{(BD)} + h_{(DM)}\right] = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right]$. Работа силы упругости на прямолинейном участке *DM* длиной *l*: $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\dfrac{cl^2}{2}$. Условие максимального сжатия пружины означает, что в точке *M* скорость шарика обращается в нуль: $V_M = 0$, тогда теорема об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\dfrac{mV_B^2}{2} = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right] - \dfrac{cl^2}{2}$. Подставляя данные задачи и с учётом того, что скорость шарика в наивысшей точке *B* найдена из предыдущих рассуждений $V_B = 2{,}34$ м/с, получим квадратное уравнение для определения величины максимального сжатия пружины $50l^2 - 3{,}468l - 2{,}085 = 0$. В качестве ответа принимается положительный корень уравнения $l = 0{,}24$ м.

5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

Поступательное движение твердого тела описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела имеют вид: $m\ddot{x}_C = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y}_C = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z}_C = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; x_C, y_C, z_C – координаты центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твердое тело.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнения вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k) \quad \text{или} \quad J_z\ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}^e_k),$$

где ω – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; φ – угол поворота тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ε – угловое ускорение тела; $\varepsilon = \dot{\omega}$.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}, \quad ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}, \quad J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx},

F_{ky}^{e} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^{e})$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединенных нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

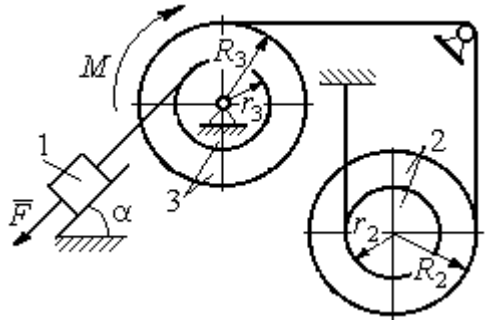
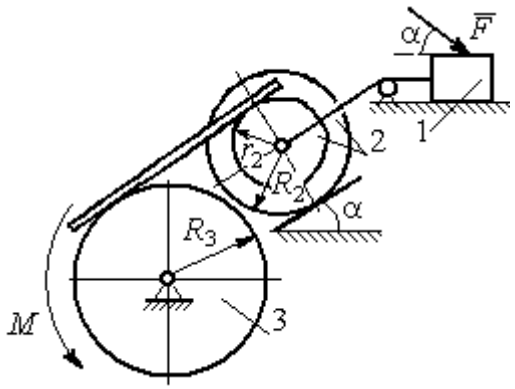
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Направление действия силы $\vec{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

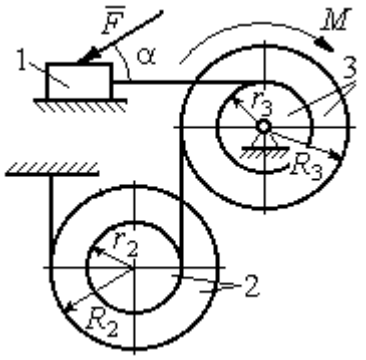
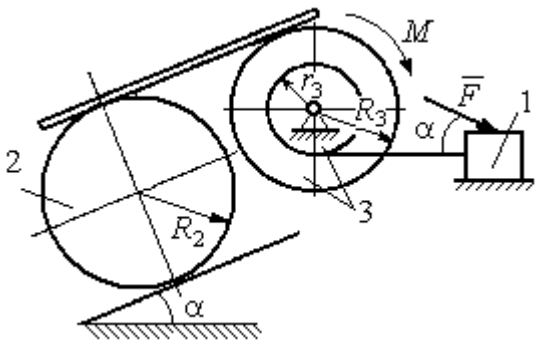
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены R_2, r_2 и R_3, r_3.

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны i_{z2}, i_{z3}.

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 5.1, 5.2. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

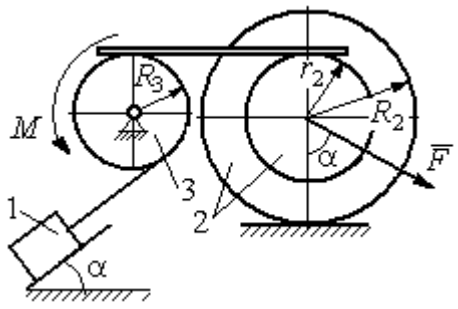
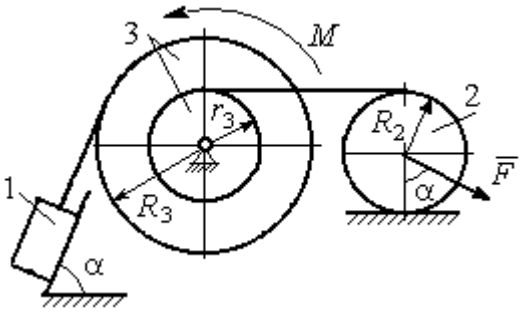
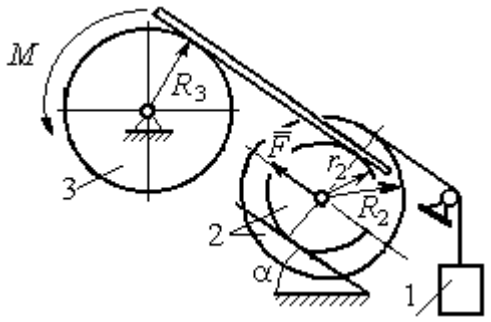
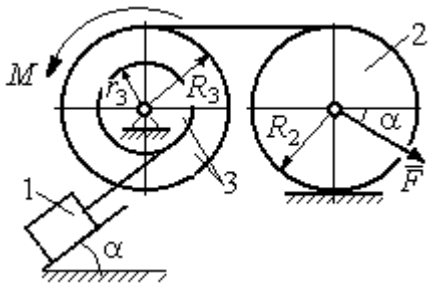
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.1. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

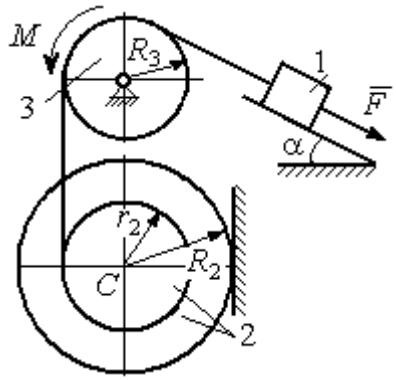
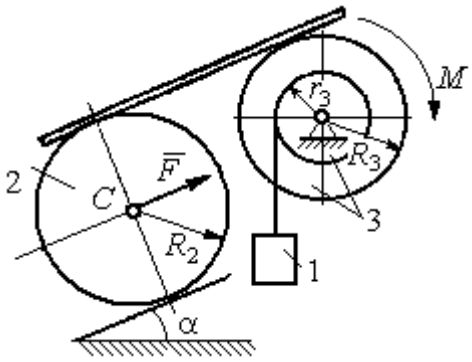
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 5.2. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.1

Исходные данные задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
1	P	P	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
2	$3P$	P	$3P$	$3P$	Pr	30	$2r$	r	$2r$	–	$2r$	–
3	$4P$	$3P$	$4P$	$2P$	$2Pr$	60	$2r$	r	$2r$	r	$2r$	$2r$
4	$2P$	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
5	P	$3P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	r	r	–	$2r$	–
6	P	$2P$	$4P$	$4P$	$6Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
7	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	45	$3r$	r	r	-	$r\sqrt{3}$	–

Окончание табл. 5.1

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
8	$2P$	$3P$	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
9	$3P$	P	$3P$	P	$2Pr$	30	$2r$	r	$2r$	–	$r\sqrt{2}$	–
10	P	P	$3P$	P	$2Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
11	P	P	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$
12	$2P$	P	$2P$	$4P$	Pr	60	$3r$	r	$3r$	–	$r\sqrt{3}$	–
13	$3P$	P	$3P$	$3P$	$2Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
14	$2P$	P	$3P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$
15	P	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$	–
16	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{2}$
17	P	P	$3P$	$2P$	$6Pr$	60	$3r$	r	$3r$	-	$r\sqrt{3}$	
18	$2P$	$2P$	$3P$	P	$3Pr$	60	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
19	$2P$	P	$2P$	$3P$	$4Pr$	30	$3r$	r	$3r$	–	$2r$	–
20	P	P	$3P$	P	$2Pr$	45	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
21	$2P$	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	r	$3r$	r	$r\sqrt{2}$	$2r$
22	P	P	$2P$	$5P$	$2Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$2r$	–
23	$2P$	$2P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
24	$4P$	P	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
25	P	$3P$	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	r	–	$r\sqrt{3}$	–
26	P	$3P$	$4P$	$3P$	$3Pr$	45	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$
27	P	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	30	$2r$	r	$2r$	-	$r\sqrt{3}$	
28	$2P$	$3P$	$3P$	P	$6Pr$	30	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{2}$
29	$2P$	P	$2P$	$2P$	$2Pr$	45	$2r$	r	r	–	$2r$	–
30	P	P	$4P$	P	$4Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$

Пример выполнения задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 5.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, равной по величине: $F = 3P$, и пары сил с моментом $M = Pr$,

приложенных к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической системой. Радиус катка 2 $R_2 = 2r$. Качение катка по наклонной плоскости происходит без проскальзывания. Радиусы ступенчатого блока 3: $R_3 = 3r$, $r_3 = r$. Радиус инерции блока 3 $i_3 = r\sqrt{3}$.

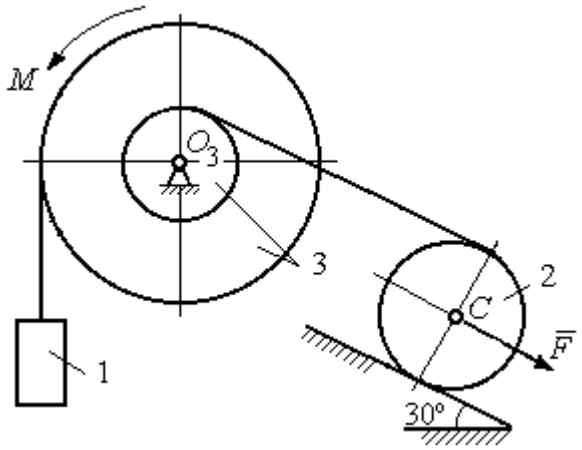


Рис. 5.3. Схема механической системы

Применяя метод динамического расчета механической системы найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающегося блока 3.

Решение

Освобождаем систему от связей. На рис. 5.4 изображены внешние силы, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

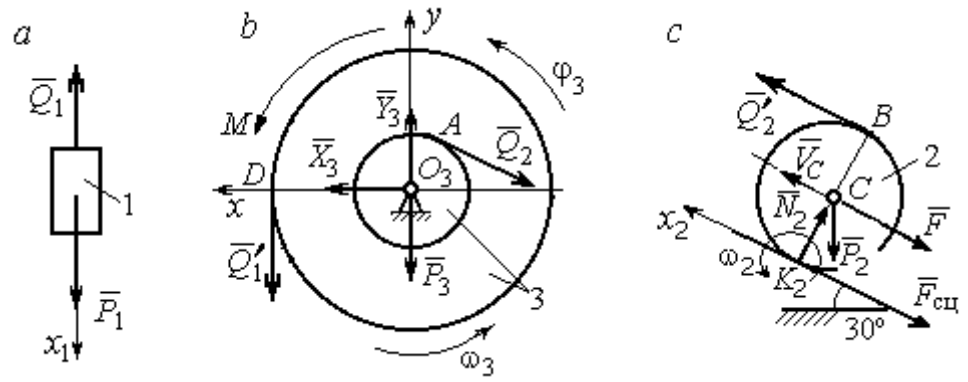


Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
a – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.4, *a*). Предположим, груз 1 движется вниз, и направим ось x_1 в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось x_1 в соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1,$$

где m_1, a_1 – соответственно, масса груза 1 и его ускорение, $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$.

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси *z*, проходящей через его центр масс O_3, перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 5.4, *b* дуговой стрелкой ω_3.

На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, силы реакции подшипника $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, момент *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$ (см. рис. 5.4, *b*). При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3} \varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r,$$

где J_{zO_3} – момент инерции блока 3 относительно оси *z*; ε_3 – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\vec{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ равны. На рис. 5.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси x_2. Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости ω_2 (см. рис 5.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через

центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r,$$

где m_2 – масса катка 2, $m_2 = \frac{P_2}{g} = \frac{2P}{g}$; a_C, ε_2 – ускорение центра масс и угловое ускорение катка 2; J_C – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{PR_2^2}{g} = \frac{4Pr^2}{g}$. В уравнении вращательного движения диска момент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска,

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна V_C, то угловая скорость катка определится по формуле: $\omega_2 = \frac{V_C}{CK_2} = \frac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей (см. рис. 5.4, *c*). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс катка 2 и его угловым ускорением: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{R_2} = \frac{a_C}{R_2} = \frac{a_C}{2r}$.

Скорость точки *B* катка 2 (см. рис. 5.4, *c*) $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \frac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$.

Точка *B* катка 2 и точка *A* блока 3 соединены нитью (см. рис. 5.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек *A* и *B*, получим равенство: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \frac{2V_C}{r}$. После дифференцирования последнего выражения найдём соотношение между ускорениями: $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда $a_1 = 6a_C$.

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g} a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g} \varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g} \varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{2r}$, $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$, $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину Q_1, а из третьего и четвёртого уравнений – величину $F_{\text{сц}}$, получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g} a_C = 7P - Q_2, \; \frac{3P}{g} a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда $a_C = \dfrac{10}{111} g$, $Q_2 = \dfrac{79}{37} P$. Величину натяжения нити Q_1 находим из первого уравнения исходной системы: $Q_1 = \dfrac{34}{37} P$.

Для вычисления динамической реакции R_3 оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю, $\vec{a}_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси x, y имеют вид :

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0,\ m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

где X_3, Y_3, – проекции реакции R_3 оси вращающегося блока 3 на оси x, y (см. рис. 5.4, *b*). Отсюда, с учетом значений $Q_1 = 0{,}919P$ и $Q_2 = 2{,}135P$, проекции динамической реакции оси блока 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$. Полная величина динамической реакции оси блока 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела. **Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ω – угловая скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инерции относительно оси z, проходящей через центр масс: $J_z = \frac{1}{2} m R^2$, где R – радиус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой $J_z = m i_z^2$, где i_z – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной по модулю и направлению силы $\vec{F}$ на конечном прямолинейном перемещении S точки приложения силы: $A(F) = FS\cos\alpha$, где α – угол между вектором силы и перемещением. Если угол α острый, работа

положительна. Если тупой – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

Работа пары сил с постоянным моментом M при повороте тела на конечный угол φ: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы $\vec{F}$ называют величину $N(F)$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V\cos\alpha$, где V – скорость точки приложения силы; α – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O\cos\alpha \pm F h_O \omega$, где $\vec{V}_O$ – вектор скорости точки, выбранной полюсом; $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{M}_O$ – вектор момента силы $\vec{F}$ относительно полюса; h_O – плечо силы $\vec{F}$ относительно полюса *O*.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$, где T – кинетическая энергия системы; $\sum N(\vec{F}_k^e)$, $\sum N(\vec{F}_k^i)$ – сумма мощностей, соответственно, внешних и внутренних сил.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$, где T, T_0 – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\vec{F}_k^e)$, $\sum A(\vec{F}_k^i)$ – сум-

ма работ внешних и внутренних сил при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

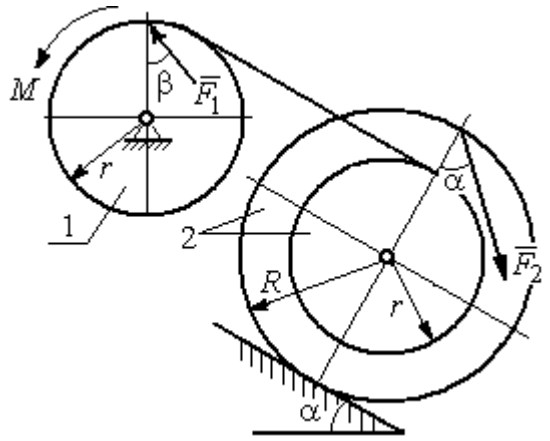
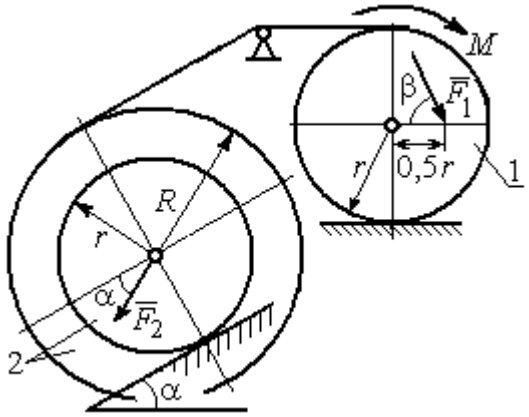
Вес дисков P_1 и P_2. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом *M*. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и наклон плоскости (если он есть) определяются углами α или β, показанными на схемах механизмов.

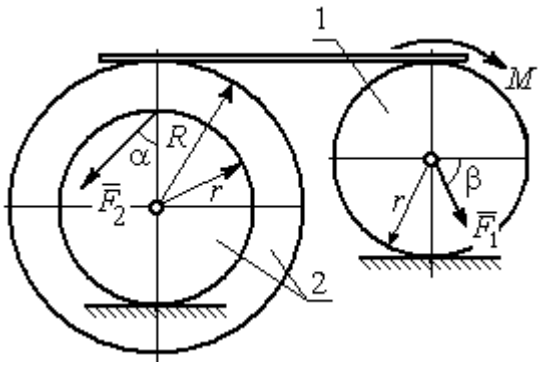
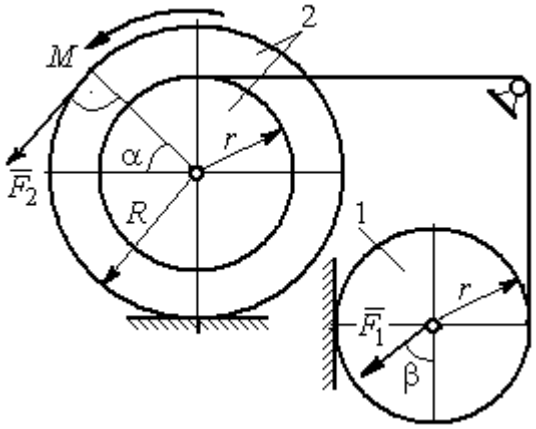
Радиус однородного диска *r*. Радиусы ступеней ступенчатого диска *R* и *r*. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

1. Найти ускорение центра масс диска 2.

2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 5.5, 5.6, исходные данные представлены в табл. 5.2.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

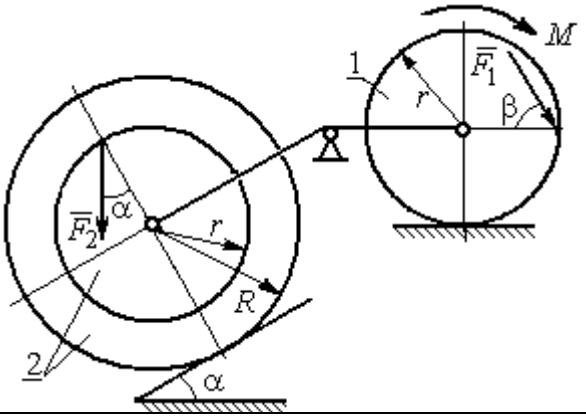
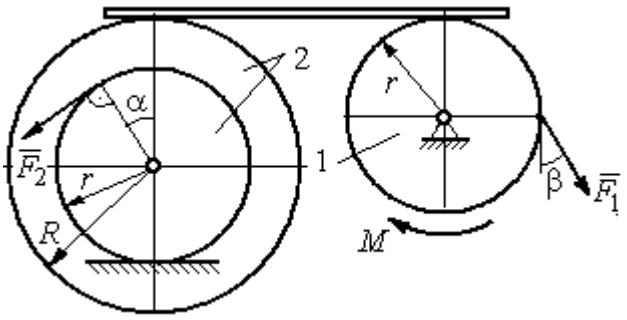
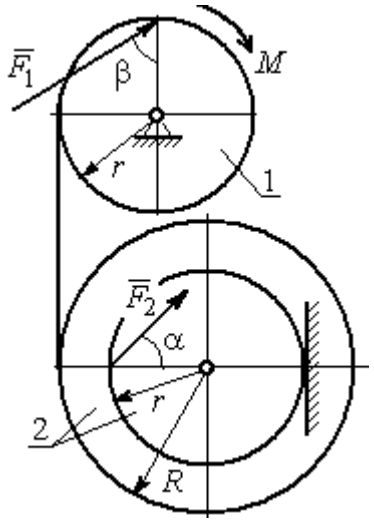
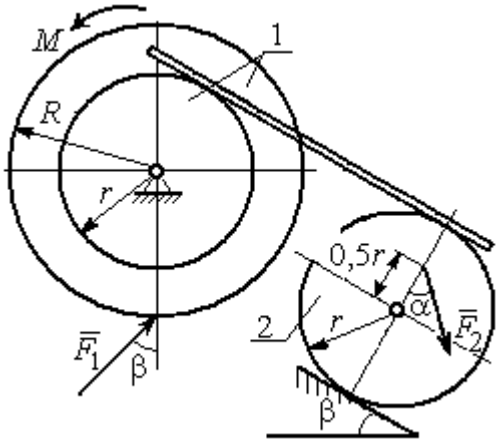
Вариант № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.5. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д5

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

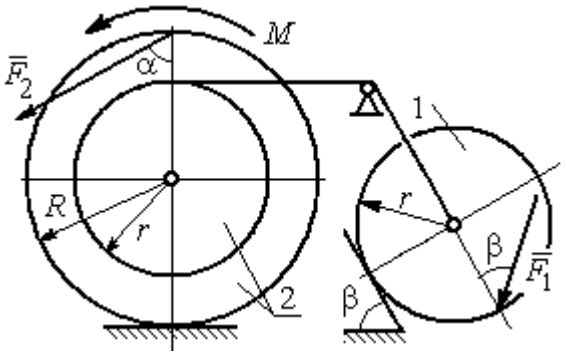
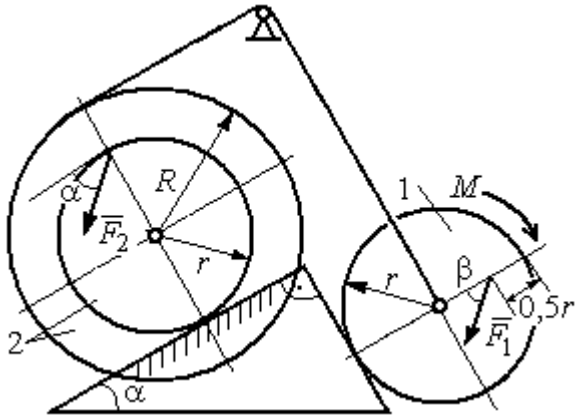
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты 10, 20, 30**
	

Рис. 5.6. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.2

Исходные данные задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	15	20	25	30	60	0,4	0,3	0,3
2	20	30	10	20	20	60	30	0,6	0,3	0,4
3	10	15	12	20	25	60	60	1,2	0,6	0,8
4	12	25	20	25	35	30	30	1,5	0,5	1,2

Окончание табл. 5.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
5	15	20	10	20	30	60	30	0,8	0,4	0,7
6	18	20	18	22	22	45	60	1,2	0,4	0,9
7	15	25	10	8	20	45	45	0,9	0,6	0,7
8	25	22	10	12	30	45	60	1,0	0,8	0,9
9	12	25	18	10	32	30	30	0,8	0,6	0,7
10	10	15	8	10	28	60	30	1,4	0,7	1,2
11	15	22	20	25	30	60	45	0,6	0,4	0,5
12	20	25	15	40	30	30	60	0,8	0,4	0,6
13	10	20	10	25	30	45	30	1,0	0,5	0,9
14	12	15	18	15	25	30	30	0,9	0,3	0,8
15	20	25	20	20	30	45	60	1,0	0,5	0,8
16	10	15	10	15	16	60	45	1,2	0,4	1,1
17	18	25	12	10	30	30	30	1,5	0,9	1,3
18	25	20	10	15	20	60	60	0,8	0,5	0,7
19	12	25	10	10	32	60	60	1,2	0,9	1,1
20	15	20	8	20	25	30	45	0,8	0,4	0,7
21	10	25	25	15	30	45	30	0,7	0,5	0,6
22	18	20	20	20	35	60	45	1,4	0,7	0,9
23	10	15	10	30	30	30	30	1,4	0,7	0,8
24	10	15	12	20	20	30	30	1,2	0,4	0,8
25	12	18	20	18	30	60	30	1,2	0,6	1,1
26	10	12	12	15	15	30	30	0,9	0,3	0,8
27	15	22	10	12	20	45	60	0,8	0,6	0,7
28	22	20	8	16	8	30	45	0,6	0,2	0,4
29	18	25	10	8	32	60	60	1,2	0,8	1,1
30	20	25	8	20	28	30	30	0,8	0,4	0,6

Пример выполнения задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ определяются углами α и β.

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси O_1. Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без проскальзывания.

Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

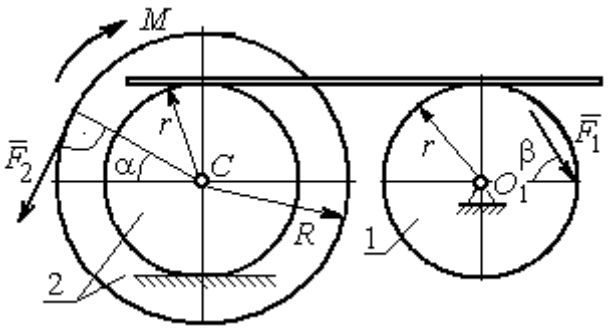


Рис. 5.7. Схема движения механической системы

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира O_1, реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести $P_1 = 40$ Н, $P_2 = 60$ Н, модули сил $F_1 = 80$ Н, $F_2 = 30$ Н, величина момента $M = 35$ Н·м, углы наклона сил $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$, радиусы дисков $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, радиус инерции диска 2 $i_z = 0{,}4$ м.

Решение

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости ω_1 и ω_2 дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 5.8.

На диск 1 действуют силы: $\vec{F}_1$, сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$. На диск 2: сила $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\vec{F}_{сц}$. Направления действия сил показаны на рис. 5.8.

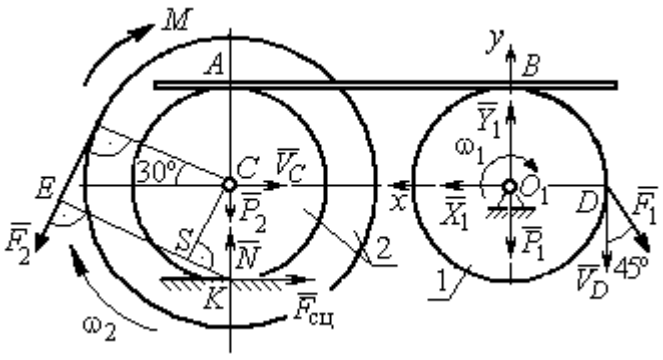


Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи рассматриваемая система неизменяемая и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где ω_1 – угловая скорость диска 1; J_{zO_1} – осевой момент инерции диска 1, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где V_C, ω_2 – скорость центра масс и угловая скорость диска 2; J_{zC} – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m_2 i_z^2$.

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка *K* на рис. 5.8). Тогда скорость точки *C* определяется по формуле $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$, откуда $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки *A* $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$, или $V_A = 2V_C$.

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки *A* на диске 2 равна скорости точки *B* на диске 1, причём $V_B = \omega_1 r$. Приравнивая скорости $V_B = V_A$, найдем $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left(\frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left(\frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2 .$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt} \left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы $\vec{P}_2$ равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки C – равен 90° (см. рис. 5.8). Для определения мощности силы $\vec{F}_2$, приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого $V_K = 0$ (см. рис. 5.8). В этом случае мощность силы $\vec{F}_2$ равна: $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$ – вектор момента силы $\vec{F}_2$ относительно центра K; $\vec{\omega}_2$, ω_2 – вектор и модуль угловой скорости диска 2; h_K – плечо силы $\vec{F}_2$ относительно центра K. Мощ-

ность силы $\vec{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\vec{F}_2$ относительно точки K противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы $\vec{F}_2$:

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Здесь $h_K = EK = ES + SK = R + r\cos 60^\circ$ (см. рис. 5.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы F_2 можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку C. Имеем:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент M направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\vec{F}_1$, приложенной в точке D, $N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 5.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2}.$$

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C\frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + \frac{M}{r} + F_1\sqrt{2}\right]g}{\left[2P_1 + P_2\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим: $a_C = 6{,}85$ м/с^2.

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_C}{r}$. Дифференцирование здесь допустимо, так как во время движения диска 2 расстояние от точки *C* до мгновенного центра скоростей диска 2 – точки *K* – не меняется.

Найдем $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{r} = \frac{a_C}{r}$ = 11,42 рад/с^2. Угловое ускорение диска 1 находится путём дифференцирования равенства $\omega_1 = 2\omega_2$. Имеем: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22{,}84$ рад/с^2.

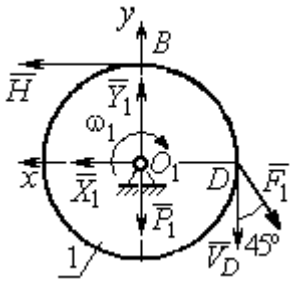


Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией $\vec{H}$ и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 5.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где ε_1 – угловое ускорение диска; J_{zO_1} – момент инерции диска 1 относительно оси *z*, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси *z*.

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси *z*: $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\frac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1 ε_1 = 22,84 рад/с^2, найдем реакцию стержня *H* = 28,63 Н.

Для определения динамической реакции шарнира O_1 диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат O_1x и O_1y, как показано на рис. 5.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H + X_1 - F_1\sin 45^\circ = 0, \quad Y_1 - P_1 - F_1\cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне $H = 28{,}63$ Н, находим составляющие динамической реакции шарнира: $X_1 = 27{,}94$ Н, $Y_1 = 96{,}57$ Н. Полная реакция шарнира $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = 100{,}53$ Н.

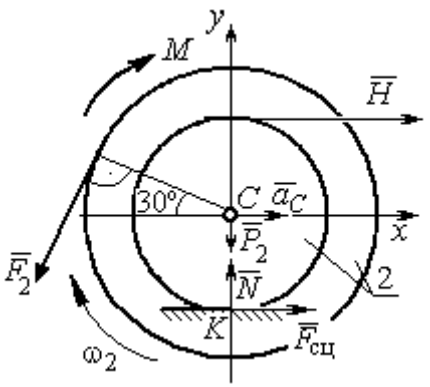


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат xCy показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2\cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2\cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня $H = 28{,}63$ Н и ускорения центра масс диска 2 $a_C = 6{,}85$ м/с^2, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{\text{сц}} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90{,}51$ Н.

6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения, направленную противоположно этому ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

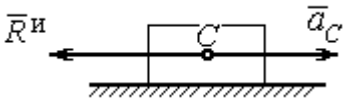


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$, равному по величине $R^{\text{и}} = ma_C$, приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведённый к центру масс тела, обращается в нуль (так как ускорение центра масс равно нулю). Таким образом, система сил инерции приводится к паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси вращения. Величина главного момента сил инерции $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

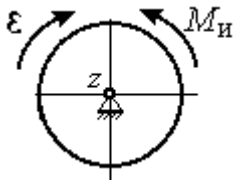


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе $\vec{R}^{\text{и}}$, равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси,

проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения (рис. 6.3). Главный вектор сил инерции равен по модулю произведению массы тела на ускорение его центра масс: $R^{и} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ центра масс. Главный момент сил инерции равен по величине произведению момента инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, на угловое ускорение тела: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (см. рис. 6.3).

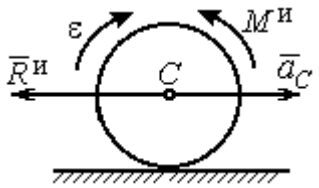


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

Принцип Даламбера для системы. Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной. Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия:

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0, \ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ – внешние силы, приложенные к системе; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$ – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра *O*; $\vec{M}_O^{и}$ – главный момент сил инерции относительно центра *O*.

Силы, действующие на систему, можно подразделить на активные и реакции связей. **Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений. Для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма

элементарных работ всех активных сил, приложенных к точкам системы, была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$ – элементарная работа активных сил на возможном перемещении.

Совместное применение принципа Даламбера и принципа возможных перемещений приводит к формулировке общего уравнения динамики.

Общее уравнение динамики. При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ всех приложенных 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 системе, 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. При этом переменные силы на элементарном перемещении точек их приложения считаются постоянными.

6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система с идеальными связями включает груз и два диска – однородного радиусом R или r и ступенчатого. Ступенчатый диск состоит из двух одноосных цилиндров радиусом R и r. Радиусы дисков указаны на схеме. Тела соединены нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя под действием сил тяжести, постоянной силы $\vec{F}$, а также пары сил с переменным моментом M. Направление действия силы $\vec{F}$ и наклон плоскости движущихся тел определяются углами α и β. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Качение дисков без проскальзывания. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует. Движение грузов по плоскости без трения. Нити и стержни, соединяющие груз и диски, параллельны соответствующим плоскостям, по которым двигаются тела.

Найти уравнение движения центра масс диска 3. Определить реакцию шарнира диска 2 в момент времени $t = 1$ с.

Варианты задания приведены на рис. 6.4, 6.5. Исходные данные выбираются из табл. 6.1.

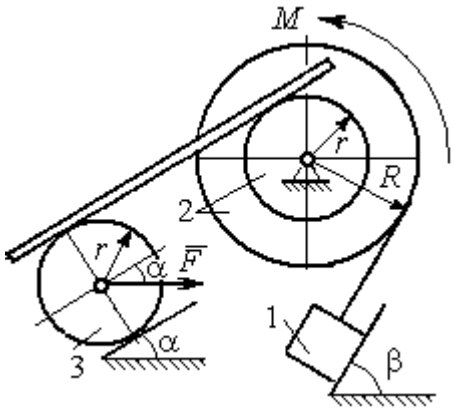
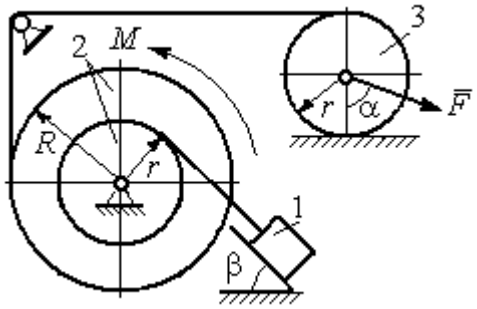
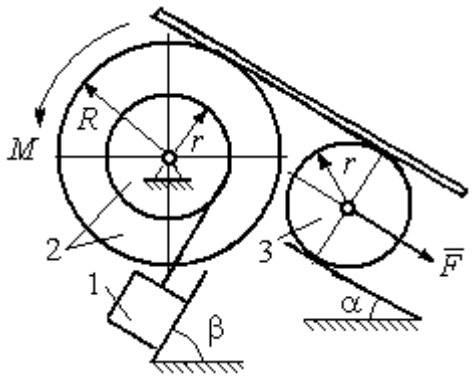
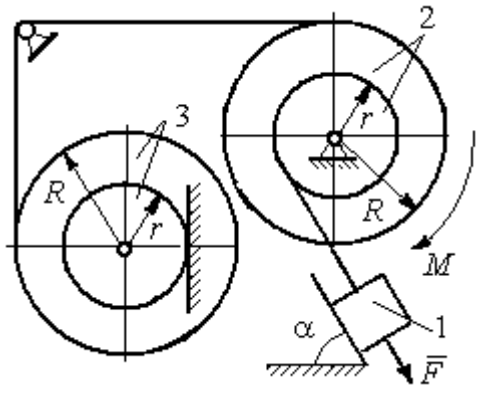
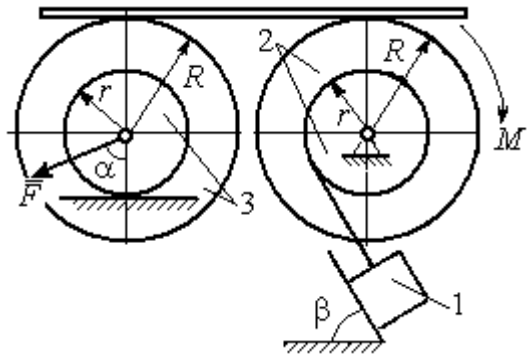
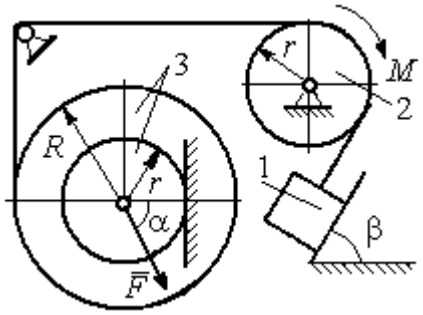
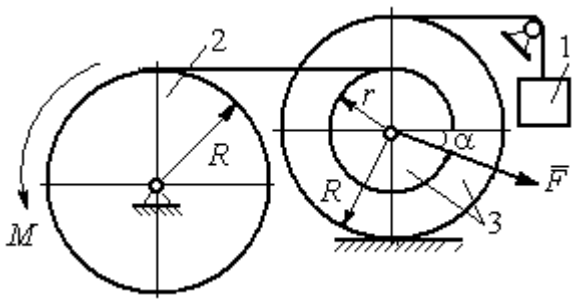
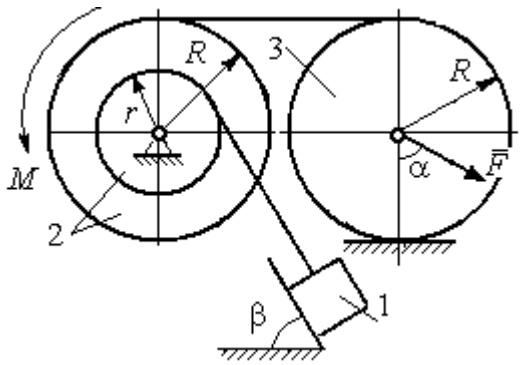
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	

Рис. 6.4. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

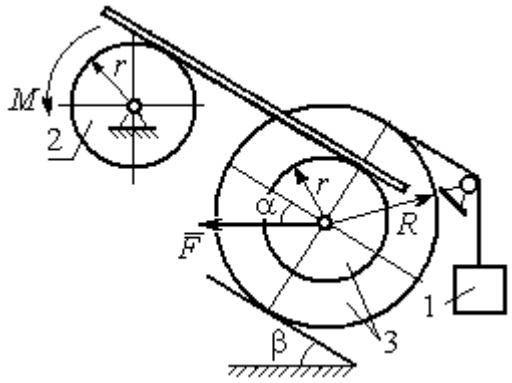
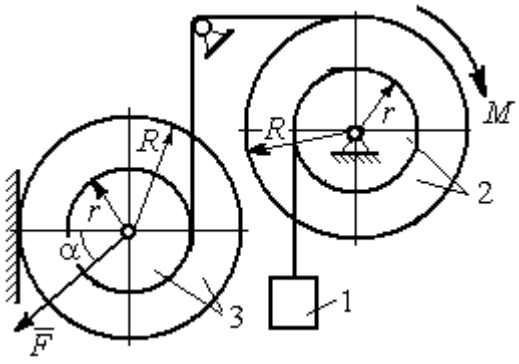
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.5. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики. Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 6.1

Исходные данные задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	8	20	$3(2+t^2)$	30	60	0,6	0,3	0,4
2	10	22	15	15	$4(t+3)$	30	30	0,8	0,4	0,6
3	5	18	10	6	$8(t^2+1)$	90	30	0,4	0,3	0,3
4	5	22	10	5	$14(t^2+t+1)$	30	–	0,6	0,5	0,6
5	5	20	16	9	$3(t^2+4)$	45	60	0,6	0,3	0,5
6	10	16	14	15	$4(5+t)$	60	30	1,0	0,6	0,8
7	6	20	20	8	$9(3t^2+2)$	45	–	0,8	0,6	0,8
8	16	25	15	12	$5(t^2+4)$	30	60	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	$4(3+5t)$	60	30	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	10	$5(3t+6)$	30	–	1,0	0,8	0,9
11	4	22	8	15	$2+ t^2$	45	45	0,8	0,4	0,6
12	15	18	15	10	$5(t+3)$	30	60	1,0	0,5	0,7
13	6	20	10	4	$5(t^2+2)$	30	60	0,6	0,5	0,4
14	10	25	15	8	$16(t+2)$	60	–	0,8	0,6	0,7
15	8	18	20	10	$6(t+2)$	30	90	1,2	0,6	1,0
16	8	18	12	12	$5(3+t^2)$	90	60	0,8	0,6	0,7
17	5	20	10	10	$2t^2+20$	60	–	0,9	0,6	0,8
18	20	15	20	15	$3(t+4)$	60	30	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	10	$4(3+t)$	45	45	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	6	$6(3t+4)$	45	–	1,0	0,6	0,9
21	15	25	12	12	$6+t^2$	60	60	0,6	0,3	0,5
22	20	22	18	15	$2(2t+9)$	45	45	0,8	0,4	0,6
23	8	24	12	8	$7(3t^2+2)$	30	45	0,8	0,5	0,6
24	12	20	18	10	$6(t+4)$	90	–	0,5	0,3	0,4
25	5	20	12	12	$9(2+t^2)$	60	30	1,4	0,7	1,2
26	10	12	10	8	$6(2+t)$	30	45	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	14	$8(2t^2+3)$	30	–	0,8	0,2	0,6
28	10	20	20	20	$3(t^2+3)$	45	30	0,6	0,3	0,5
29	10	18	8	12	$5(4+t+ t^2)$	30	60	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	15	$8(t^2+5)$	60	–	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система состоит из груза 1, движущегося поступательно, ступенчатого диска 2 (каток), катящегося по неподвижной поверхности цилин-

дрической ступенькой, и однородного диска 3 (блок), вращающегося вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс блока (рис. 6.6). Качение катка 2 без проскальзывания, скольжение груза 1 – без трения. Движение системы происходит под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$, приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом M, приложенной к диску 3.

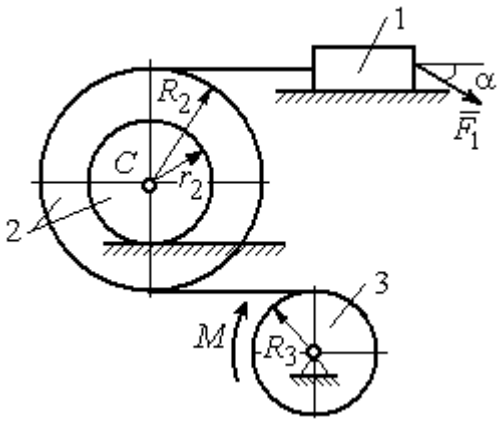


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

Найти уравнение движения центра масс катка 2 если движение системы началось из состояния покоя. Определить реакцию шарнира диска 3 в момент t = 1 с, если: P_1 = 10 Н; P_2 = 20 Н; P_3 = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 6(1+2t)$ Н·м; R_2 = 0,8 м; r_2 = 0,2 м; R_3 = 0,4 м; i_{2C} = 0,6 м.

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. 6.7). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности без трения, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

Предположим, направление движения в системе задаёт пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3. Обозначим ω_3, ε_3 – угловая скорость и угловое ускорение блока 3, V_C, a_C – скорость и ускорение центра масс катка 2, V_1, a_1 – скорость и ускорение груза 1. Направления векторов скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений тел в соответствии с выбранным направлением движения системы показаны на рис. 6.7.

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1 $\vec{R}_1^{\text{и}}$ приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_1$ груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1 $R_1^{\text{и}} = m_1 a_1$, где m_1 – масса груза 1; a_1 – величина ускорения груза 1.

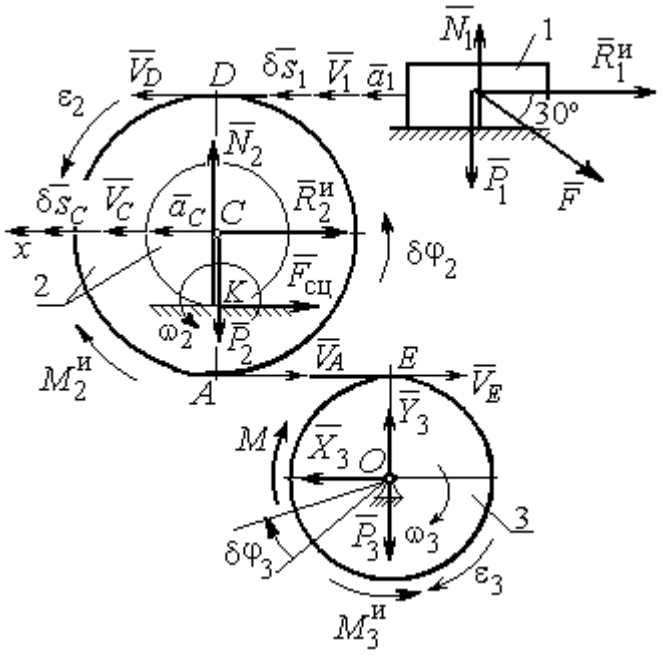


Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции $\vec{R}_2^{\text{и}}$, приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции $\vec{M}_2^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$, и составляет $R_2^{\text{и}} = m_2 a_C$, где m_2 – масса катка 2; a_C – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции: $M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2$, где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε_2 – угловое ускорение катка 2. Направлен главный момент сил инерции $M_2^{\text{и}}$ в сторону, противоположную угловому ускорению ε_2.

Главный вектор сил инерции, приложенных к блоку 3 и приведённых к центру масс блока, равен нулю, так как блок вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, и ускорение центра масс блока равно нулю. В результате силы инерции блока 3 приводятся к паре сил, момент которой ра-

вен главному моменту сил инерции $\vec{M}_3^{\text{и}}$ относительно оси вращения. Главный момент сил инерции блока 3 равен по величине $M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3$, где J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения; ε_3 – угловое ускорение блока 3, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению ε_3. Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.8.

Определим кинематические соотношения между скоростями точек системы и выразим их через скорость V_C центра масс катка 2. Каток 2 катится по неподвижной поверхности без скольжения. Мгновенный центр скоростей катка находится в точке *K* касания катка с поверхностью (см. рис. 6.7). Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Скорость точки *A* катка 2: $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2(R_2 - r_2) = V_C \dfrac{R_2 - r_2}{r_2}$. Скорость точки *E* блока 3 равна скорости точки *A* катка 2, $V_E = V_A$. Тогда угловая скорость блока 3:

$$\omega_3 = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = V_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

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:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Для того чтобы найти соотношения между перемещениями, выразим кинематические равенства между скоростями в дифференциальном виде и, полагая, что действительное перемещение является возможным, т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$, получим соотношения между возможными перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Сообщим системе возможное перемещение, совпадающее с действительным. Элементарная работа реакций связи на любом возможном перемещении системы равна нулю, так как связи в системе идеальные.

Найдем элементарные работы активных сил и выразим их через перемещение центра масс катка 2. Прежде заметим, что элементарные работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как направления перемещений точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0, \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается: $\delta A(\vec{P}_3) = 0$.

Элементарная работа пары сил с моментом M, приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Элементарная работа силы $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ =$$

$$= \left[6(1 + 2t)\left(\frac{0{,}8 - 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2} \right) - 5(t + 1)\left(\frac{0{,}8 + 0{,}2}{0{,}2} \right) 0{,}866 \right] \delta s_C = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения a_C центра масс катка 2:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1 (R_2 + r_2)}{g r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2},$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}a_C = \frac{P_3 R_3 (R_2 - r_2)}{2g r_2}a_C,$$

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 2; J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения, проходящей через его центр масс, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения δs_C центра масс катка 2:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = R_1^{\text{и}}\delta s_1 \cos 180^\circ = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = R_2^{\text{и}}\delta s_C \cos 180^\circ = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C,\ \delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C =$$

$$= -\frac{a_C \delta s_C}{g}\left[\frac{10(0{,}8 + 0{,}2)^2}{0{,}2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0{,}6^2}{0{,}2^2} + \frac{15(0{,}8 - 0{,}2)^2}{2 \cdot 0{,}2^2}\right] = -52{,}75\, a_C \delta s_C,$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2.

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0,$$

откуда ускорение центра масс катка 2:

$$a_C = 0{,}44 + 1{,}29t.$$

Выберем ось x по направлению движения центра масс катка 2 (см. рис. 6.7). Проектируя вектор $\vec{a}_C$ ускорения точки C на ось x, получим дифференциальное уравнение $a_C = \ddot{x}_C = 0{,}44 + 1{,}29t$. Интегрируя дважды это уравнение, найдём закон движения: $x_C = 0{,}44\dfrac{t^2}{2} + 1{,}29\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$. Подставляя сюда начальные условия: $t = 0$, $V_C = 0$, $x_C = 0$, найдём константы интегрирования: $C_1 = C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_C = 0{,}22t^2 + 0{,}21t^3.$$

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 $\vec{H}_3$ (см. рис. 6.8). Реакция нити, равная силе натяжения нити, приложена к блоку 3, направлена вдоль нити, связывающей каток 2 и блок 3. Присоединим к блоку 3 силы инерции. Направления сил, моментов пар сил и главного момента сил инерции, действующих на блок 3, показаны на рис. 6.8.

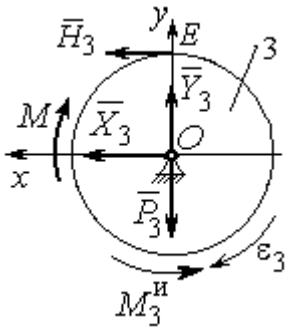


Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

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 (включая силы инерции) относительно оси вращения. Получим $M - H_3 R_3 - M_3^{и} = 0$, где $M_3^{и} = J_{3O}\varepsilon_3 = \dfrac{P_3 R_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2}$. Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)a_C}{2gr_2} = \frac{6(1+2t)}{R_3} - \frac{P_3(R_2 - r_2)}{2gr_2}(0{,}44 + 1{,}29t) = 13{,}99 + 27{,}04t.$$

В момент времени $t = 1$ с натяжение нити: $H_3 = 41{,}04$ Н.

Так как главный вектор сил инерции блока 3 равен нулю, то составленные по принципу Даламбера уравнения равновесия блока 3 в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси содержат только внешние силы. Имеем: $X_3 + H_3 = 0$, $Y_3 - P_3 = 0$ (см. рис. 6.8). Отсюда находим составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени t = 1 с: $X_3 = -H_3$= – 41,04 Н, $Y_3 = P_3$= 15 Н. Отрицательное значение горизонтальной составляющей реакции шарнира X_3 означает её противоположное направление.

Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$ = 43,69 Н.

6.3. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами механической системы 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 изменяются 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, равная коэффициенту при вариации δq_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:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \ldots, s,$$

где 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; s – число степеней свободы системы.

6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус 1, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3. Радиусы ступеней ступенчатого диска и радиус однородного диска указаны на схеме.

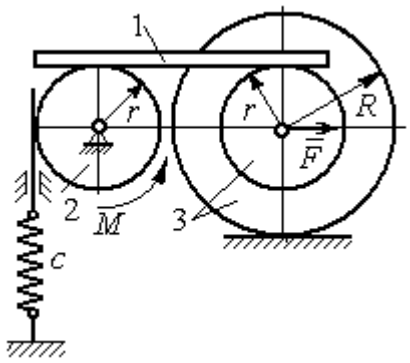
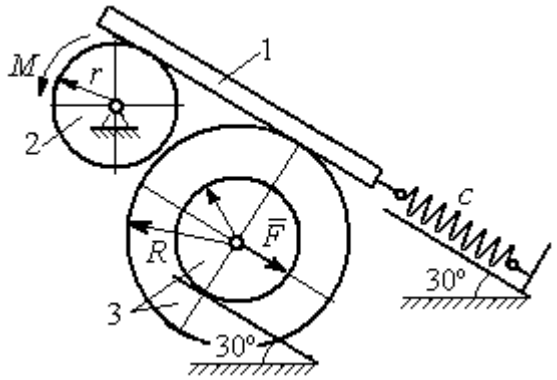
Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

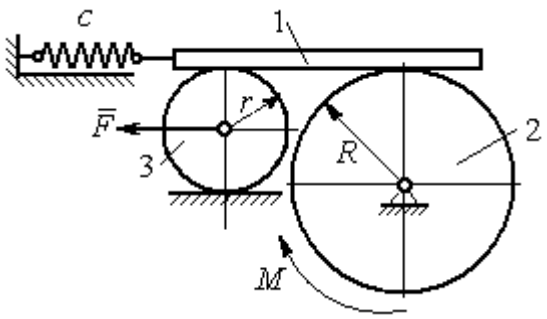
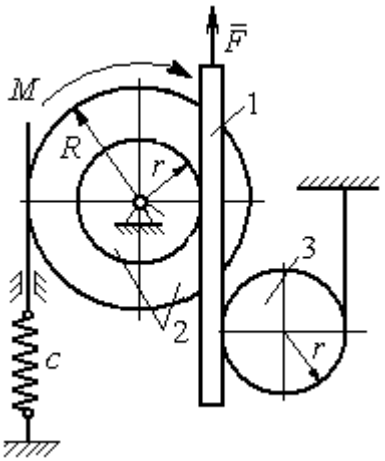
Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M.

Определить закон движения бруса 1 и закон угловых колебаний блока 2, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость ω_{20}, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Варианты заданий даны на рис. 6.9, 6.10. Варианты исходных данных в табл. 6.2. Отрицательные значения величин F или M в табл. 6.2 означают, что при заданных модулях силы или момента направление вектора силы $\vec{F}$ или момента M на схеме следует изменить на противоположные.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

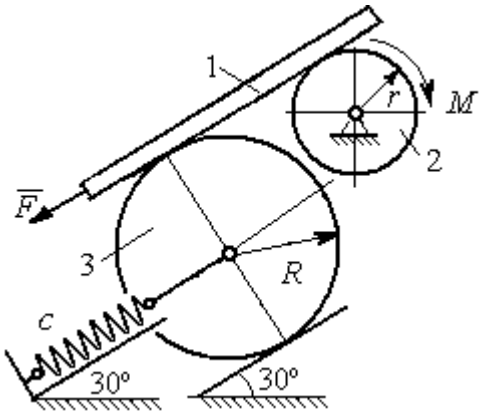
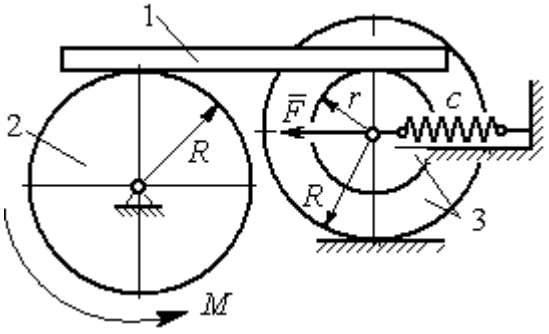
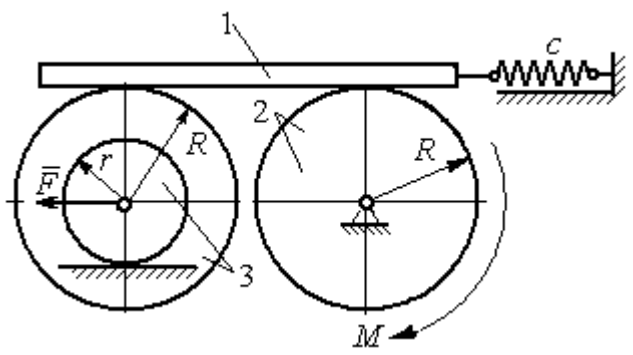
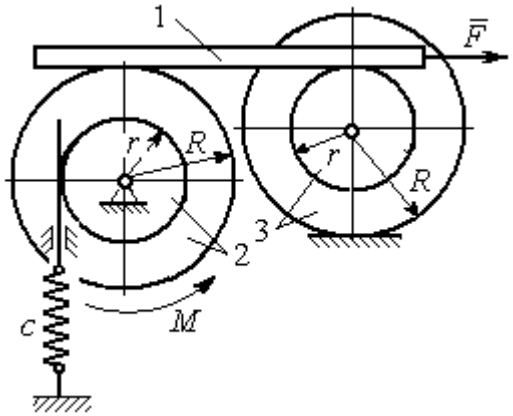
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д 7

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

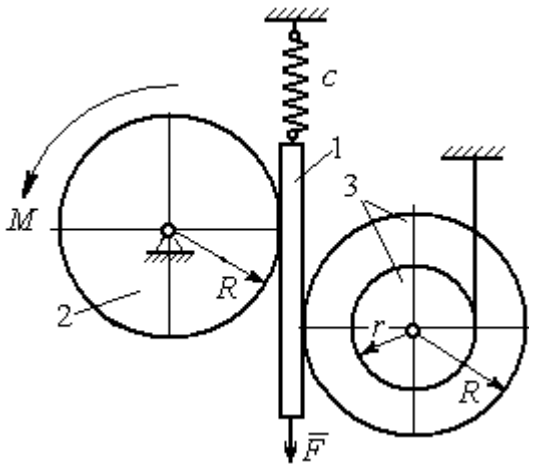
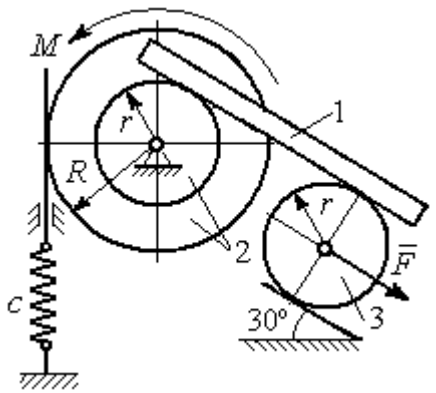
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.10. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.2

Исходные данные задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
1	8	12	18	15	3	50	0,3	0,6	0,3	0,4
2	10	8	15	12	5	55	0,4	0,8	0,5	0,6
3	5	18	10	8	4	60	0,2	0,5	0,3	–
4	5	20	12	10	6	70	0,5	0,6	0,5	0,6
5	5	8	16	8	8	65	0,2	0,6	0,3	–

Окончание табл. 6.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
6	8	10	14	6	2	50	0,1	1,0	0,6	0,8
7	10	12	15	12	3	65	0,2	0,8	0,6	0,7
8	12	15	15	6	2	50	0,3	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	4	75	0,1	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	5	12	60	0,4	1,0	0,8	0,9
11	4	10	12	–10	–2	60	0,2	0,8	0,4	0,6
12	5	8	15	–8	3	50	0,5	1,0	0,5	0,7
13	6	15	8	–12	–4	65	0,4	0,6	0,5	–
14	10	25	10	6	10	55	0,1	0,8	0,6	0,7
15	8	6	20	–10	2	70	0,2	1,2	0,6	–
16	10	12	12	–5	6	60	0,3	0,8	0,6	0,7
17	12	16	12	–6	–2	55	0,4	0,9	0,6	0,8
18	10	20	20	10	4	60	0,1	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	–10	6	65	0,2	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	–3	6	50	0,24	1,0	0,6	0,9
21	5	12	15	12	–3	55	0,3	0,6	0,5	0,55
22	10	15	18	6	–2	65	0,1	0,8	0,4	0,6
23	8	20	12	–8	2	45	0,2	0,8	0,6	–
24	12	20	18	–4	–8	70	0,4	0,5	0,3	0,4
25	6	10	15	–6	–2	60	0,1	1,4	0,7	–
26	8	12	10	10	–3	65	0,2	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	5	–3	70	0,2	0,8	0,2	0,6
28	8	12	12	–6	2	65	0,3	0,6	0,3	0,5
29	10	18	20	–10	4	60	0,2	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	8	6	75	0,1	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3 (рис. 6.11). Радиусы ступеней ступенчатого диска R и r, радиус однородного диска r. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Движение катка 3 по неподвижной поверхности происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует.

Передача движения от пружины блоку 2 производится посредством невесомого вертикального стержня без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_z.

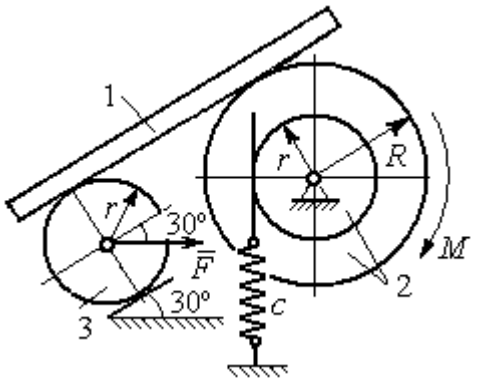


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

Исходные данные задачи: $P_1 = P$ Н, $P_2 = 2P$ Н, $P_3 = P$ Н, $F = 2P$ Н, $M = Pr$ Н·м, $R = 1{,}5r$ м, $i_z = r\sqrt{2}$ м, $c = P/r$ Н/м.

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 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, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.11) имеет одну степень свободы, так как в системе не допускается независимое друг от друга движение тел. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня, при котором пружина длиной l_0 находилась в нерастянутом состоянии (рис. 6.12). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

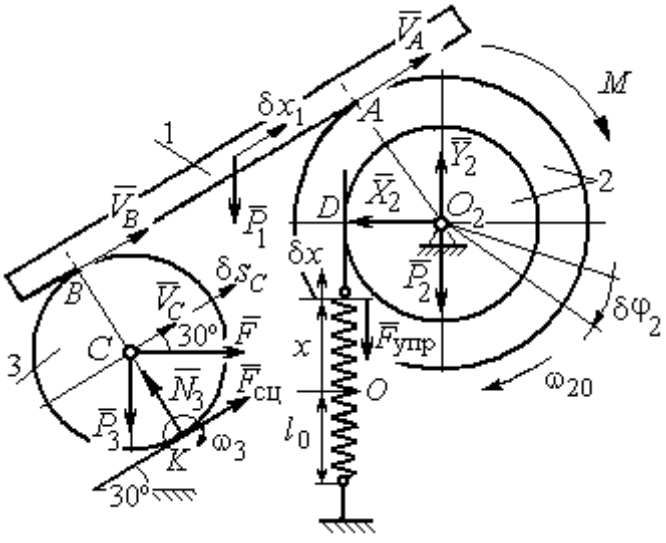


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы с одной степенью свободы, имеет вид $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \dfrac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T –

кинетическая энергия системы, Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате *x*.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий бруса, блока и катка: $T = T_1 + T_2 + T_3$. Кинетическая энергия поступательного движения бруса 1: $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где m_1, V_1 – масса и скорость бруса. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_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 – скорость центра масс катка 3; 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; ω_3 – угловая скорость катка.

Выразим скорость V_1 бруса 1, угловые скорости ω_2, ω_3 блока 2 и катка 3, а также скорость V_C центра масс катка 3 через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки *D* блока 2 равна скорости верхнего края пружины $V_D = \dot{x}$. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \frac{V_D}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$. Скорость бруса 1 равна скорости точки *A* блока 2 и вычисляется по формуле $V_1 = V_A = \omega_2 R = \frac{\dot{x} R}{r}$. Так как брус совершает поступательное движение, то $V_B = V_1$. Угловая скорость катка 3 $\omega_3 = \frac{V_B}{2r} = \frac{V_1}{2r} = \frac{\dot{x} R}{2r^2}$. Здесь при определении угловой скорости катка 3 учтено, что точка *K* касания катка 3 с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей катка. Скорость центра катка 3 $V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{\dot{x} R}{2r}$.

Подставляя исходные данные задачи с учётом найденных кинематических соотношений, получим кинетическую энергию тел системы

$$T_1=\frac{1}{2}m_1V_1^2=\frac{P}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{r}\right)^2=1{,}125\frac{P}{g}\dot{x}^2,\ \ T_2=\frac{1}{2}J_{2z}\omega_2^2=\ \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(r\sqrt{2}\right)^2\left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2=2\frac{P}{g}\dot{x}^2,$$

$$T_3=\frac{1}{2}m_3V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_3^2=\frac{1}{2}\frac{P}{g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2+\frac{1}{2}\frac{Pr^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2=0{,}422\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Тогда полная кинетическая энергия системы:

$$T=T_1+T_2+T_3=3{,}547\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой *x*, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине, находящейся в произвольном положении, возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси *x* (см. рис. 6.12). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$: $\delta\varphi_2=\frac{\delta x}{r}$, брус 1 переместится на расстояние δx_1: $\delta x_1=\frac{\delta xR}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние δS_C: $\delta S_C=\frac{\delta xR}{2r}$. Все перемещения получены из установленных ранее кинематических соотношений и показаны на рис. 6.12.

При заданном возможном перемещении системы работу совершают силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом *M*, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины (см. рис. 6.12). Элементарная работа вращающего момента *M*, приложенного к блоку 2, будет $\delta A(M)=M\delta\varphi_2=M\frac{\delta x}{r}$. Работа силы тяжести бруса 1 определяется равенством $\delta A(P_1)=P_1\delta x_1\cos120^\circ=-P_1\delta x_1\cos60^\circ=-\frac{P_1\delta xR}{2r}$. Работы силы тяжести катка 3 и силы *F*: $\delta A(P_3)=P_3\delta s_C\cos120^\circ=-P_3\frac{\delta xR}{4r}$, $\delta A(F)=F\frac{\delta xR}{2r}\cos30^\circ$. Модуль силы упругости пружины, растянутой из неде-

формированного положения на расстояние x: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\delta A = \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_3) + \delta A(F) + \delta A(F_{\text{упр}}) =$$

$$= M\frac{\delta x}{r} - \frac{P_1\delta xR}{2r} - P_3\frac{\delta xR}{4r} + F\frac{\delta xR}{2r}\cos 30^\circ - cx\delta x = P(1{,}174 - 5x)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P(1{,}174 - 5x)$.

Составим уравнения Лагранжа. Вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенной скорости $\dot{x}$ и координате x: $\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = 7{,}094\frac{P}{g}\dot{x}$, $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$. Определим полную производную по времени: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x}$. Результаты расчетов подставим в уравнения Лагранжа II рода и получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x} = P(1{,}174 - 5x), \text{ или при } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2,\ \ddot{x} + 6{,}91x = 1{,}62.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. 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, $k = \sqrt{6{,}91} = 2{,}63$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{частн}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим $b = 0{,}23$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1\sin 2{,}63t + C_2\cos 2{,}63t + 0{,}23$.

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) $x(0) = 0$. 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 ω_{20}, то $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}23$.

Вычисляем скорость движения пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 2{,}63C_1 \cos 2{,}63t - 2{,}63C_2 \sin 2{,}63t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}038$. Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}038 \sin 2{,}63t - 0{,}23 \cos 2{,}63t + 0{,}23$ м.

Уравнения колебательных движений бруса 1 и блока 2 найдём из ранее полученных кинематических соотношений:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1{,}5\, x(t) = 0{,}057 \sin 2{,}63t - 0{,}34 \cos 2{,}63t + 0{,}34 \text{ м};$$

$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5\, x(t) = 0{,}19 \sin 2{,}63t - 1{,}15 \cos 2{,}63t + 1{,}15 \text{ рад}.$$

Амплитуда колебаний бруса $A = \sqrt{0{,}057^2 + 0{,}34^2} = 0{,}35$ м.

6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы

Механическая система, состоящая из четырёх тел, из состояния покоя движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Качение тел во всех случаях происходит без проскальзывания, скольжение грузов по поверхностям – без трения. Радиусы дисков одинаковы и равны *R*. Найти уравнения движения системы в обоб-

щённых координатах. Варианты заданий и рекомендуемые обобщённые координаты даны на рис. 6.13, 6.14, варианты исходных данных – в табл. 6.3.

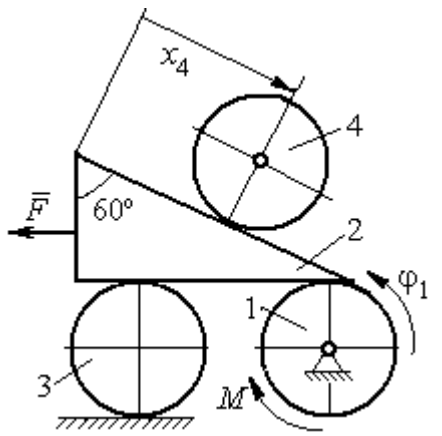
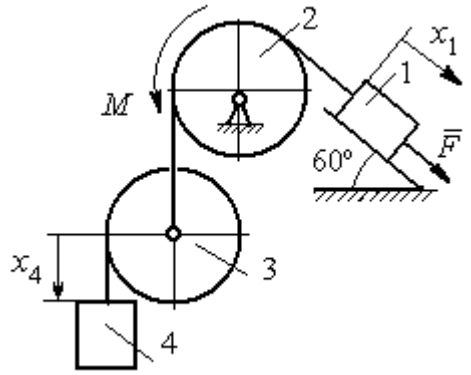
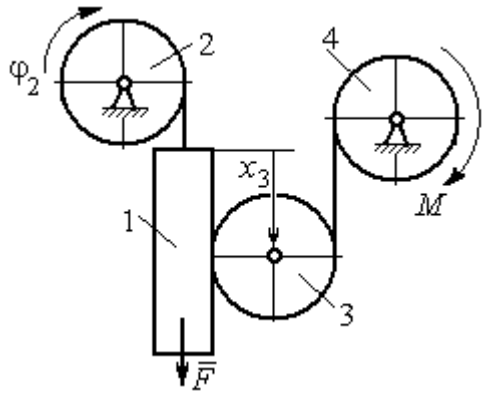
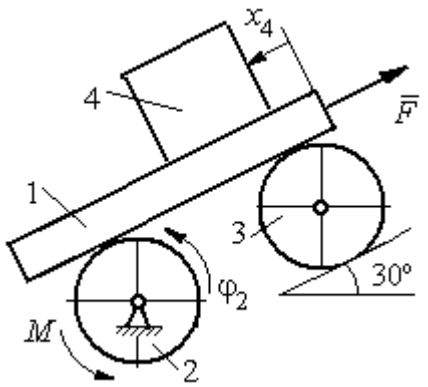
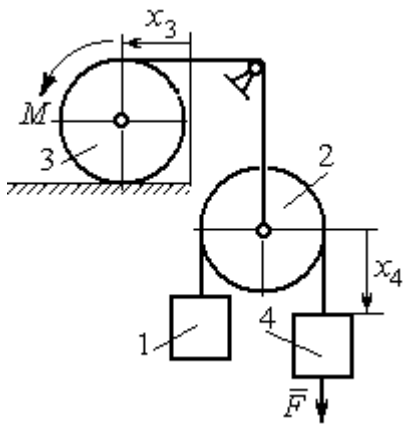
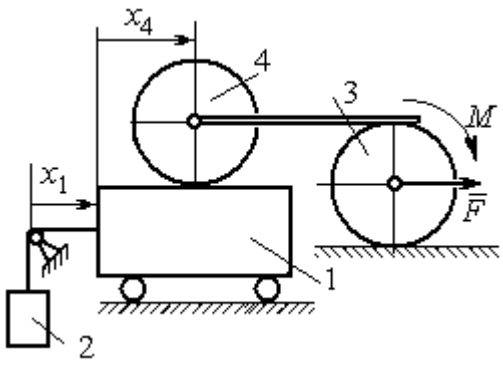
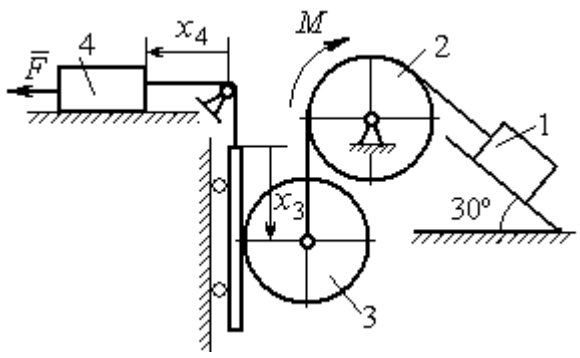
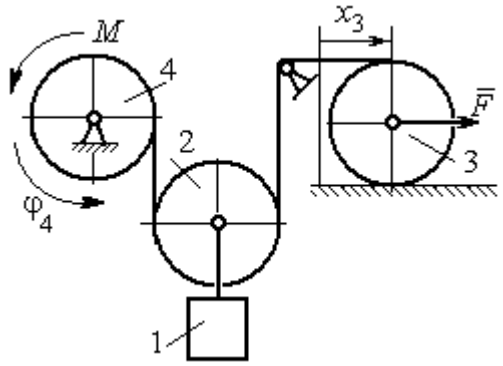
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д8

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

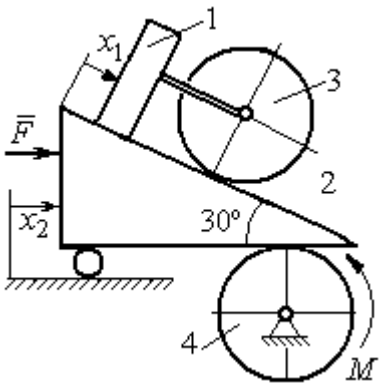
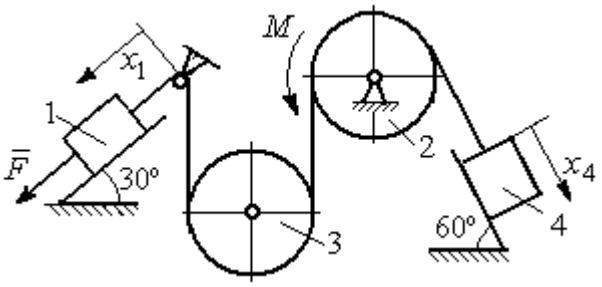
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.14. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.3

Исходные данные задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P_1, Н	P	$2P$	P	$1{,}5P$	P	$3P$	P	$1{,}2P$	$3P$	P	$2P$	P	P	$2P$	P
P_2, Н	$3P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	$4P$	$3P$
P_3, Н	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	P	$2P$
P_4, Н	$2P$	P	P	$2P$	$3P$	$3P$	P	P	$2P$	P	P	P	$2P$	$2P$	$2P$
R, м	$2r$	$1{,}5r$	$2{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	r	$1{,}5r$	r	$2r$	r	$1{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	$2r$	$2r$
F, Н	P	$2P$	P	$3P$	P	P	$2P$	$4P$	P	$2P$	P	$2P$	$1{,}5P$	$4P$	$2P$
M, Н·м	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$2Pr$

Окончание табл. 6.3

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P_1, Н	$4P$	$1{,}5P$	P	$2P$	P	P	$1{,}5P$	$1{,}5P$	$2P$	P	P	$2P$	$1{,}2P$	$3P$	$1{,}2P$
P_2, Н	$2P$	$2P$	$2P$	$4P$	$3P$	$4P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	$2P$	$1{,}2P$	$2P$	$3P$	$2P$
P_3, Н	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	P	P	$3P$
P_4, Н	$1{,}5P$	$2P$	$3P$	P	$2P$	$2P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	P	P	$2P$	P	$2P$
R, м	$1{,}5r$	r	$1{,}5r$	$2r$	r	$1{,}2r$	$2r$	$1{,}5r$	$2r$	r	$1{,}5r$	$2r$	r	$1{,}2r$	$2r$
F, Н	$2P$	$2P$	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	P	$3P$	$1{,}5P$	$4P$	$2P$	$3P$
M, Н·м	$3Pr$	$2Pr$	$4Pr$	Pr	$4Pr$	$4Pr$	$2Pr$	Pr	$4Pr$	$2Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$

Пример выполнения задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Платформа 3 лежит горизонтально на катке 5 и блоке 4 одинакового радиуса R (рис. 6.15). На платформу действует горизонтальная сила $\vec{F}$. К блоку 4, вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложена пара сил с моментом M. Каток 5 катится по горизонтальной поверхности. К краю платформы одним концом прикреплена горизонтальная нить, а к другому концу, перекинутому через невесомый блок, прикреплён груз 6, движущийся вертикально. На платформе 3 установлен каток 2 радиуса R. К центру катка прикреплена нить, расположенная параллельно платформе и натянутая грузом 1, движущимся вертикально (см. рис. 6.15). Движение системы началось из состояния покоя. Качение тел без проскальзывания. Определить уравнения движения системы в обобщённых координатах, если $R = 2r$, веса тел $P_1 = P_6 = P$, $P_3 = 3P$, $P_4 = P_5 = P_2 = 2P$, $F = P$, $M = 3Pr$.

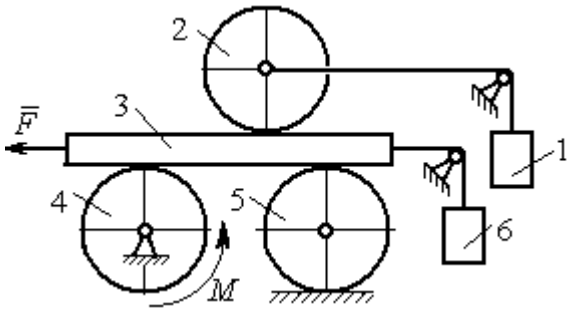


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

Рассматриваемая механическая система, включающая катки 2, 5, платформу 3, блок 4 и грузы 1, 6, имеет две степени свободы, так как перемещение

катка 2 относительно платформы 3 не зависит от перемещения самой платформы. За обобщенные координаты выберем перемещение x_2 центра масс катка 2 относительно края платформы и перемещение x_3 платформы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.16). Обобщенные скорости – скорость $\dot{x}_2$ центра масс катка 2 относительно края платформы и скорость платформы $\dot{x}_3$ относительно неподвижной вертикали. Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}=Q_{x_2}, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_2}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

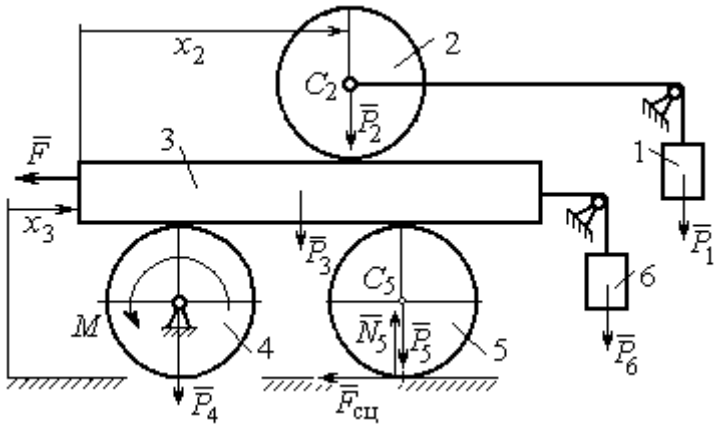


Рис. 6.16. Действующие силы
и обобщённые координаты механической системы

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел.

Платформа 3 совершает поступательное движение. Кинетическая энергия платформы $T_3=\frac{P_3}{2g}V_3^2$, где V_3 – скорость платформы, причём, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей, $V_3=\dot{x}_3$.

Блок 4 вращается вокруг неподвижной оси. Энергия вращательного движения блока $T_4=\frac{1}{2}J_4\omega_4^2$, где J_4, ω_4 – осевой момент инерции блока 4 и его угловая скорость. Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_3}{R_4}=\frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Каток 5 совершает плоскопараллельное движение, его кинетическая энергия вычисляется по формуле: $T_5 = \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2$, где J_5 – момент инерции катка относительно оси вращения, проходящей через его центр масс; ω_5, V_{C_5} – угловая скорость и скорость центра масс катка 5. Для определения скорости центра масс катка 5 заметим, что точка касания катка с платформой имеет скорость, равную скорости платформы, а точка *K* касания катка с неподвижной горизонтальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Следовательно, скорость центра катка равна половине скорости платформы: $V_{C_5} = \frac{1}{2}V_3 = \frac{1}{2}\dot{x}_3$. Угловая скорость катка 5 $\omega_5 = \frac{V_3}{2R_5} = \frac{\dot{x}_3}{4r}$ (рис. 6.17, *a*).

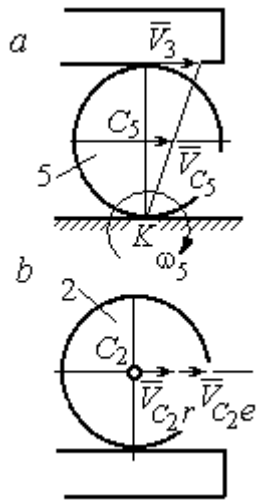


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

При расчёте кинетической энергии катка 2 необходимо учитывать, что каток совершает сложное движение. Качение катка по поверхности платформы является относительным движением, перемещение его вместе с платформой – переносным. Абсолютная скорость V_{C_2} центра масс катка 2 представляется в виде векторной суммы $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_2r} + \vec{V}_{C_2e}$ (рис. 6.17, *b*), где $\vec{V}_{C_2e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы, $V_{C_2e} = V_3 = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{C_2r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине скорости центра масс катка 2 относительно края платформы, $V_{C_2r} = \dot{x}_2$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 2 равен сумме $V_{C_2} = V_{C_2r} + V_{C_2e} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ (рис. 6.17, *b*).

Угловая скорость переносного движения катка 2 равна нулю, поскольку переносное движение катка – это поступательное движение платформы. В результате угловая скорость катка 2 равна его угловой скорости в относительном

движении: $\omega_2 = \dfrac{V_{C_2 r}}{R_2} = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$. Кинетическая энергия катка 2 рассчитывается по формуле: $T_2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \dfrac{1}{2}J_2\omega_2^2$, где J_2 – осевой момент инерции катка 2; ω_2 – угловая скорость катка; V_{C_2} – абсолютная скорость центра масс катка 2.

Движение грузов 1 и 6 поступательное, их кинетические энергии вычисляются по формулам: $T_1 = \dfrac{P_1}{2g}V_1^2$, $T_6 = \dfrac{P_6}{2g}V_6^2$. При этом скорость груза 1 равна абсолютной скорости центра катка 2: $V_1 = V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, а скорость груза 6 равна скорости платформы: $V_6 = V_3 = \dot{x}_3$.

Выразим кинетическую энергию системы через обобщённые скорости. Кинетическая энергия:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 =$$

$$= \frac{P_1}{2g}V_1^2 + \frac{1}{2}\frac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2 + \frac{P_3}{2g}V_3^2 + \frac{1}{2}J_4\omega_4^2 + \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2 + \frac{P_6}{2g}V_6^2,$$

где значения скоростей: $V_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $\omega_2 = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$, $V_3 = \dot{x}_3$, $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$, $V_{C_5} = \dfrac{1}{2}\dot{x}_3$, $\omega_5 = \dfrac{\dot{x}_3}{4r}$, $V_6 = \dot{x}_3$. Значения осевых моментов инерции катков: $J_2 = \dfrac{P_2 R_2^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_4 = \dfrac{P_4 R_4^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_5 = \dfrac{P_5 R_5^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$. Подставляя значения скоростей, моментов инерции и данные задачи, получим выражение кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_2}{2r}\right)^2 + \frac{3P}{2g}\dot{x}_3^2 +$$

$$+\frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{4r}\right)^2 + \frac{P}{2g}\dot{x}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2}\frac{P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{23P}{8g}\dot{x}_3^2 = \frac{2P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_2\dot{x}_3 + \frac{35P}{8g}\dot{x}_3^2.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_2 без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_2 = 0$ (рис. 6.18). При таком перемещении каток 2 стоит на платформе и движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_5$, $\vec{P}_3$ катков 2, 5 и платформы 3 равна нулю, так как перемещения точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил (см. рис. 6.18). Работа силы тяжести $\vec{P}_4$ равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4.

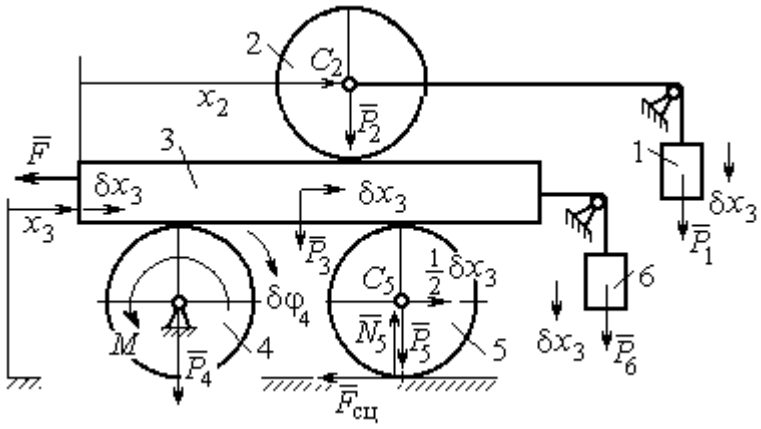


Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$

Работу будут производить сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и силы тяжести грузов $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_6$. Суммарная работа сил на перемещении δx_3: $\delta A = -F\delta x_3 - M\delta\varphi_4 + P_1\delta x_3 + P_6\delta x_3$.

Представим полученное ранее соотношение $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$ в дифференциальном виде: $d\varphi_4 = \dfrac{dx_3}{2r}$. Поскольку дифференциалы координат также являются возможными перемещениями, получим нужное соотношение $\delta\varphi_4 = \dfrac{\delta x_3}{2r}$. Теперь элементарную работу сил на возможном перемещении δx_3 с учётом значений сил можно представить в виде:

$$\delta A = -P\delta x_3 - 3Pr\frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = -\frac{1}{2}P\delta x_3,$$

отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -\dfrac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате x_2, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_2 > 0, \delta x_3 = 0$ (рис. 6.19).

При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 2, который катится по поверхности неподвижной платформы, и груза 1, который опускается вертикально вниз. Работу совершает только сила тяжести груза 1. Выражая работу в виде $\delta A = P_1 \delta x_2 = P \delta x_2$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_2: $Q_{x_2} = P$.

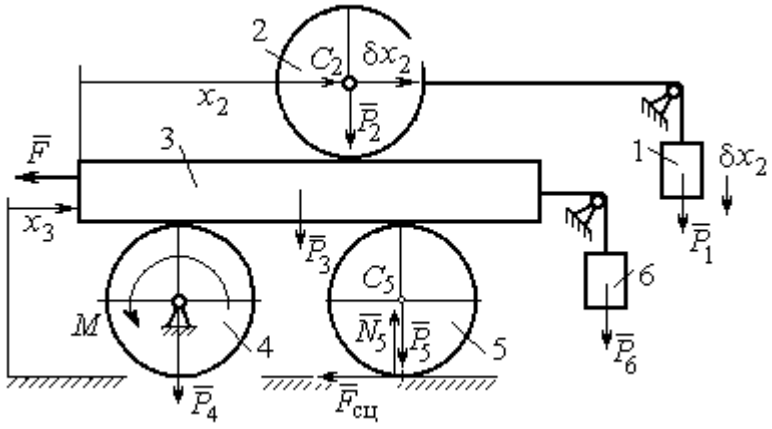


Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_2 > 0$, $\delta x_3 = 0$

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям $\dot{x}_3$ и $\dot{x}_2$:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = \frac{3P}{g}\dot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\dot{x}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = \frac{4P}{g}\dot{x}_2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_3$$

и по обобщённым координатам: $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$

Определим полные производные по времени от частных производных кинетической энергии по скоростям:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{3P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\ddot{x}_3, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = \frac{4P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{3P}{g}\ddot{x}_3.$$

Подставляя результаты расчётов в уравнения Лагранжа с учётом вычисленных значений обобщённых сил, получим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в обобщённых координатах:

$$12\ddot{x}_2 + 35\ddot{x}_3 = -2g, \quad 4\ddot{x}_2 + 3\ddot{x}_3 = g.$$

Алгебраическим решением системы служат значения ускорений:

$$\ddot{x}_3 = -\frac{5}{26}g = -0{,}19g \quad \text{и} \quad \ddot{x}_2 = \frac{41}{104}g = 0{,}39g.$$

Полученные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, проинтегрировав которые дважды с нулевыми начальными условиями (движение началось из состояния покоя), найдём уравнения абсолютного движения платформы и относительного движения центра масс катка 2:

$$x_3 = -0{,}095gt^2, \quad x_2 = 0{,}195gt^2.$$

Отрицательное значение координаты x_3 означает, что движение платформы происходит в отрицательном направлении оси x_3 (см. рис. 6.16).

Абсолютное движение центра катка 2 представляется суммой относительного и переносного движений: $x_{C_2} = x_2 + x_3 = 0{,}1gt^2$.

Уравнение вращательного движения катка 2 находится на основании выражения $\varphi_2 = \frac{1}{R_2}x_2 = \frac{1}{2r}x_2 = 0{,}097\frac{gt^2}{r}$. Вращение блока 4 описывается уравнением $\varphi_4 = \frac{1}{R_4}x_3 = \frac{1}{2r}x_3 = -0{,}047\frac{gt^2}{r}$.

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка $x_{C_5} = \frac{1}{2}x_3 = -0{,}047gt^2$ и уравнением вращательного движения катка $\varphi_5 = \frac{x_3}{2R_5} = -0{,}024\frac{gt^2}{r}$.

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: учебн. для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

сборник заданий для расчетно-графических работ

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 9,75 Уч. изд. л. 6,5 Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

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

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.18 РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрены 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, к. ф. 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.

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 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.

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 подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен (зачет) - 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.

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;

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»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

Б1.О.18 РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрены 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
Методические рекомендации по написанию реферата	5
Заключение	8

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»

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;

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.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Т. Е. Савина

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD»

по дисциплинам:

«Инженерная и компьютерная графика»,

«Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика»

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-технологического
факультета
« __ »_____ 2017 г.
Председатель комиссии
_____ Колчина Н.В.

Т. Е. Савина

Методическое пособие по выполнению практической работы «Создание проекционного чертежа средствами AutoCAD» по дисциплинам: «Инженерная и компьютерная графика», «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

Ш20

Рецензент: *Е. И. Шангина*, д-р пед. н., к.т.н., профессор кафедры ИГр УГГУ.

Пособие рассмотрено на заседании кафедры инженерной графики 07.09.2017 г. (протокол № 1) и рекомендованы для издания в УГГУ

Савина Т. Е.

Ш20 Методическое пособие по выполнению практической работы «СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИЕННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD» курсу «Компьютерная графика» для студентов всех специальностей /Т. Е. Савина. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 31 с.

В методическом пособии изложена последовательность и порядок построения проекционного чертежа в системе AutoCAD. Варианты индивидуальных заданий приведены в приложении. Дан пример выполнения графической работы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ……3

1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ……..4

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ……6

3. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 2D ЧЕРТЕЖА……..8

4. ПРИЛОЖЕНИЕ…… …19

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…… ……..32

СОЗДАНИЕ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА СРЕДСТВАМИ AUTOCAD

Цель задания:

-закрепление навыков работы с командами построения и редактирования системы AutoCAD в процессе выполнения чертежа, оформленного в соответствии с требованиями стандартов Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД).

Задание содержит 12 вариантов, приведённых в приложении.

По двум заданным изображениям детали построить проекционный чертеж в трех проекциях, на месте соответствующих видов выполнить необходимые разрезы (ГОСТ 2.305-68). Выполнить компоновку чертежа на формате А3 (ГОСТ 2.301-68), с основной надписью формы 1 (ГОСТ 2.104-68).

1. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

При выполнении задания необходимо опираться на ГОСТ 2.305-68, 2.307-68, знать интерфейс, основные понятия и принципы работы в системе AutoCAD.

Используя проекционную связь между данными в варианте изображениями, выявить геометрические формы элементов детали, с четким разграничением внутренних и наружных поверхностей. В задании внутренний контур показан штриховыми линиями, для его выявления необходимо использовать разрезы и сечения. Разрезы располагать на месте соответствующих видов. При наличии плоскости симметрии, совмещать половину вида с половиной разреза на одном изображении. После выполнения разрезов штриховые линии на видах не показывают.

Изображения на чертеже располагать равномерно, расстояния между ними выбирать с учетом простановки размеров в соответствии с ГОСТ 2.307-68. При простановке размеров необходимо помнить:

1.Размеры указывают истинные, независимо от масштаба, в котором выполнен чертеж.

2.Линейные размеры проставляют в миллиметрах, без указания размерности, угловые – с единицами измерения (градусы, минуты, секунды).

3.В машиностроительном черчении не допускается замкнутая размерная цепочка.

4.Минимальное расстояние между размерной линией и линией контура – 10 мм, между последующими размерными линиями – 7 мм. Чтобы размерные линии не пересекались сначала (ближе к контуру) ставят меньшие размеры.

5.Если изображения состоят из половины вида и половины разреза, то размерные линии обрывают за осью симметрии, при этом размерное число ставят полным и ближе к середине.

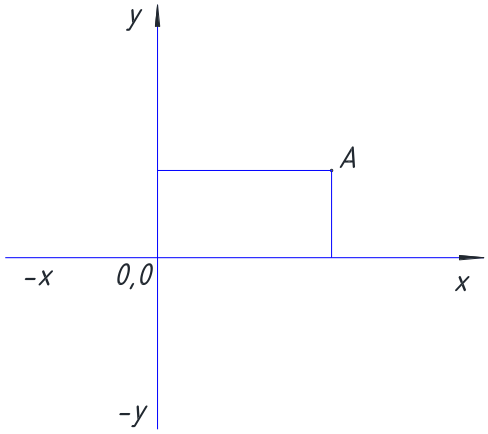
6. Размеры, относящиеся к наружным и внутренним поверхностям, группируют отдельно: наружные – со стороны вида, внутренние – со стороны разреза.

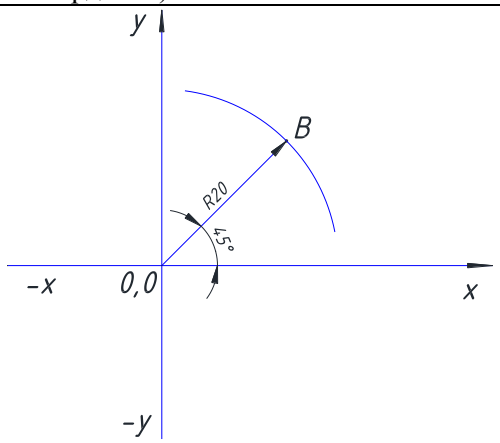
7.Размеры относящиеся к одному и тому же элементу (отверстию, пазу и т.п.), располагают в одном месте того изображения, где наиболее полно читается его форма.

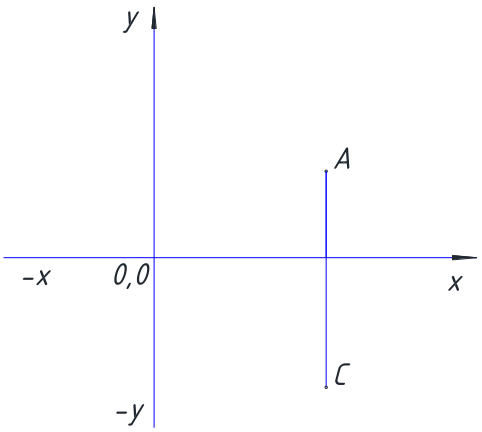
2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

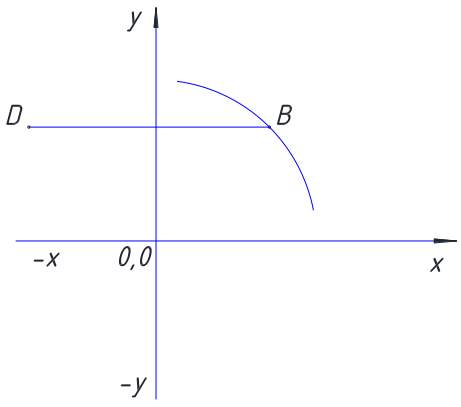
- Все изображения строятся в пространстве модели, в масштабе 1:1.
- Фрагменты чертежа: осевые и центровые линии, вспомогательные построения, чистовая обводка, размерные лини и т.д. принято размещать на разных слоях. Послойная грамотная организация чертежа позволяет сократить время по его разработке.
- Точность геометрических построений обеспечивается способами задания точки:

1. Координатный (ввод с командной строки)

<table>
<tr><th>Прямоугольные координаты</th><th>Полярные координаты</th></tr>
<tr><td colspan="2">Абсолютные
(отсчет от начала системы координат)</td></tr>
<tr><td> 

x, y
т.A: 20,10</td><td> 

R< φ
т.B: 20<45</td></tr>
<tr><td colspan="2">Если в строке состояния включен режим ДИН (динамический ввод), то перед абсолютными координатами необходимо указывать символ #</td></tr>
<tr><td colspan="2">Относительные
(отсчет от последней введенной точки, первую точку задать НЕЛЬЗЯ)</td></tr>
<tr><td> 

@x,y
т.C: @0,-25</td><td> 

@R< φ
т.D: @30<180</td></tr>
</table>

2. Применение режимов рисования таких, как **СЕТКА** и **ШАГ**, **ОРТО** или **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ**, **ОБЪЕКТНЫЕ ПРИВЯЗКИ**.
Соответствующие кнопки находятся на строке состояния.

Кнопка режима **СЕТКА (F7)** позволяет включать или выключать отображаемую на экране сетку из линий с настраиваемым шагом. Эта видимая сетка может не совпадать с невидимой сеткой, используемой в режиме **ШАГ**.

Кнопка режима **ШАГ (F9)** дает возможность включать или выключать шаговую привязку к точкам невидимой сетки с определенным настраиваемым шагом (перемещение курсора тогда осуществляется не непрерывно, а только по узлам этой сетки) или полярную привязку (в этом случае, при включении **ПОЛЯРНОГО ОТСЛЕЖИ-ВАНИЯ,** движение курсора вблизи заданных углов осуществляется с заданными направлением и шагом).

Кнопка **ОРТО (F8)** включает и выключает режим ортогональности (курсор перемещается вертикально и горизонтально).

Кнопка режима **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ (F10)** является расширением режима ОРТО на углы с некоторым настраиваемым шагом.

Кнопка режима **ПРИВЯЗКА (F3)** позволяет включить или выключить постоянное действие объектных привязок (привязок к характерным точкам существующего объекта).

3. Быстрый метод «**Направление + расстояние**». Направление фиксируется с помощью одного из режимов **ОРТО** или **ПОЛЯРНОЕ ОТСЛЕЖИВАНИЕ**, а расстояние задается с клавиатуры без символа @.

Любое изображение создается с помощью базового набора графических примитивов. К наиболее часто используемым примитивам относятся **ОТРЕЗОК (LINE)**, **ОКРУЖНОСТЬ (CIRCLE)**, **ДУГА (ARC)**, **ПОЛИЛИНИЯ (POLYLINE)** и т.д.

При выполнении задания важную роль играют команды редактирования:

- Для четкой разметки элементов изображения целесообразно использовать команду **ПОДОБИЕ (OFFSET)** позволяющую создавать параллельные отрезки и полилинии, концентрические дуги и окружности, подобные существующим и отстоящие от исходных на заданное расстояние.
- При наличии симметрии достаточно построить половину изображения и отобразить с помощью команды **ЗЕРКАЛО (MIRROR)** относительно заданной оси, которая определяется двумя точками.

- Повторяющиеся объекты размножить командами **КОПИРОВАТЬ** (**COPY)** или **МАССИВ (ARRAY).**
- Для построения фасок и сопряжений применить команду **ФАСКА (CHAMFER)** и **СОПРЯЖЕНИЕ (FILLET).**
- Для удаления части объекта использовать команду **ОБРЕЗАТЬ (TRIM),** которая удаляет объект с помощью пересекающих его других объектов (режущих кромок) или команда **РАЗОРВАТЬ (BREAK),** позволяющий удалить части примитива в 2х указанных точках.
- После завершения всех построений необходимо выполнить компоновку изображений внутри выбранного формата. Для этого применяется команда **ПЕРЕНЕСТИ (MOVE)** и при необходимости **МАСШТАБ (SCALE).**

Завершающий этап – простановка размеров и выполнения текстовых надписей. Предварительно необходимо настроить текстовый и размерный стили в соответствии с ЕСКД.

3. ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ 2D ЧЕРТЕЖА

Порядок построения чертежа рассмотрим на примере варианта 13

1. Запустить AutoCAD. Создать новый файл-чертеж на основе шаблона **Acadiso.dwt** (папка *Template*) с именем соответствующим названию детали. Файл сохранить в предварительно созданной папке, названной по фамилии студента в папке *Мои документы*. Например:*Основание.dwg/Иванов_ЭЭТ/Мои документы*
2. Настройки и рабочая среда чертежа
Выбранный шаблон позволит сэкономить время на настройку единиц измерения и лимитов (границ) чертежа. Шаблон **Acadiso.dwt** уже имеет необходимые настройки: метрические единицы и границы 420х297мм.
3. Настроить интервал видимой сетки -10 мм, интервал шаговой привязки - 5мм. Диалоговое окно **Режимы рисования** (рис 1) можно вызвать, щелкнув правой кнопкой мыши на одной из кнопок соответствующих режимов, например, **ШАГ.** После настройки параметров шага и сетки перейти на вкладку **Объектная привязка** и выбрать следующие привязки: кон. точка; точка пересечения ; центр; касательная.

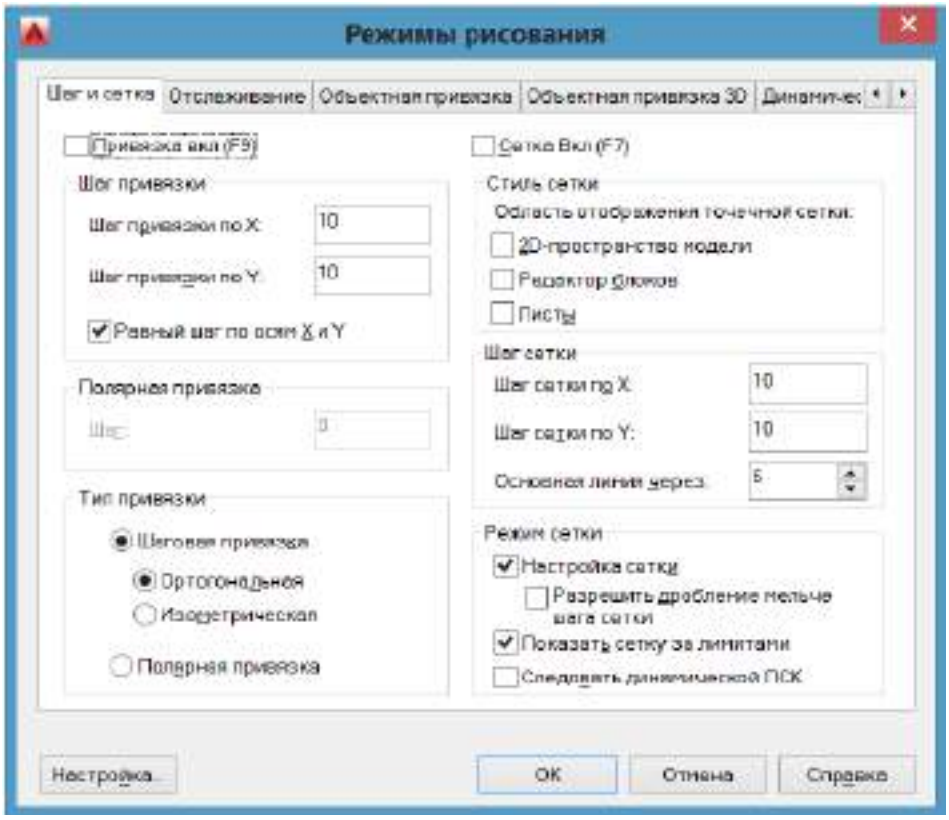


Рис.1

4. Создать слои. Открыть диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев,** рис.2 (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Слои** → **),** выбрать команду **СОЗДАТЬ СЛОЙ**

Рис.2

Название	Цвет	Тип линии	Вес (толщина) линии, мм
Слой ***Оси***	красный	штрихпунктирная	0.15
Слой ***Черновик***	зеленый	сплошная	0.15
Слой ***Контур***	белый или черный (контрастный по отношению к фону в окне чертежа)	сплошная	0.5
Слой ***Штриховка***	синий	сплошная	0.15
Слой ***Размеры***	синий	сплошная	0.15
Слой ***Рамка***	белый или черный	сплошная	0.15

*Обратите внимание на свойства объекта (примитива): цвет, тип и толщина линий должны быть настроены «по слою» (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Свойства**). Толщина линий отображается при включенном режиме **отображение/скрытие веса линий**

5. Сделать текущим слой «Оси».

Проведем осевые и центровые линия вида сверху с которого удобнее начать построение .

Команда **ОТРЕЗОК** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): построить горизонтальную линию от т.1 (50;100) длиной 220 мм (т.2). Вертикальную линию от т.3 (85,50) длиной 108мм (т.4), рис.3.

Проведем с помощью команды **ПОДОБИЕ** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**) вторую вертикальную линию на расстояние 110 мм справа от первой, рис.3.

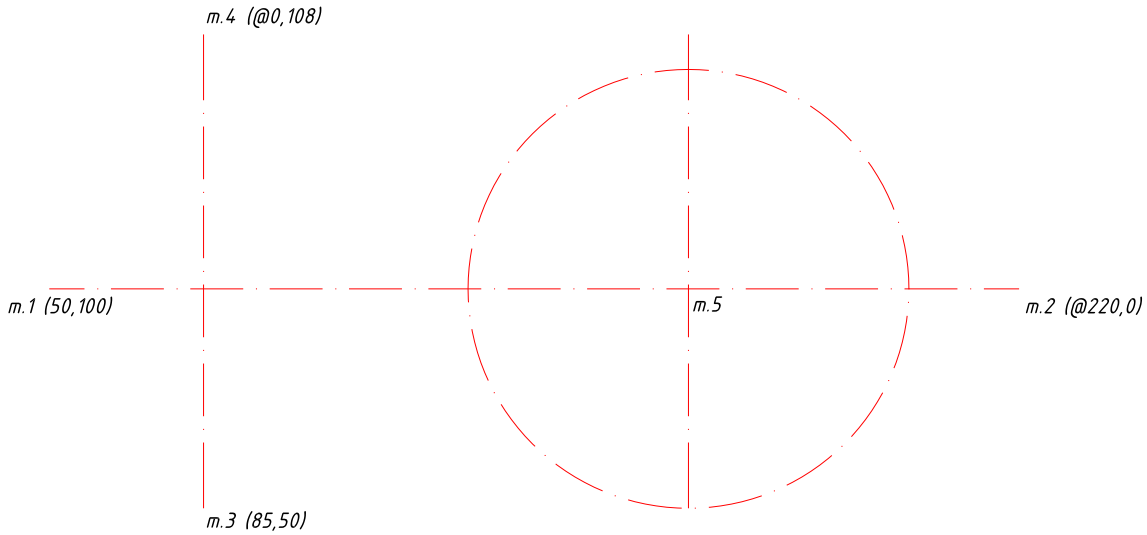


Рис. 3

Построить окружность (команда **ОКРУЖНОСТЬ** **- Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**) с центром в т.5 ,которая выбрана с помощью объектной привязки пересечение, и R 50.

6. Текущий слой «Контур»

Построить 4 окружности, см рис.4:

- окружность O_1, R70
- окружность O_2, R10
- окружность O_3, R16
- окружность O_3, R32

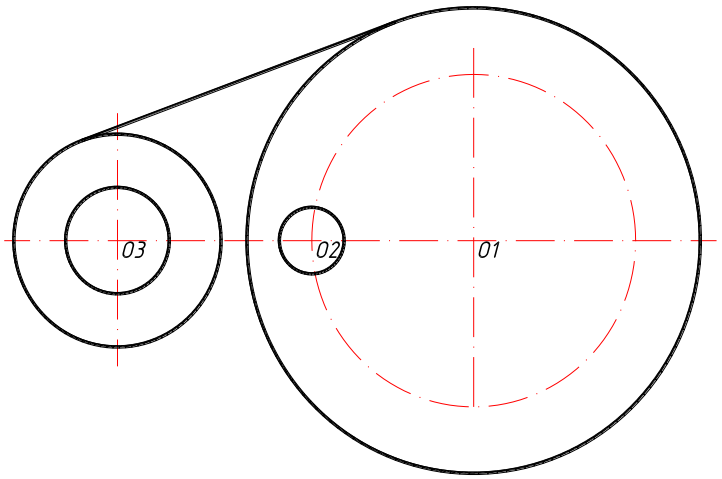


Рис. 4

Провести внешнюю касательную к окружности (O_3, R32) и окружности (O_1, R70):

Команда **ОТРЕЗОК:**

от точки : указать т-ку на окружности задающую первую касательную (объект. привязка «кас» включена)

След. точка: указать точку на другой окружности, задающий вторую касательную рис.4.

Зеркально отобразить построенный отрезок. Команда **ЗЕРКАЛО** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**):

Выбрать отрезок, подтвердить выбор (клавиша «Enter»).

Указать с помощью объектной привязки пересечение т. O_1 и O_3. Исходный объект не удалять.

Удалить часть окружности (O_3, R32) между касательными. Команда **ОБРЕЗАТЬ** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**): сначала указать «режущие кромки» - все касательные, подтвердить выбор нажатием клавиши «Enter».В ответ на следующий запрос необходимо выбрать ту часть окружности, которую надо удалить. Результат см. на рис. 5.

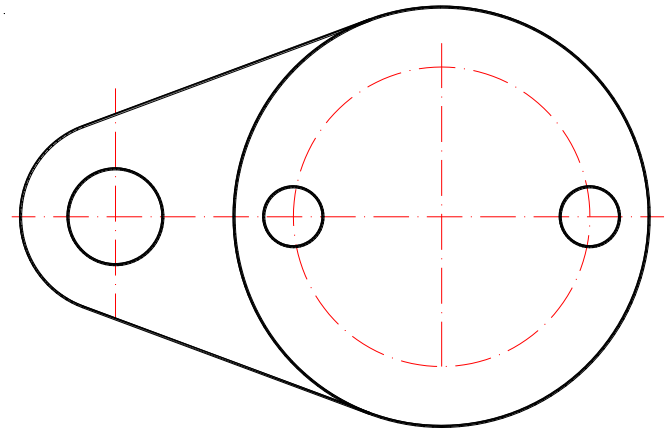


Рис. 5.

Скопировать окружность R=10. Команда **КОПИРОВАТЬ** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование**)**:** позволяет выбрать выбранные объекты параллельно вектору переноса, который задается начальной и конечной точкой.

7. Текущий слой «Черновик», на котором нужно выполнить вспомогательные построения для отверстия со шпоночным пазом и ребра жесткости. Построить окружность с центром O_1 и R=30. Наметить ширину и глубину шпоночного паза.

Команда **ПОДОБИЕ**: величина смещения 8 мм, выбрать вертикальную центровую линию, указать произвольную точку сначала справа, затем слева от этой линии.

Команда **ПОДОБИЕ:** величина смещения 36 мм, выбрать горизонтальную штрих пунктирную линию, указать точку ниже исходной линии, (рис 6).

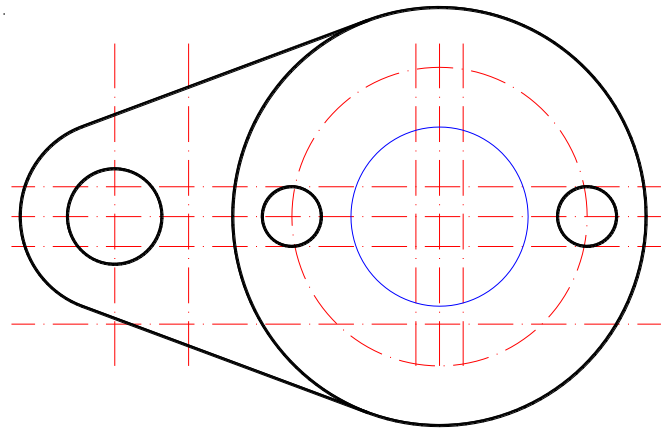


Рис. 6

Толщину и длину ребра жесткости так же наметить с помощью команды **ПОДОБИЕ** в соответствии с размерами элемента, заданными на исходном чертеже (см. задание).

Все полученные, в результате выполнения этой команды, линии находятся на слое «оси», так же как и исходный объект.

Чтобы перенести эти линии на слой «Черновик», необходимо выбрать линии и изменить слой на ленте меню или в окне свойства.

8. Текущий слой «Контур»

Произвести чистовую обводку контуров отверстия со шпоночным пазом. Используя команду **ПОЛИЛИНИЯ** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): построить линейные и дуговые сегменты, точки задать с помощью объектной привязки **пересечение**. Обводку дуги удобнее выполнить против часовой стрелки. Контур ребра жесткости так же выполнить командой **ПОЛИЛИНИЯ**, рис. 7.

9. На месте главного вида необходимо построить фронтальный разрез.

Текущий слой «черновик».

Наметить длину с помощью линий проекционной связи. Построить вертикальные линии: от точки – указать первую точку с помощью объектной привязки **пересечение** на виде сверху; вторая точка – указать курсором при включенном режиме **Орто**, либо задать через относительные координаты (длина 210 мм), рис. 8.

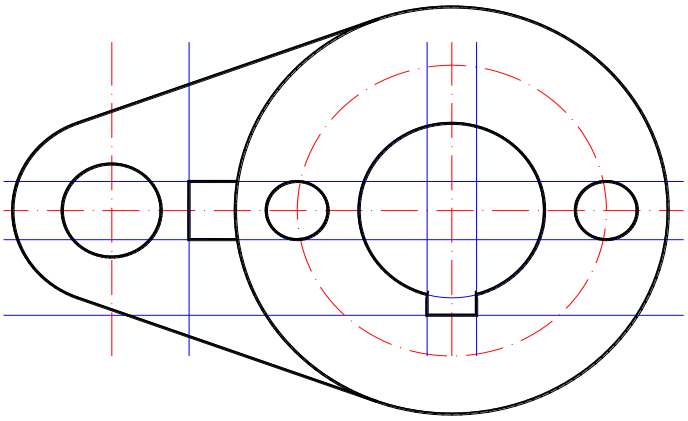


Рис.7

Разметку по высоте удобно выполнить с помощью команды **ПОДОБИЕ**. Выбрать горизонтальную осевую линию и построить подобную ей на расстоянии 130мм к верху от исходной. Построить еще две параллельные линии на расстоянии соответственно 30 и 50 мм к верху от предыдущей. Все три построенные линии перенести на слой «Черновик», рис.8.

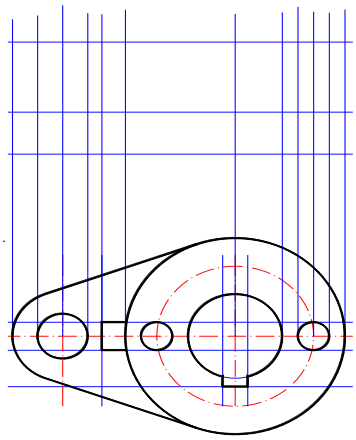


Рис.8

10. Текущий слой «Контур».
Командой **ПОЛИЛИНИЯ** выполнить:

-обводку внешнего контура, указав точки с помощью объектной привязки **пересечение**;

-ребра жесткости;

-обвести очерковые образующие отверстий в основании и цилиндрической части. Для построения отверстий в цилиндрической части рекомендуется использовать команду **ЗЕРКАЛО**, рис.9.

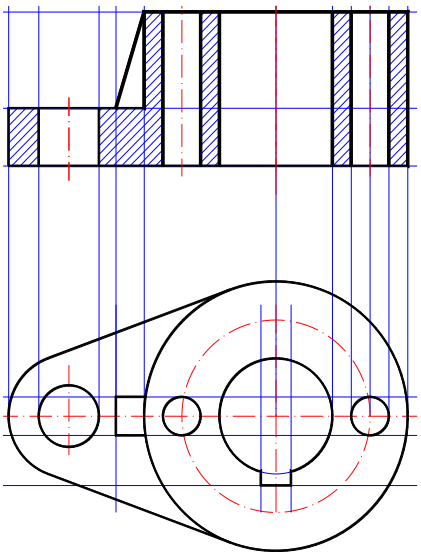


Рис.9

11. Текущий слой «Штриховка».

Команда **ШТРИХОВКА** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**): выбрать образец ANSI и указать по одной точке внутри каждой из замкнутых областей, подлежащих штриховке, рис. 10.

12. Текущий слой «Оси».

Командой **ОТРЕЗОК** провести осевые линии поверх линий проекционной связи, выходя за контур на 3-5 мм, рис. 10.

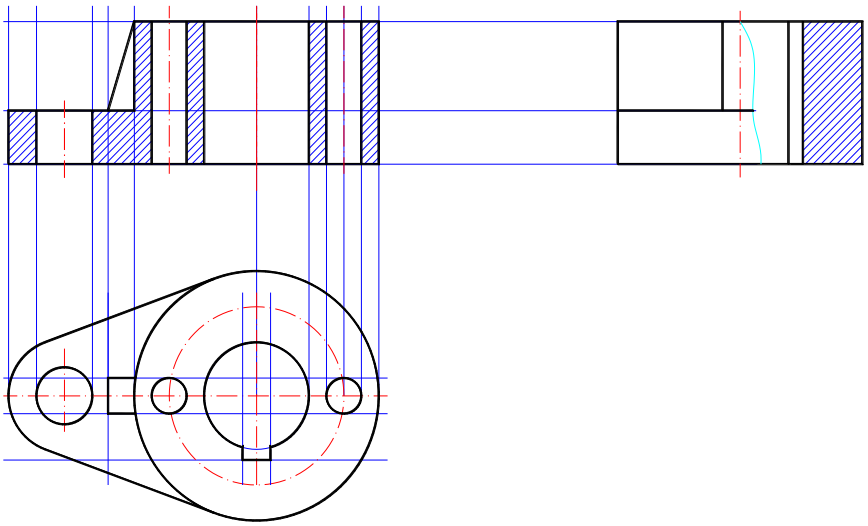


Рис. 10.

13. Строим вид слева, используя местный разрез для выявления шпоночного паза.
Текущий слой «Черновик».

Наметить высоту элементов с помощью линий проекционной связи.

Команда **ОТРЕЗОК**: провести три горизонтальные линии (рис. 10), длиной примерно 250мм.

Для разбивке по ширине применить команду **ПОДОБИЕ.**

Дальнейшие построения выполнить самостоятельно по вышеописанной схеме (см. построение фронтального разреза).

Разграничить вид и разрез сплошной волнистой линией. Так как это линия сплошная тонкая выполнить ее можно на слое «Штриховка» командой **СПЛАЙН** (**Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование**).

14. Оформить 2D чертеж возможно как в пространстве листа, так и в пространстве модели. В целях облегчения усвоения материала выберем второй вариант.
Для оформления чертежа необходима рамка формата А3 с основной надписью формы1. Если готовая рамка с основной надписью есть, то вставить ее в текущий файл можно через буфер обмена или как внешний блок.

Чтобы вычертить рамку надо сделать текущим слой «Рамка». Толщина линий на этом слое равна 0.2 мм, толщину основных линий зададим командой **ПОЛИЛИНИЯ.**

С помощью команды **ПРЯМОУГОЛЬНИК** **(Лента:** вкладка **Главная** → панель **Рисование)** наметим границы формата (первый угол:0, 0; второй угол:420, 297)

Команда **ПОЛИЛИНИЯ.** Задать координаты первой точки рамки: 20,5; затем перейти на опцию **ширина** и задать начальную ширину:0.6; конечную ширину: 0.6. После указания ширины нужно указать координаты 2-й точки: @395,0;

координаты 3-й точки: @0,287;

координаты 4-й точки: @-395,0

и перейти на опцию **замкни.**

Основная надпись содержит линии различной толщины. Сначала вычертить границы рамки тонкими линиями.

Команда **ОТРЕЗОК.** Начертить последовательно вертикальный и горизонтальный отрезки

от точки: 215,50

до точки:@0,55

до точки:@185,0

Размножить построенные линии командой **ПОДОБИЕ,** удалить лишние фрагменты командой **ОБРЕЗАТЬ** и выполнить обводку основных толстых линий командой **ПОЛИЛИНИЯ** (рис. 11)

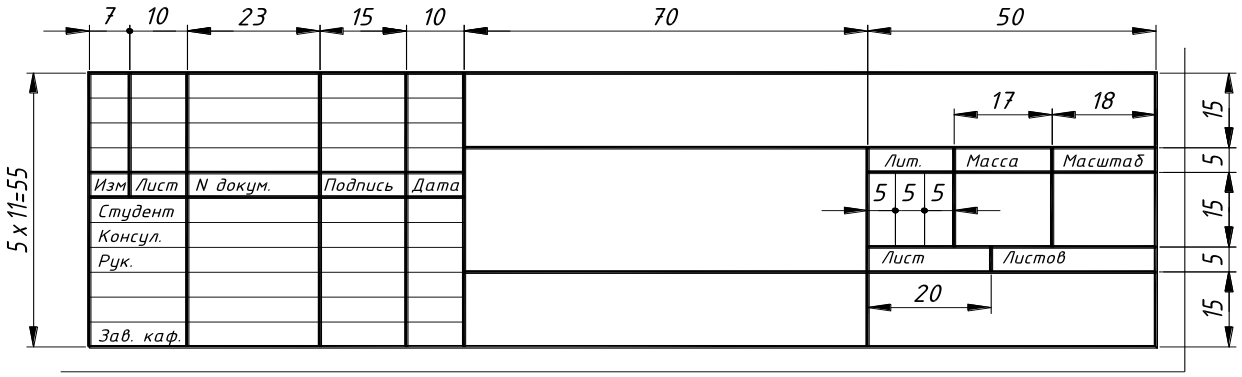


Рис.11.

Перед заполнением основной надписи необходимо настроить стиль текста. Диалоговое окно «Стиль текста» можно открыть через **Ленту:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации** → **.** Это окно позволяет редактировать текущий или создать новый текстовый стиль, который определяется выбором шрифта *isocpeur*, наиболее соответствующего ЕСКД, высотой букв (в окне высоту задать о), углом наклона 15 градусов от вертикали.

Надписи выполнять командой **ТЕКСТ (Лента:** вкладка **Главная**→панель **Аннотации▼**→) высотой 2,5; 7; 5мм, высоту удобнее менять непосредственно в команде **ТЕКСТ.**

Компоновка чертежа. Изображения должны отстоять друг от друга, а также от рамки чертежа примерно на одинаковое расстояние по вертикали и горизонтали. Расстояния должны быть достаточными для простановки размеров и обозначений. Передвинуть изображения, при необходимости, позволяет команда **ПЕРЕМЕСТИТЬ,** уменьшить или увеличить команда **МАСШТАБ.** В нашем случае воспользуемся командой **МАСШТАБ** **(Лента:** вкладка **Главная** → панель **Редактирование)** и уменьшим изображения в 2 раза. После выбора объектов, указать базовую точку (точка, не меняющая своего положения, после масштабирования)

Простановка размеров. Размеры представляют собой сложные примитивы, состоящие из размерных чисел (текстовая составляющая), выносных и размерных линий. По умолчанию AutoCAD создает ассоциативные размеры, то есть зависимые от объектов, к которым они привязаны. Это означает, что при редактировании основного объекта будут автоматически изменяться и связанные с ним размеры.

Перед простановкой размеров рекомендуется настроить размерный стиль соответствующий требованиям ЕСКД через диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей» **(Лента:** вкладка **Главная** → панель **Аннотации▼** → **.** В окне отображается список размерных стилей

текущего чертежа, текущий стиль выделен. Стиль определяет внешний вид размеров. Кнопка **Редактировать,** вызывает диалоговое окно **Изменение размерного стиля,** в котором производится изменение параметров стиля.

Вкладка **Текст** этого окна позволяет выбрать стиль и высоту текста (3,5 мм), ориентацию текста – согласно ИЗО.

Вкладка **Основные единицы** позволяет задать единицы измерения, точность и масштаб размерных чисел. В нашем примере масштаб равен **2!**

После настройки размерного стиля переходим непосредственно к простановке размеров.

Текущий слой «Размеры»

Проставим сначала высоту детали на главном виде. Команда **РЗМЛИНЕЙНЫЙ (Лента:** вкладка **Главная →** панель **Аннотации →** **):**

Начало первой выносной линии или<выбор объекта>: с помощью объектной привязки указать правую нижнюю точку на главном виде

Начало второй выносной линии: указать верхнюю правую точку

Положение размерной линии или [МТекст/Текст/Угол/Горизонтальный/Вертикальный/Повернутый]:требуется щелчком мыши указать точку на расстоянии не менее 10мм от крайней правой вертикальной контурной линии главного вида

Размерный текст<80>

По указанным на объекте точкам, система сама определяет какой тип размера (вертикальный, горизонтальный) необходимо проставить. Опции **МТекст** (многострочный текст**)** и **Текст** позволяют редактировать размерный текст. Можно полностью изменить текст или сохранить выведенное значение с помощью угловых скобок < > и добавить, когда необходимо, текст до или после скобок. Так для указания знака диаметра перед размерным числом указывают символы %%c, а для простановки угла в градусах - %%d.

Проставить все оставшиеся линейные размеры самостоятельно, рис.11.

Нанести радиальный размер – команда **РЗМРАДИУС (Лента:** вкладка **Главная →** панель **Аннотации →** **):**

Выберите дугу или круг: указать курсором дугу на виде сверху

Размерный текст <32>

Положение размерной линии или [МТекст/Текст/Угол]: указать точку местоположения размерной линии (она определяет внутри или снаружи будет расположен размер)

Обозначение фронтального разреза выполнить на слое «Размеры», используя команды **ПОЛИЛИНИЯ, ЗЕРКАЛО, ТЕКСТ,** самостоятельно, рис.12.

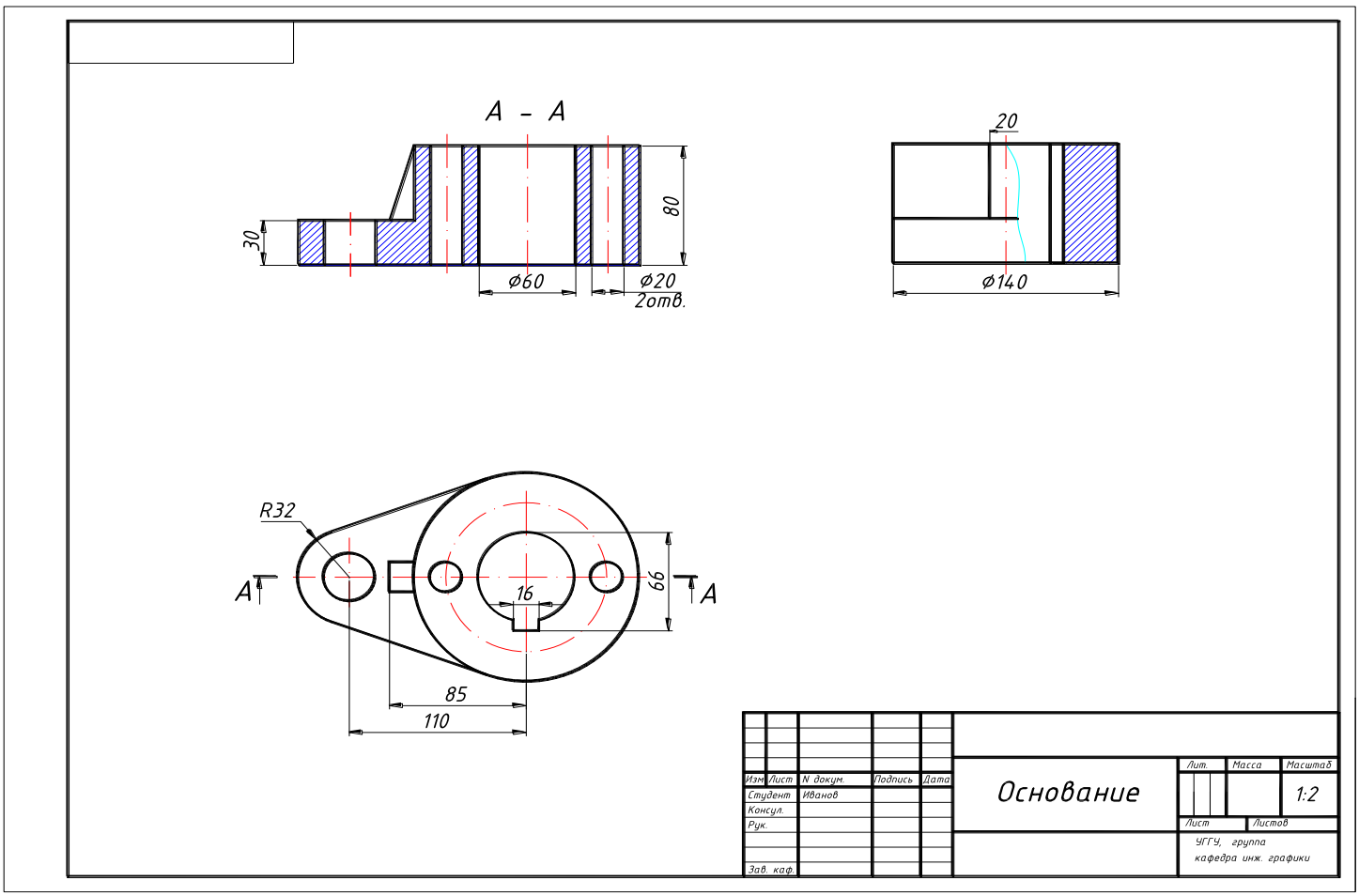
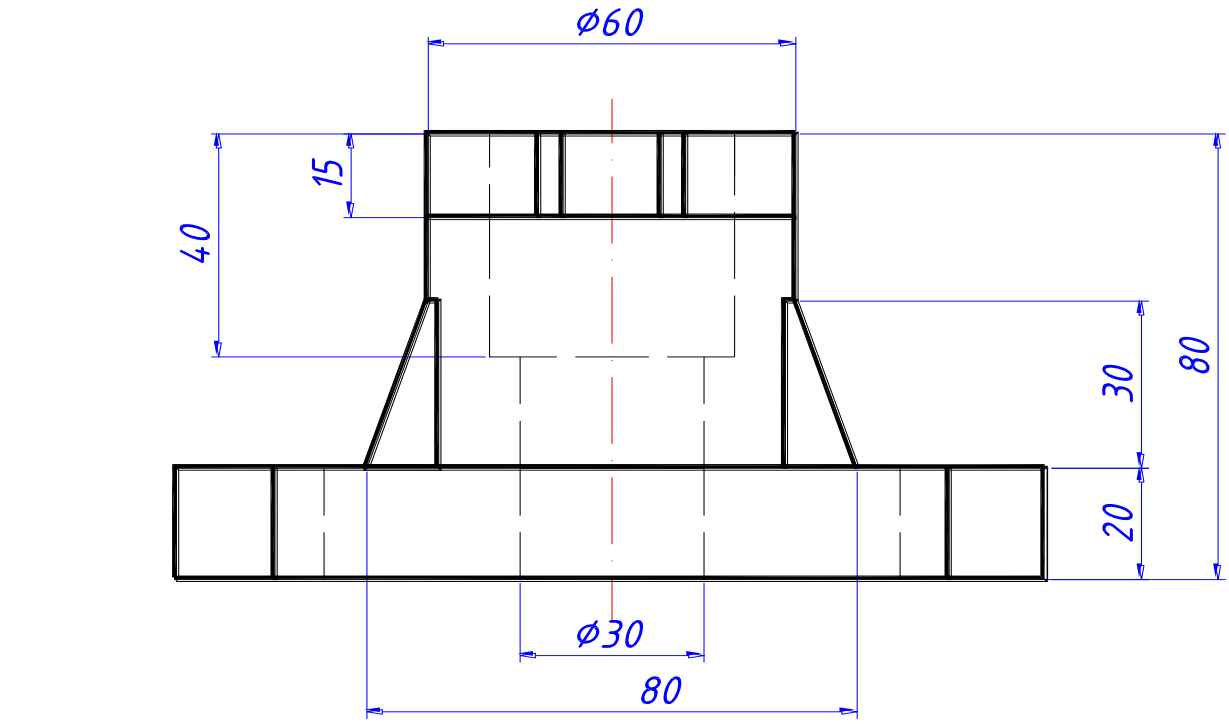
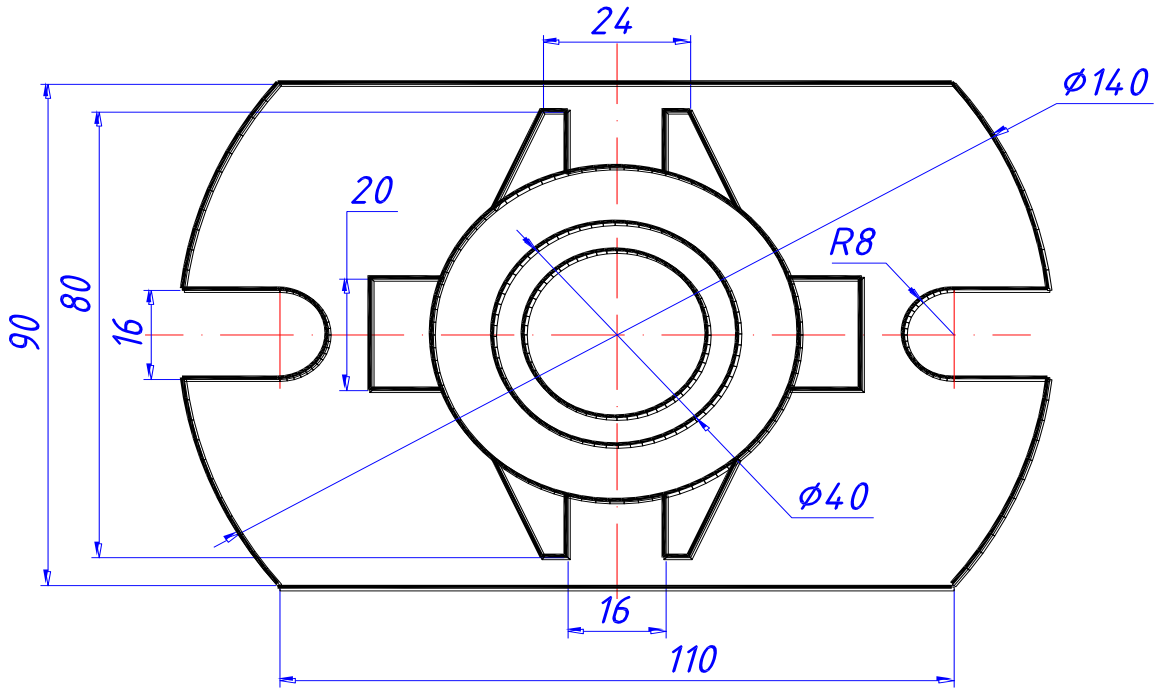

A - A
30
80
ø60
ø20
2отв.
20
ø140
R32
A
A
16
66
85
110
Основание
Изм.
Лист
N докум.
Подпись
Дата
Студент
Иванов
Консул.
Рук.
Зав. каф.
Лит.
Масса
Масштаб
1:2
Лист
Листов
УГГУ, группа
кафедра инж. графики

Рис.12

4. ПРИЛОЖЕНИЕ

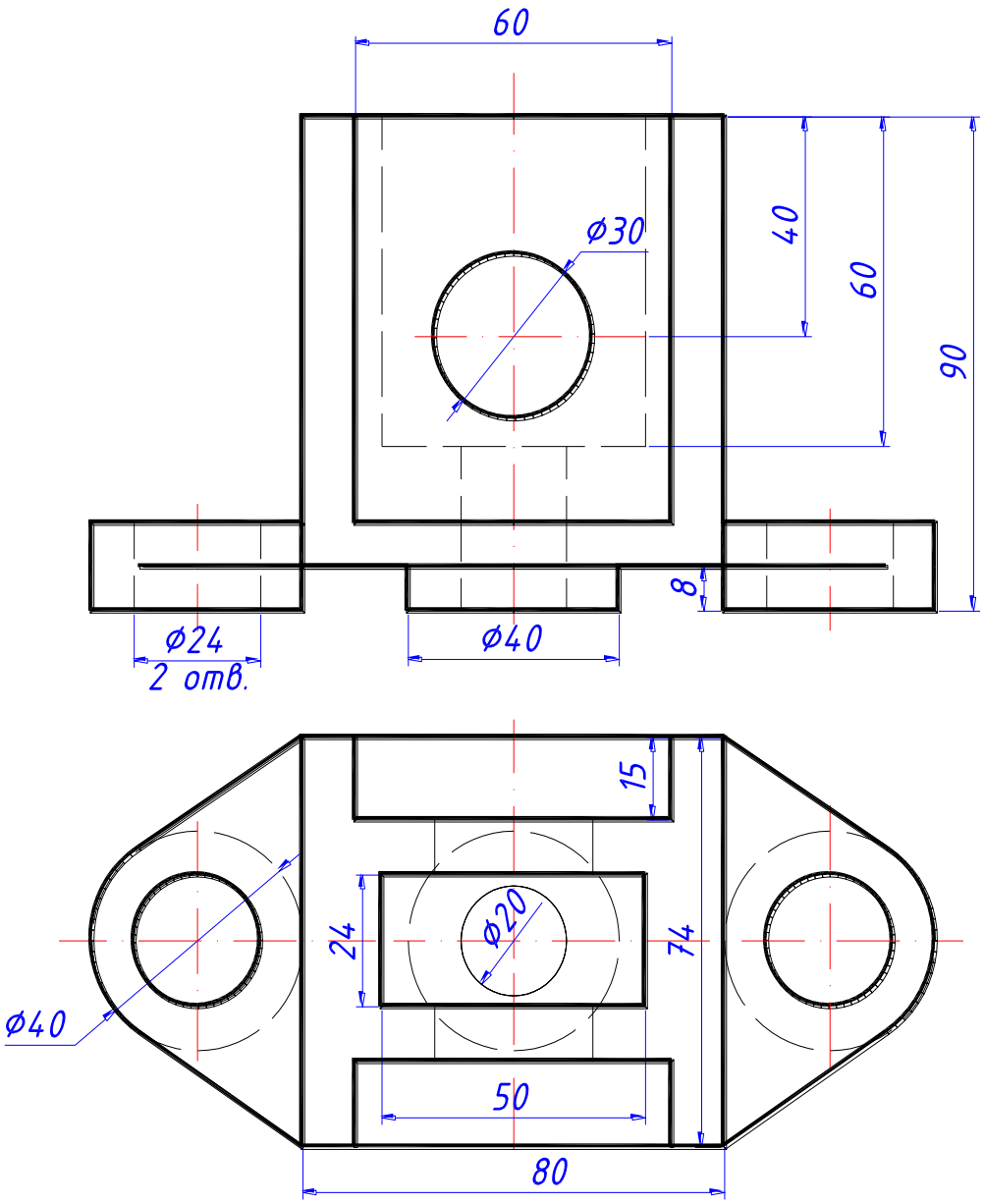
Вариант1





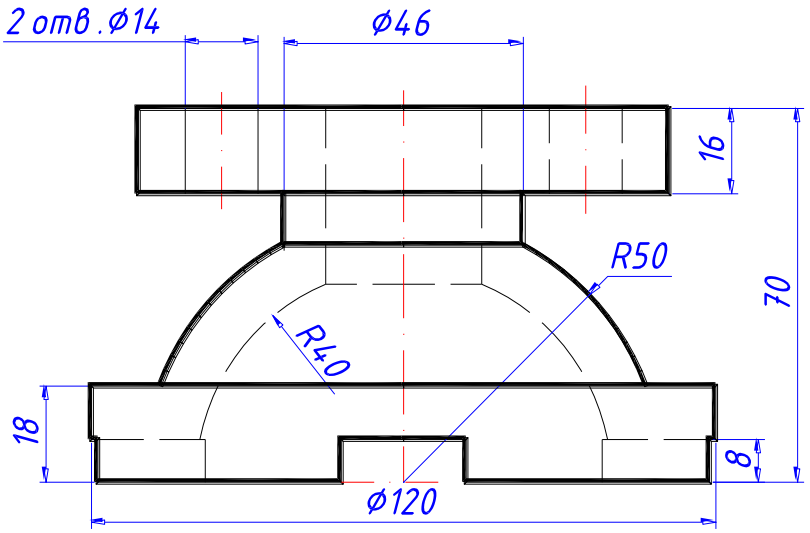
Корпус

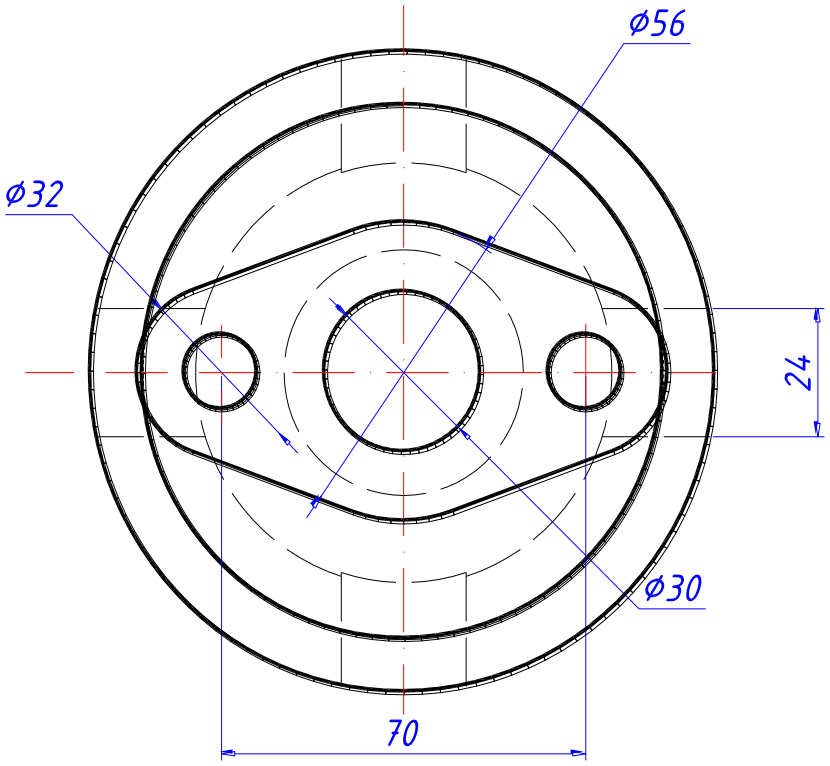
Вариант 2



Основание

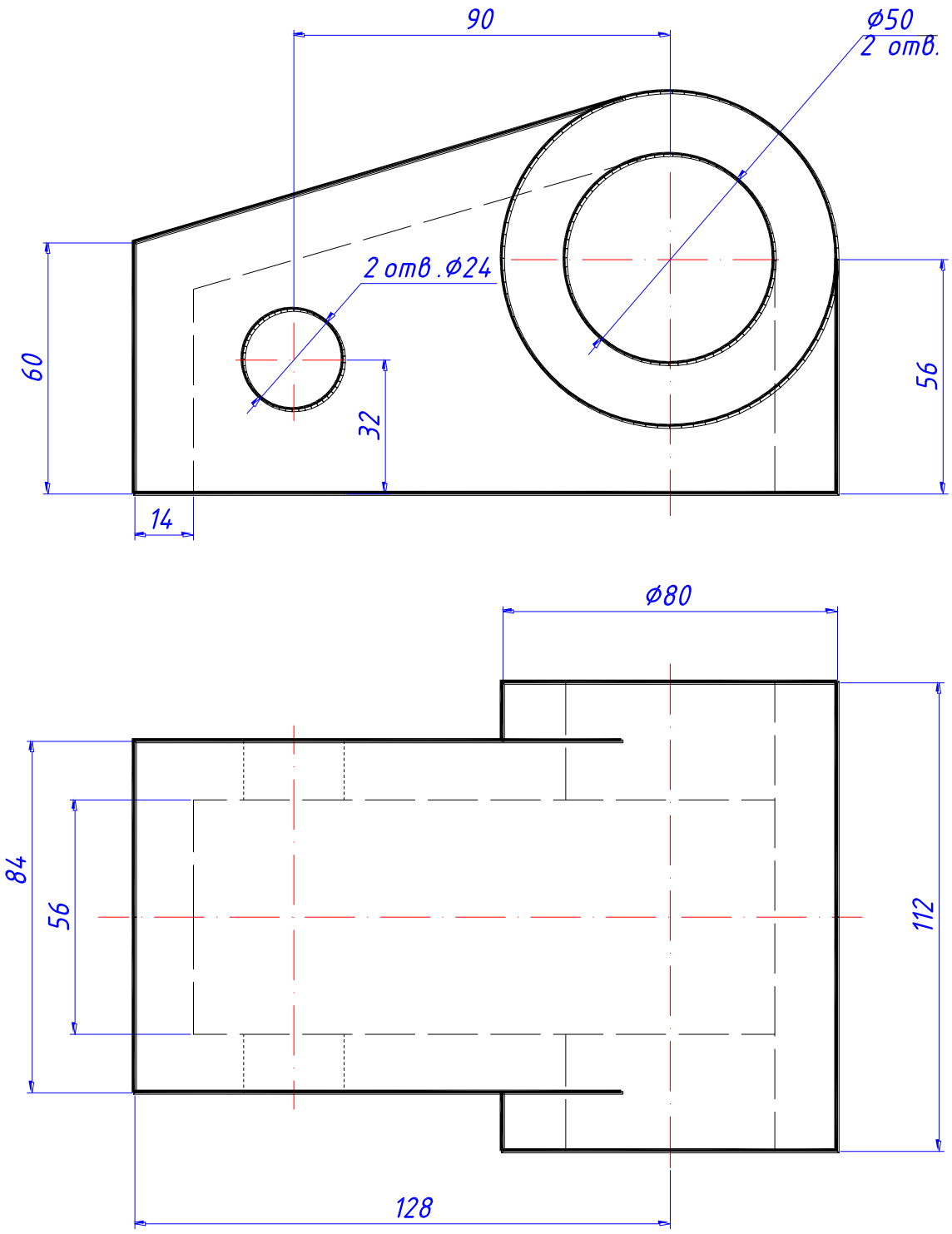
Вариант 3





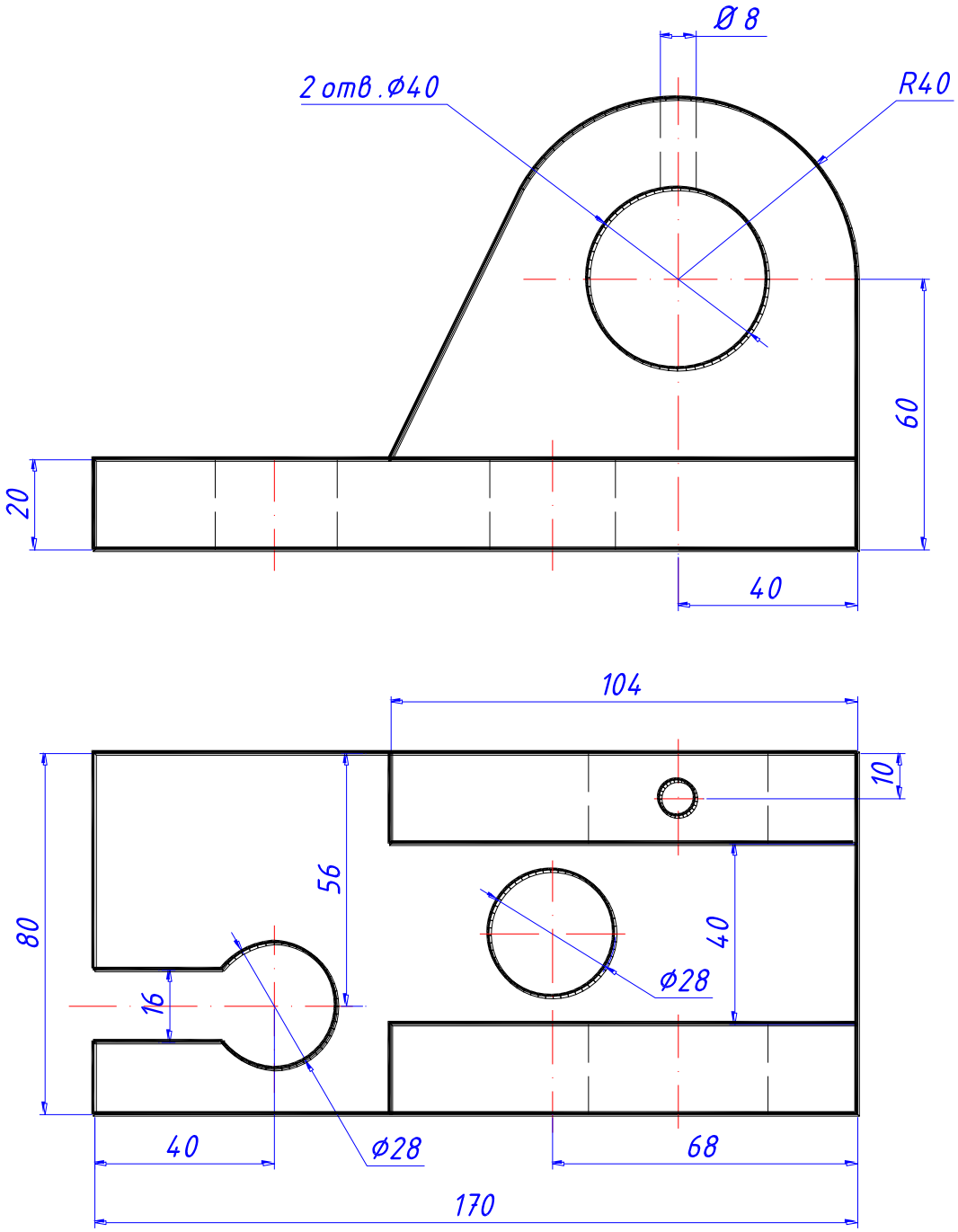
Крышка

Вариант 4



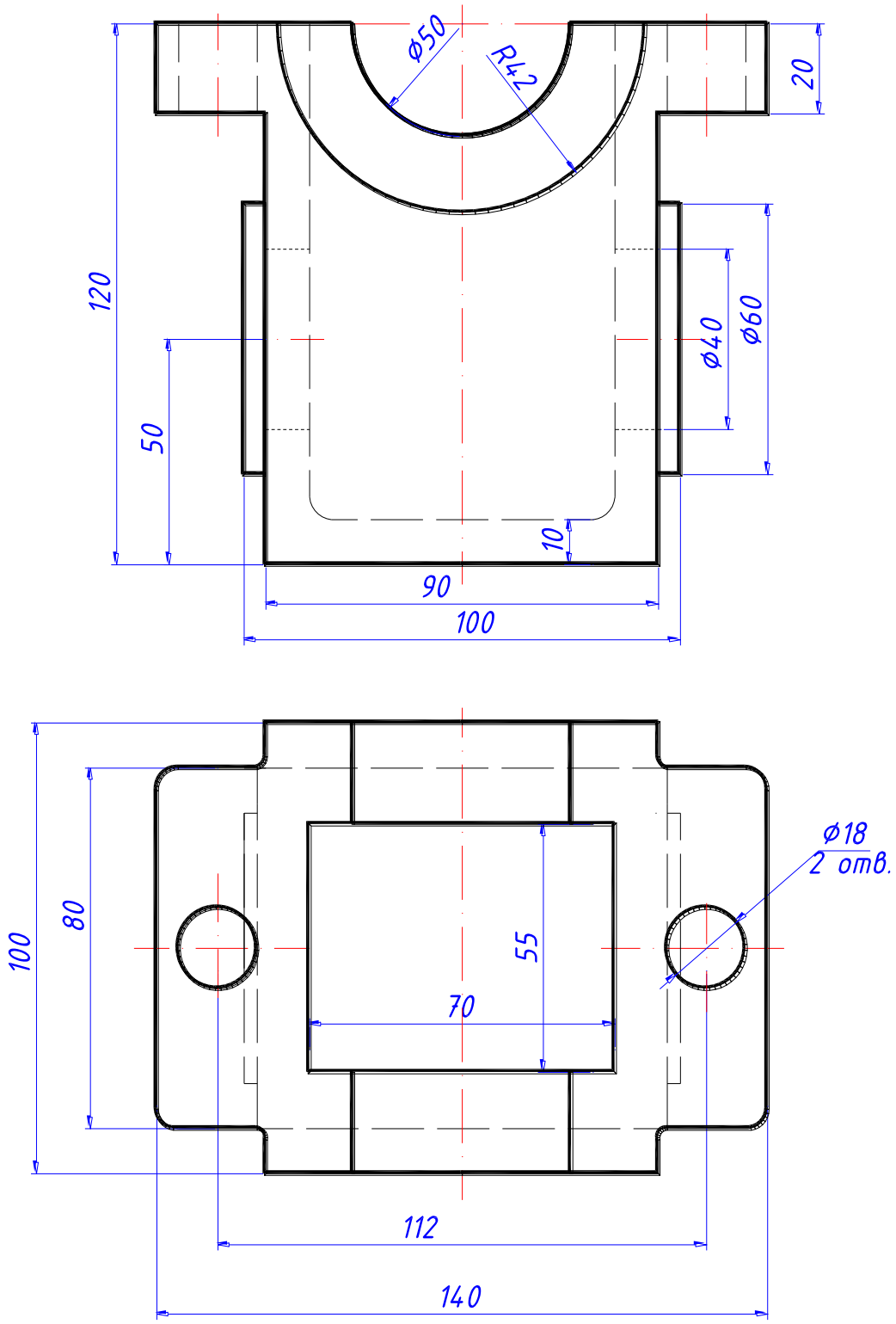
Кожух

Вариант 5



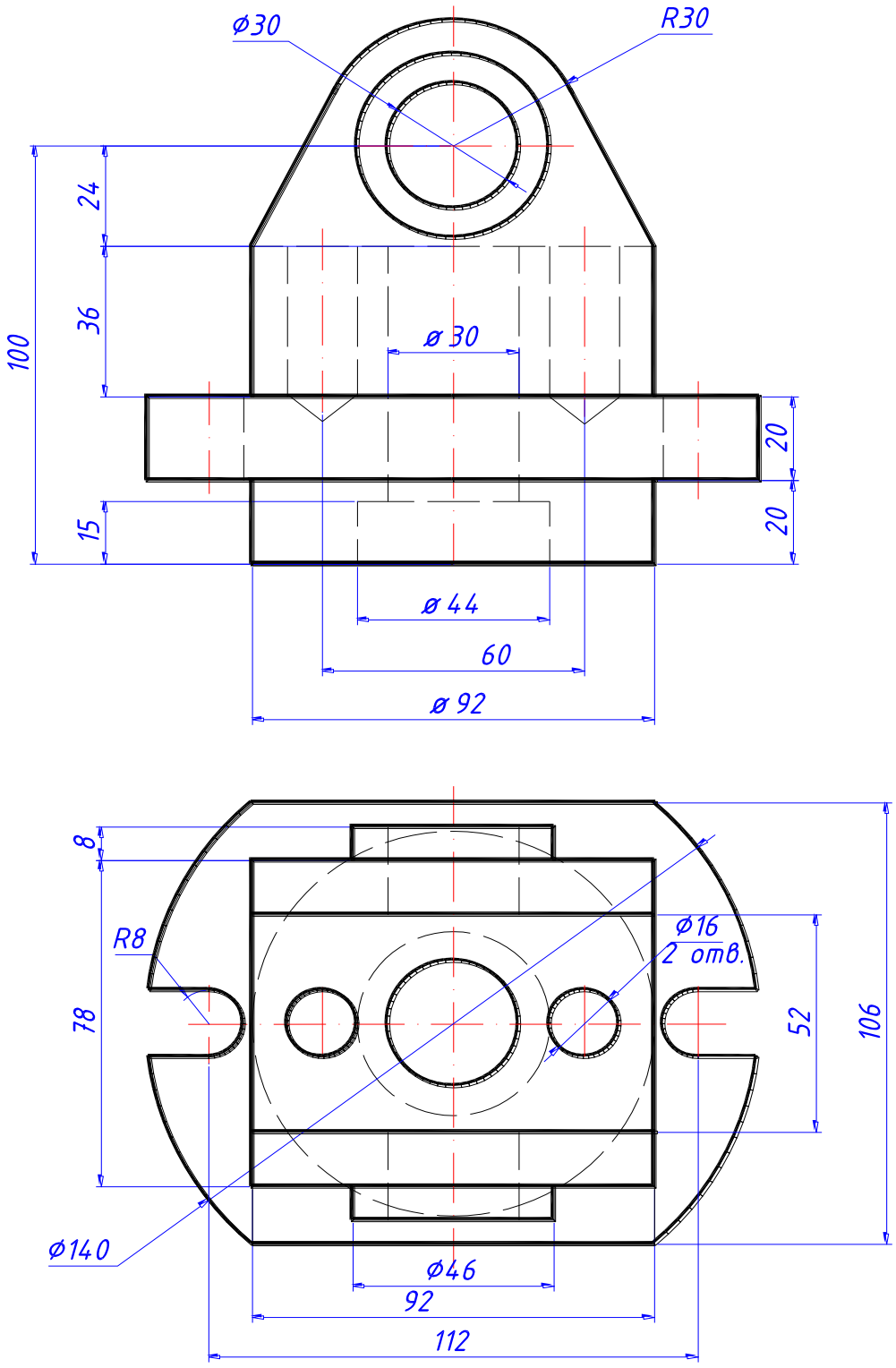
Проушина

Вариант 6



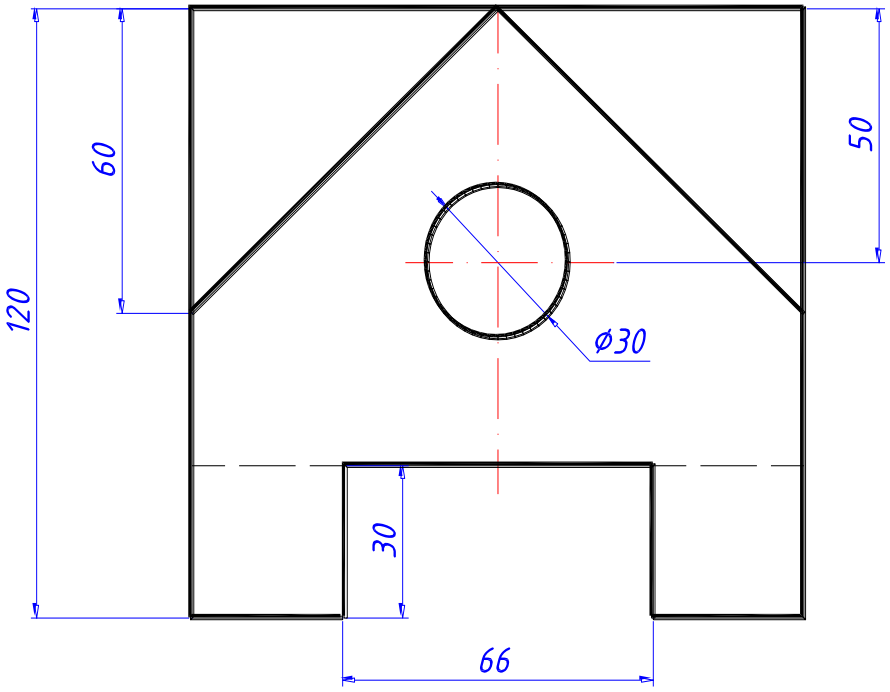
Корпус

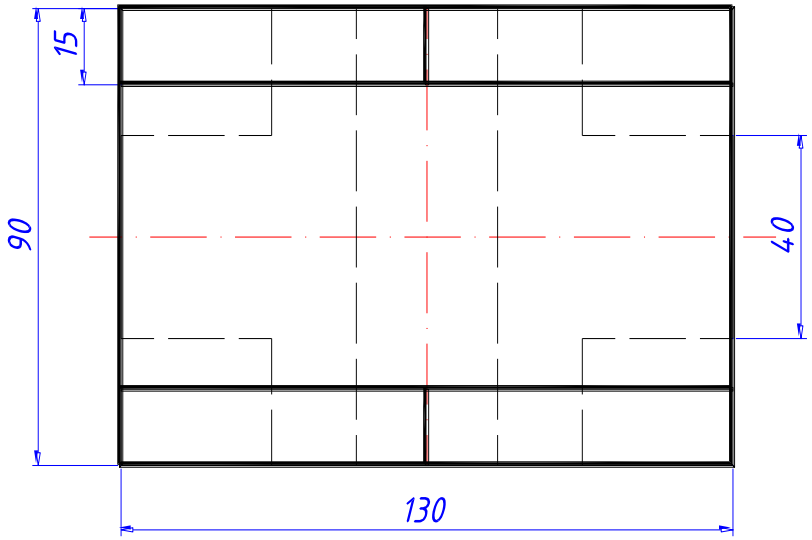
Вариант 7



Проушина

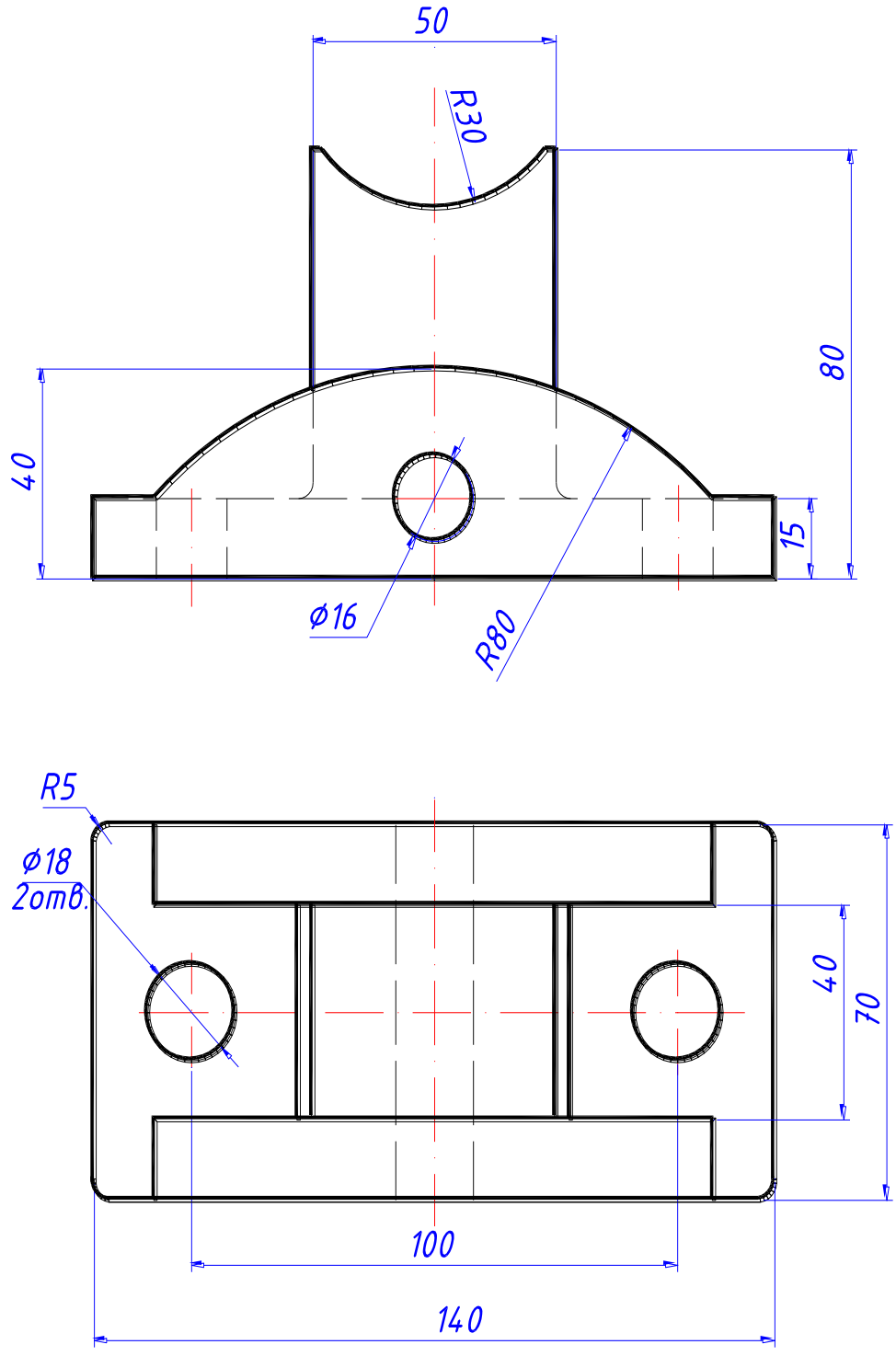
Вариант 8





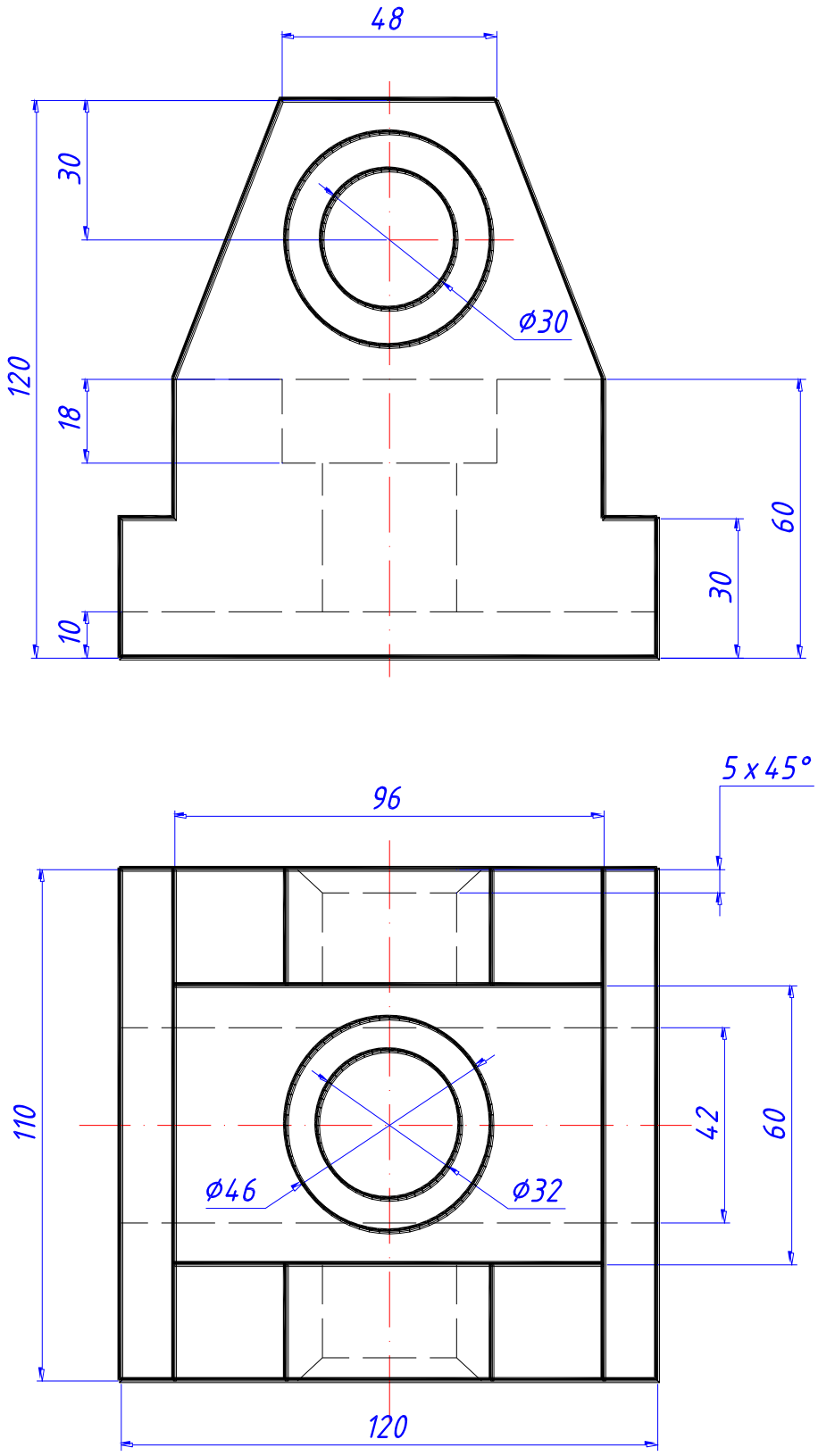
Колодка

Вариант 9



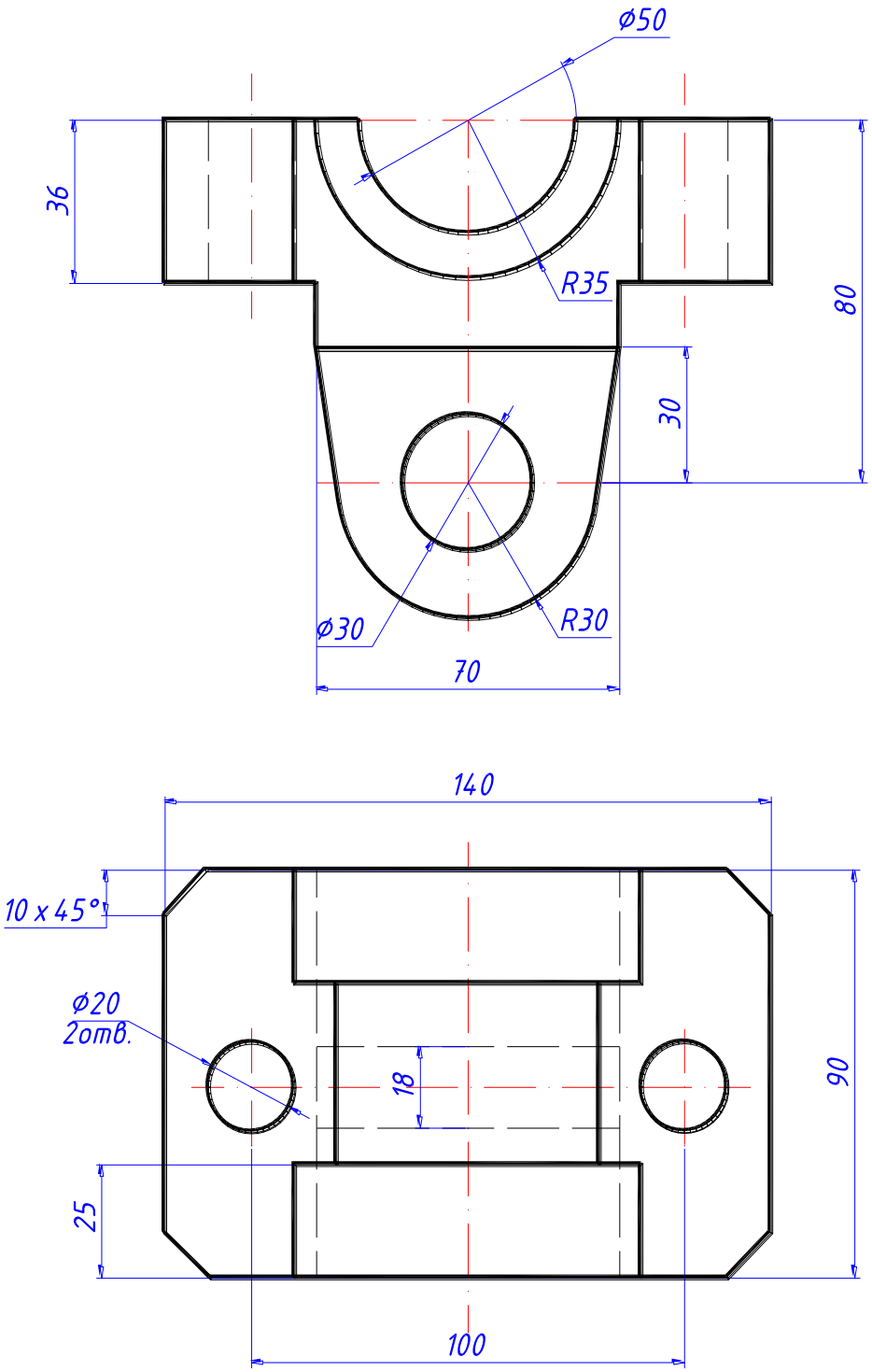
Опора

Вариант 10



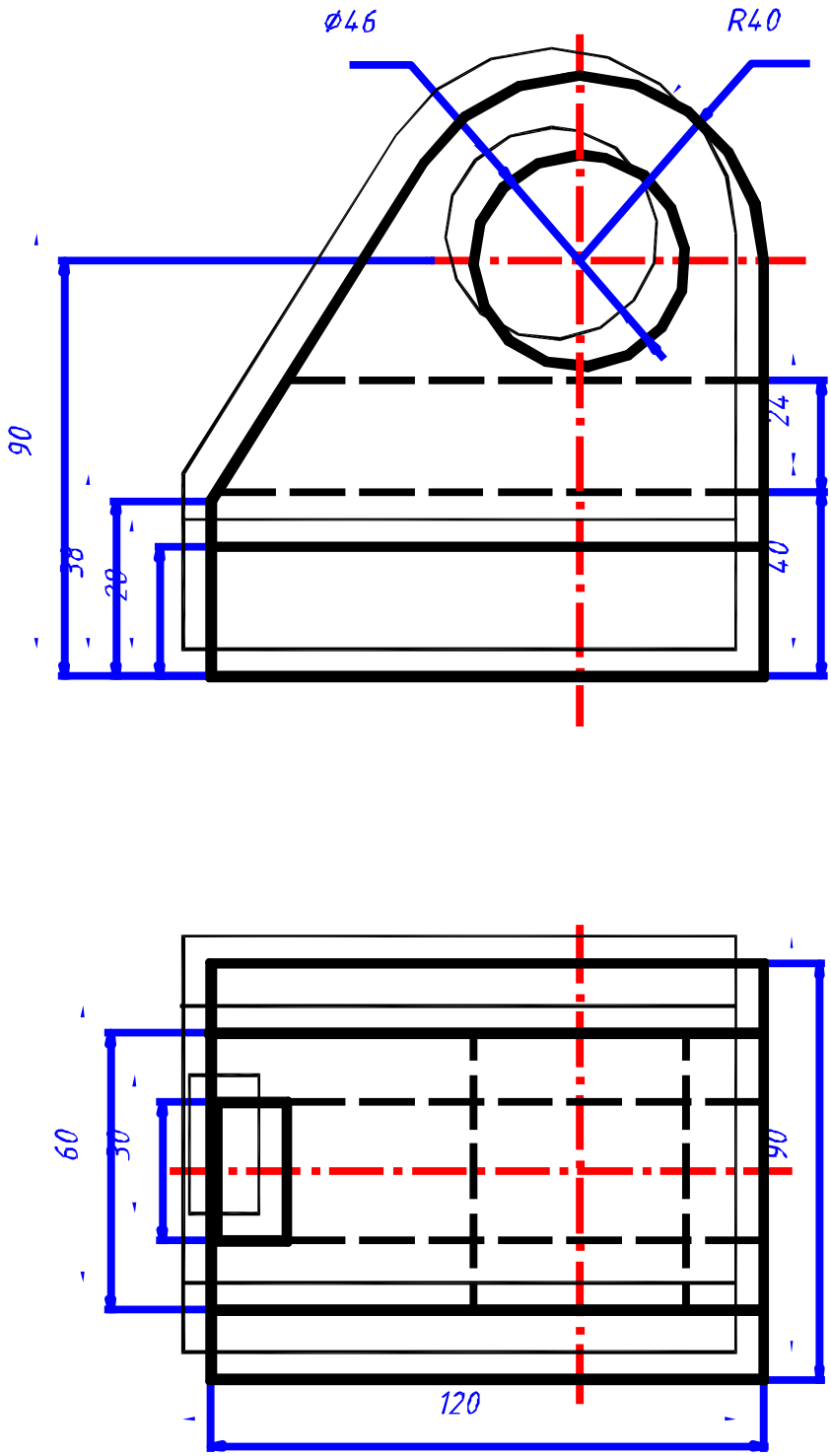
Вилка

Вариант 11



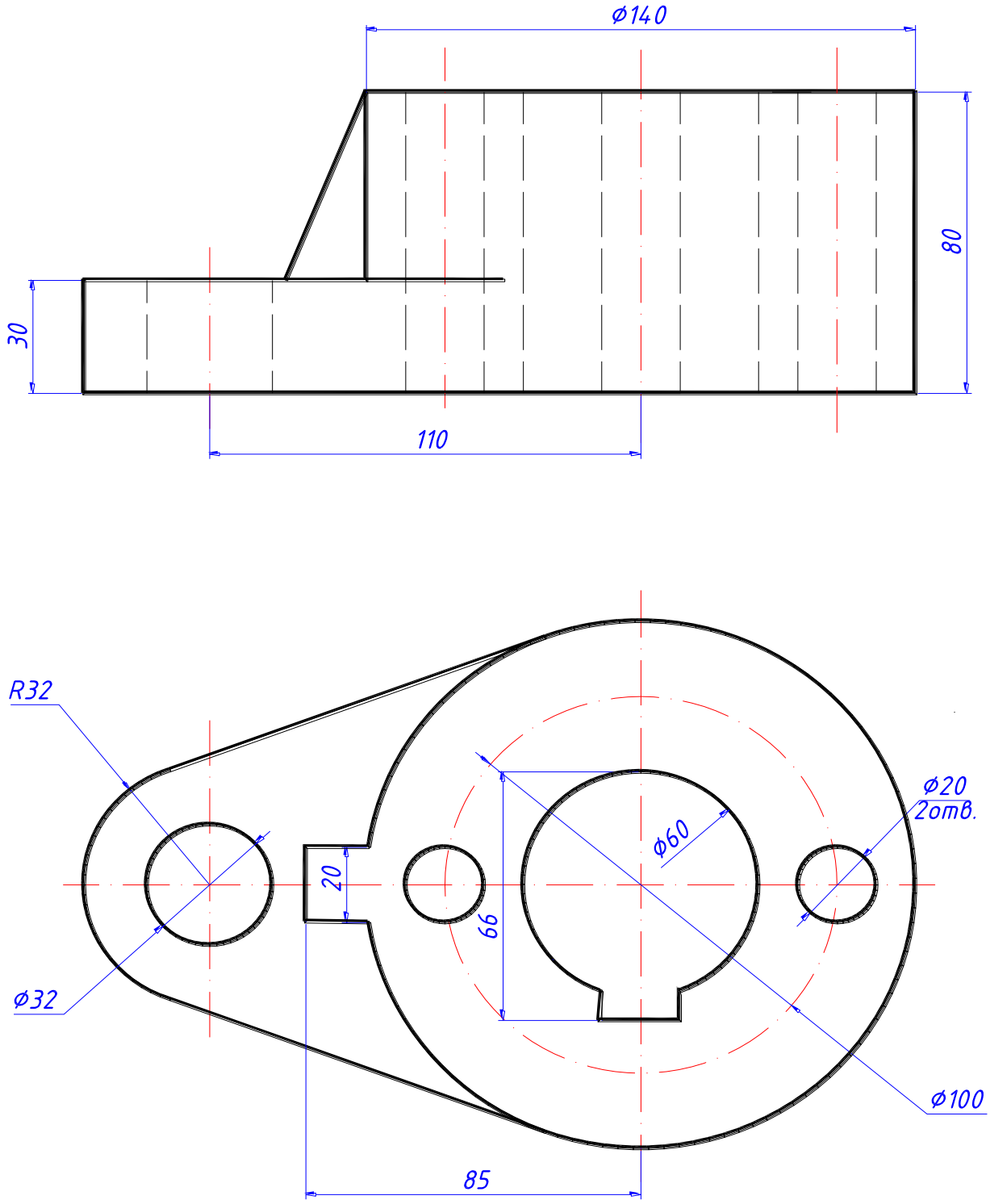
Серьга

Вариант 12



Вилка

Вариант 13



Основание

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полещук Н. Самоучитель AutoCAD 2016. – Санкт-Петербург: Издательство БХВ-Петербург, 2016. – 464с.

2. Шангина Е.И. Компьютерная графика. Учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2006. – 188с.

3. Хейфец А. Л. Инженерная компьютерная графика. Учебно-справочное пособие.— М.: ДИАЛОГ -МИФИ , 2002, 428 с.

Савина Татьяна Евгеньевна

Методическое пособие
по выполнению практической
работы «Создание проекционного чертежа средствами AutoCAD» по дисциплинам:
«Инженерная и компьютерная графика»,
«Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика».

Редактор

Подписано в печать_____.2017 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/8. Печать на ризографе.
Гарнитура Times New Roman .Печ. л. ___. Уч.- изд. 0,83. Тираж 150 экз.
Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинала – макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.15 НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Специальность
25.05.04 Горное дело

Профиль специализации
«Обогащение полезных ископаемых»

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Самохвалов Ю. И. доцент, Фролов А. П. доцент, к. т. н.

Одобрена на заседании кафедры
Инженерная графика
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Шангина Е.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 5 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 6
Подготовка к зачёту 6
Подготовка к экзамену 7

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов - это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время.

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с

целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;

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, тестирование, опрос, контрольные работы, защита контрольных работ, защита зачётных работ 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

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.

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.

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;

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.

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 РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

Б1.Б.1.14 «ГЕОЛОГИЯ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ГОРНОЕ ДЕЛО»

форма обучения: очная, заочная
год набора: 2019

Автор: Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Геологии
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Огородников В. Н.
(Фамилия И.О.)

Протокол № от 17.04. 2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета Геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Бондарев В. И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № от 2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 «Прикладная геология» по дисциплине Б1.Б.1.15 «Общая геология» предусматривается написание контрольной работы на тему «Визуальное определение и описание минералов и горных пород в выданных контрольных образцах». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ПК-1:

- готовностью использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией.

Студент должен уметь визуально определять и описывать минералы и горные породы и объяснять с какими эндогенными и экзогенными геологическими процессами связано их образование.

Порядок выполнения контрольной работы

Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня знаний, умений, владений, формирующих компетенцию ПК-1.

Основные задачи выполняемой работы:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

Контрольная работа № 1 по теме 3

Описать и определить название минералов в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 2 по теме 5

Описать и определить название магматической горной породы в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 3 по теме 6

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 4 по теме 12

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти образцов.

Критерии оценивания: Полнота (0-3 балла) и правильность описания минералов и горных пород (0-1 балла) ; использование методов определения физических свойств минералов и горных пород (0-1 балл)

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям (5 баллов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если 4 балла

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 3 балла

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 0-2 балла

Оценка за каждую контрольную работу определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки контрольной работы	*Количество баллов*
полнота описания минералов и горных пород	0-3
правильность описания минералов и горных пород	0-1
использование методов определения физических свойств минералов и горных пород	0-1
Итого	0-5

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»

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

Для осуществления текущего контроля знаний, умений, владений обучающихся используется комплект оценочных средств (приложение 1).

Порядок описания образцов минералов и горных пород

Часть 1. Минералы. Основная цель работы – определение минералов и их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в методических указаниях по выполнению лабораторных работ. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов	Физические свойства минералов						Приме-чание
		цвет	цвет черты	блеск	спай-ность	твер-дость	спец. св-ва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Часть 2. Магматические горные породы

Порядок описания интрузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для

равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).

3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

Порядок описания эффузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
4. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
5. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
6. Глубинный (интрузивный) аналог.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте). Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее. При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента. Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

Б1. Б.1.14 ГЕОЛОГИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент;
Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____ *(подпись)*
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

Лабораторные занятия по курсам «Общая геология» и «Геология» представляют важную часть в общем цикле геологических дисциплин. Эти занятия дают студентам возможность познакомиться с главнейшими породообразующими минералами и наиболее распространенными горными породами, а также получить навыки работы с горным компасом.

Выполнение лабораторных работ производится в три этапа. В начале студенты знакомятся с основными породообразующими минералами и учатся распознавать их в составе горных пород. На втором этапе студенты получают навыки определения и описания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. В завершение занятий студенты знакомятся с устройством горного компаса и получают представление о работе с ним.

Объем аудиторных лабораторных занятий не достаточен для получения навыков по определению горных пород и минералов, поэтому студенты обязаны самостоятельно заниматься с коллекциями на кафедре в пределах часов, предусмотренных рабочими программами дисциплин.

В целях удобства работы на занятиях методические материалы скомпонованы в четыре самостоятельные брошюры:

Часть 1. Минералы
Часть 2. Магматические горные породы
Часть 3. Метаморфические горные породы
Часть 4. Осадочные горные породы

Часть 1

МИНЕРАЛЫ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

Подавляющее большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы).

Минералы – химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных геологических процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами.

Каждый минерал обладает вполне определенным химическим составом и вполне определенной кристаллической структурой, т. е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (атомов, ионов). Например, минерал галит (каменная соль) состоит из 39,4 % Na и 50,6 % Cl и имеет химическую формулу NaCl. Кристаллическая структура галита характеризуется поочередным расположением ионов Na^+ и Cl в углах кубов (рис. 1), где каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия, и наоборот.

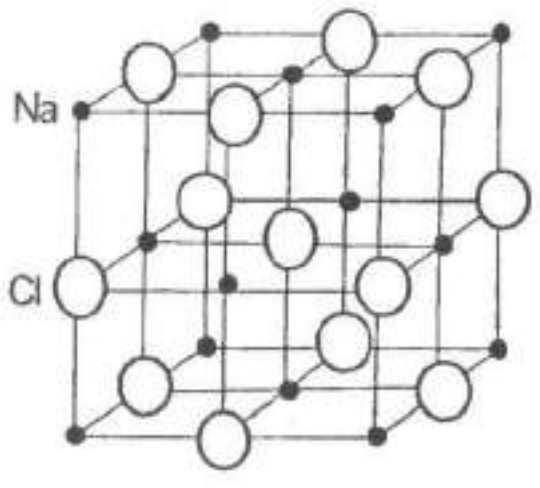


Рис. 1. Кристаллическая структура галита (NaCl)

В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обусловливают их физические свойства. Иногда минералы имеют неупорядоченные строения, когда атомы и ионы располагаются беспорядочно, хаотично. Минералы с таким строением называют аморфными.

Образование минералов является результатом различных геологических процессов. По способу образования (источнику энергии) минералы могут быть объединены в две группы.

1. Минералы эндогенного генезиса, образующиеся за счет внутренней энергии Земли. Возникают в результате кристаллизации магмы и связанных с ней горячих газовых и водных растворов (гидротерм) на различных глубинах, а также путем преобразования минералов в условиях больших давлений и температур.

2. Минералы экзогенного генезиса, образующиеся за счет внешней (солнечной) энергии. Источником минералообразования являются разнообразные горные породы, вступающие во взаимодействие с атмосферой, гидросферой и биотой, давая начало новым минералам.

Пути и способы образования минералов разнообразны. Они могут быть следствием: 1) кристаллизации огненно-жидкого силикатного расплава (магмы); 2) кристаллизации из горячих минерализованных растворов (гидротерм); 3) отложения кристаллического вещества из газообразных продуктов возгонов; 4) перекристаллизации минералов и горных пород; 5) образования новых минералов за счет разрушения ранее созданных.

1.1. Формы нахождения минералов

В природе минералы встречаются в виде отдельных хорошо образованных кристаллов либо в виде скоплений неправильной формы зерен (агрегатов).

1.1.1. Облик кристаллов

Среди минералов выделяют три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом, кристаллов.

Изометричные – формы, имеющие близкие размеры во всех направлениях. Примером могут служить кубы пирита, галенита, октаэдры магнетита, ромбоэдры кальцита и др. (рис. 2).

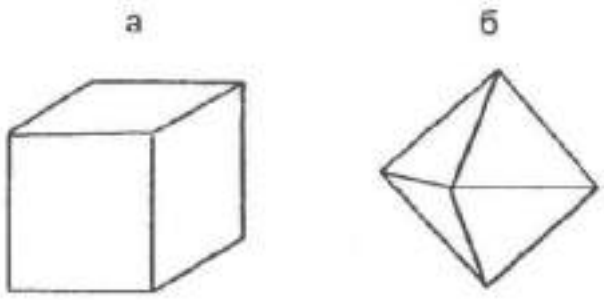


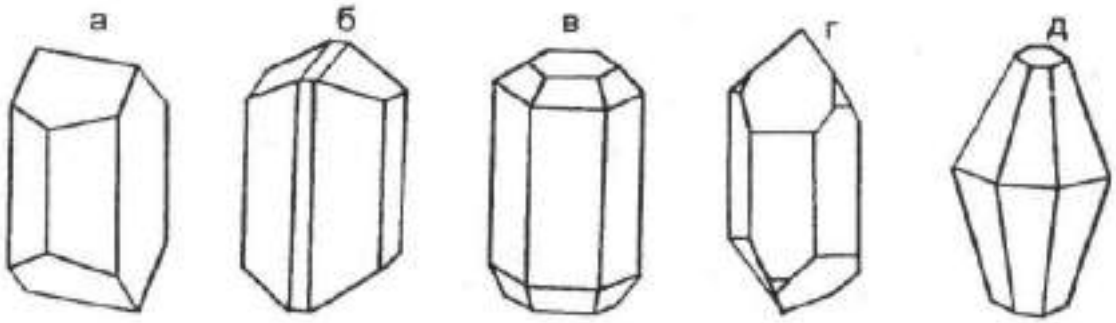
Рис. 2. Изометричные формы кристаллов:
а – кубический кристалл пирита;
б – октаэдрический кристалл магнетита

Уплощенные - формы, хорошо развитые преимущественно в двух направлениях. Сюда относятся таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы слюды, хлорита, графита и т. д. (рис. 3).

Рис. 3. Уплощенные

формы кристаллов:
а – таблитчатый кристалл гематита;
b– пластинчатый кристалл мусковита

Удлиненные - формы, развитые в одном направлении. К этой группе относятся призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые и волокнистые кристаллы роговой



обманки, пироксена, кварца и т. д. (рис. 4).
Рис. 4. Удлиненные формы кристаллов:
а – полевого шпата; б – роговой обманки; в – апатита; г – кварца; д - корунда

1.1.2. Минеральные агрегаты

В природе чаще встречаются не единичные кристаллы минералов, а скопления или срастания различной формы зерен. Эти скопления называют минеральными агрегатами.

Агрегаты бывают мономинеральными (моно - один), т. е. состоящими из зерен одного минерала, и полиминеральными (поли - много), сложенными несколькими различными минералами. Выделяют несколько видов минеральных агрегатов.

Зернистые агрегаты обладают наибольшим распространением в земной коре. В зависимости от формы слагающих зерен различают собственно зернистые (состоящие из изометричных зерен), а также пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, волокнистые, игольчатые, шестоватые и другие агрегаты. По величине зерен можно выделять агрегаты крупнозернистые, более 5 мм в поперечнике, среднезернистые - от 1 до 5 мм и мелкозернистые - с зернами менее 1 мм.

Землистые агрегаты - порошкообразные, рыхлые мягкие минеральные массы скрытокристаллического строения, обычно пачкают руки, легко распадаются на мелкие комочки.

Сажистые - (черные цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются в процессе химического выветривания. Примером являются минерал каолинит и марганцевые руды.

Натечные формы выделений минералов образуются на стенках пустот при медленном испарении или охлаждении поступающих туда растворов. Эти образования имеют разнообразную форму: почковидную, гроздевидную, неправильную, цилиндрическую. Натеки, свисающие в виде сосулек со сводов пустот, называются сталактитами, а поднимающиеся им навстречу со дна пустот - сталагмитами. Характерным примером натечных образований являются: лимонит, малахит, кальцит.

Друзы - это сростки более или менее хорошо ограненных кристаллов на стенках каких-либо пустот. Примером могут служить довольно часто встречающиеся друзы кристаллов кварца или пирита.

Реже встречаются другие виды минеральных агрегатов: *секреции* -выполнение пустот изометричной, часто округлой формы, отличающиеся концентрически-зональным

строением. Мелкие секреции в излившихся эффузивах называют миндалинами, крупные – жеодами; *конкреции* — шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, образующиеся в рыхлых осадочных породах (илах, глинах, песках и др.); *оолиты* - (от греч.-яйцо) - мелкие стяжения сферической формы размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров, образующиеся путем наслоения коллоидального материала на песчинки в подвижной водной среде.

1.2. Физические свойства минералов

Минералы отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску, твердости, форме и другим свойствам. Все физические свойства находятся в прямой зависимости от химического состава и кристаллической структуры, поэтому каждый из минералов характеризуется своим набором физических свойств, позволяющим проводить их диагностику (определение).

1.2.1. Оптические свойства

Цвет

У минералов различают идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую окраски.

Идиохроматическая (от греч. «идиос» - свой, собственный и «хрома» - цвет) окраска обусловлена внутренними свойствами минерала, особенностями строения кристаллической решетки. Такую окраску имеют латунно-желтый пирит, черный магнетит, свинцово-серый галенит и др.

Аллохроматическая (от греч. «аллос» - посторонний) окраска связана с присутствием в минералах либо элементов-хромофоров (красителей), либо тонкорассеянных механических примесей. Например, очень сильным элементом-красителем является хром. Даже незначительная примесь Cr_2O_3 (0,1 %) окрашивает бесцветный минерал корунд в ярко-красный цвет, прозрачная разновидность которого называется рубином.

Наличие тонкорассеянных механических примесей оксидов и гидрооксидов железа в бесцветных минералах окрашивает последние во всю гамму красно-желтых тонов. Тонкорассеянное органическое вещество дает серые, черные цвета и т. д. Примером окраски такого рода может служить цвет галита. Чистые минералы галита прозрачны и бесцветны или имеют белый цвет. Но часто те или иные красящие пигменты обусловливают окраску различных цветов: серый (обычно глинистые частицы), желтый (*гидроксиды* железа), красный (*оксиды* железа), бурый и черный (органические вещества).

Природа окрашивания некоторых минералов кроется в нарушении однородности строения их кристаллических решеток, в возникновении в них различных дефектов (черный кварц, аметист и др.).

Псевдохроматическая (от греч. «псевдос» - ложный) окраска не имеет ничего общего с природой самого минерала. Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения. Например, на полированной поверхности минерала лабрадорита при некоторых углах поворота освещения появляются густые синие и зеленовато-синие переливы, вызванные интерференцией световых лучей, отраженных от плоскостей спайности лабрадорита. Такое явление называется иризацией.

Иногда минералы бывают покрыты тонкой поверхностной пленкой другого минерала, которая обычно имеет радужную окраску, напоминающую окраску тонких пленок нефти на поверхности воды. Подобные пленки на минералах называют побежалостью.

При определении окраски минерала обычно широко применяется метод сравнения с окраской хорошо известных предметов или веществ: яблочно-зеленый, лазурно-синий, шоколадно-коричневый и т. п. Эталонами считаются названия цветов следующих минералов: фиолетовый у аметиста, зеленый у малахита, красный у киновари, бурый у

лимонита, свинцово-серый у галенита, железо-черный у магнетита, латунно-желтый у пирита, металлически-золотистый у золота.

Прозрачность - способность минерала пропускать свет. В зависимости от этой способности все минералы делятся: на прозрачные - горный хрусталь, топаз, исландский шпат и др.; полупрозрачные - флюорит, сильвин и др.; непрозрачные - пирит, магнетит и др.

Цвет черты

Это цвет тонкого порошка минерала, который легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластики, называемой бисквитом. Цвет черты является более надежным признаком по сравнению с окраской минералов. В ряде случаев он соответствует цвету минерала (серая черта у серого галенита), но иногда цвет черты резко отличается от цвета минерала (латунно-желтый пирит оставляет черную черту). Для некоторых минералов этот признак является диагностическим. Например, очень похожие друг на друга минералы группы железа легко распознаются по цвету черты: магнетит имеет черную черту, гематит – вишневую, лимонит – желто-бурую.

Цвет черты определяется только у минералов с металлическим блеском, потому что другие минералы имеют белую или светлоокрашенную черту.

Блеск

Блеск – способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Установлено, что блеск зависит от показателя преломления минерала, т. е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе из воздушной в кристаллическую среду. Минералы с показателем преломления 1,3-1,9 имеют *стеклянный* блеск, с 1,9-2,6 — *алмазный* блеск. *Полуметаллический* блеск отвечает минералам с показателем преломления 2,6-3,0 и *металлический* – выше 3,0. Металлический блеск отвечает отражению полированной поверхности металла. Такой блеск характерен для непрозрачных минералов. Примером могут служить минералы пирит, галенит, халькопирит. Полуметаллический блеск напоминает блеск потускневшего металла. Он характерен для гематита, графита и др. Наиболее широко распространен стеклянный блеск, на его долю приходится около 70 % минералов. Стеклянным блеском обладают горный хрусталь, кальцит, корунд, флюорит, амфиболы, пироксены, полевые шпаты и другие минералы.

Более сильным, чем стеклянный, является алмазный блеск, характерный, например, для алмаза, серы.

Блеск минерала зависит также от характера его поверхности. Если поверхность неровная, то отраженный свет несколько рассеивается, преобразуя стеклянный и алмазный блески в так называемый жирный. Порошковатые рыхлые минералы, обладающие тонкой пористостью, имеют матовый блеск, так как микроскопические поры являются своего рода «ловушками» для света. Примерами могут служить каолинит, землистые массы лимонита и др.

У минералов с параллельно-волокнистым строением наблюдается типичный шелковистый блеск (асбест), полупрозрачные «слоистые» и пластинчатые минералы имеют перламутровый отлив.

1.2.2. Механические свойства

Спайность и излом

Спайностью называют свойство минералов раскалываться по определенным направлениям, обусловленным строением их кристаллических решеток, образуя при этом ровные площади – плоскости спайности. Это свойство минералов связано исключительно с внутренним их строением и не зависит от внешней формы кристаллов. Например, при раскалывании кристаллов кальцита самой разнообразной формы получается спайный выколок всегда одной и той же формы – ромбоэдр, кристаллов флюорита – октаэдр, галенита и галита – куб.

По степени совершенства различают следующие виды спайности: *весьма совершенная* - минералы легко расщепляются на тонкие листочки, чешуйки (мусковит, биотит, хлорит, тальк, графит); *совершенная* — минералы при ударе раскалываются на обломки, со всех сторон ограниченные тремя и более плоскостями спайности (кальцит, флюорит, галенит, галит); *средняя* – минералы раскалываются на обломки, ограниченные двумя плоскостями спайности и неровными поверхностями по случайным направлениям (полевые шпаты, роговая обманка, пироксен); несовершенная – минералы раскалываются на обломки, ограниченные неровными поверхностями и одной плоскостью спайности (корунд, апатит); весьма несовершенная или отсутствует – минералы раскалываются только по случайным направлениям с неровными поверхностями (кварц, магнетит, пирит).

Чтобы не спутать грани кристаллов с плоскостями спайности необходимо помнить, что направление спайности дает систему взаимопараллельных плоскостей или трещин. При определении спайности в агрегате выбирается одно или несколько наиболее крупных зерен и в них наблюдаются плоскости спайности. Если угол спайности, например, равен 90 градусам, то излом *ступенчатый*, а если угол спайности острый – излом *занозистый.*

Неровные поверхности, получаемые при расколе минерала по случайным направлениям, называют *изломом.* Наиболее распространен *неровный* излом, но иногда наблюдаются и другие виды: *гладкий*, *раковистый* – излом характерен для минералов с весьма несовершенной спайностью, напоминает поверхность раковины с концентрической скульптурой (кварц, пирит); *ступенчатый*, *занозистый* – излом характерен для игольчатых или волокнистых минералов (селенит). Излом, как и спайность, определяется внутренним строением минерала, его кристаллической решеткой.

Твердость, хрупкость, ковкость, упругость

Под твердостью минерала подразумевается степень его сопротивления внешним механическим воздействиям. В минералогической практике применяют наиболее простой способ определения твердости - царапанье одного минерала другим, т. е. устанавливается относительная твердость минерала. Для оценки относительной твердости немецким минералогом Ф. Моосом была предложена шкала, состоящая из десяти минералов, каждый из которых, обладая более высокой твердостью, своим острым концом царапает все предыдущие с меньшими номерами. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами.

Шкала Мооса представлена следующими минералами:

Тальк	$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	1
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2
Кальцит	$CaCO_3$	3
Флюорит	CaF_2	4
Апатит	$Ca_5[P0_4]_3(F,C1)$	5
Ортоклаз	$K[A1Si_30_8]$	6
Кварц	SiO_2	7
Топаз	$A1_2[SiO_4]F_2$	8
Корунд	$A1_20_3$	9
Алмаз	C	10

Для определения твердости исследуемого минерала устанавливают, какой эталон с максимальным номером он царапает. Например, если испытуемый минерал царапает апатит, но оставляет порошок, т. е. истирается на ортоклазе, значит его твердость выше 5, но ниже 6 и оценивается в 5.5.

Относительную твердость можно определить, не имея шкалы Мооса, используя некоторые заменители. Так, твердость ногтя – 2,5; медной монеты – 3,0-3,5; оконного стекла – 5,0; стального ножа – 6,0; напильника – 7,0. Твердость порошковатых разностей бывает занижена по сравнению с твердостью этого минерала в крупных зернах.

Под хрупкостью понимают свойство минерала крошиться при проведении по нему черты ножом. Противоположный эффект – гладкий блестящий след – свидетельствует о свойстве минерала деформироваться пластически. Ковкие минералы расплющиваются под ударом молотка в тонкую пластинку, упругие – способны восстанавливать форму после снятия нагрузки (слюды, асбест).

1.2.3. Прочие свойства

Удельный вес

Удельный вес может быть точно замерен только в лабораторных условиях различными методами; приблизительное суждение об удельном весе можно получить путем сопоставления с распространенными минералами, удельный вес которых принимается за эталон. Все минералы по удельному весу можно разделить на три группы: *легкие* - с удельным весом меньше 3 г/см^3 (галит, гипс, кварц и др.); *средние* - с удельным весом порядка 3-5 г/см^3 (апатит, корунд, пирит и др.); *тяжелые* - с удельным весом больше 5 г/см^3 (галенит, золото и др.).

1.2.4. Специфические свойства

Некоторые минералы обладают особыми, характерными только для них свойствами, когда нет необходимости определять их в других индивидах.

Магнитность. Сравнительно небольшое число минералов обладает свойством воздействовать на магнитную стрелку. Для минералов, обладающих магнитностью, это свойства имеет важное диагностическое значение. Минералы, обладающие ярко выраженными ферромагнитными свойствами, могут притягивать даже мелкие железные предметы - опилки, булавки (магнетит). Менее магнитные минералы (парамагнитные) слабо притягиваются магнитом (пирротин), и, наконец, имеются минералы, которые отталкивают магнитную стрелку, - самородный висмут.

Реакция с соляной кислотой. С соляной кислотой взаимодействуют минералы из класса карбонатов:

- кальцит $CaCO_3$ - бурно реагирует, "вскипая" в кислоте;
- доломит $CaMg(CO_3)_2$ - «вскипает» только в порошке;
- магнезит $MgCO_3$ - не реагирует с кислотой.

Двойное лучепреломление. Двупреломление света – разложение светового луча, входящего в кристалл, на два. Это свойство характерно для карбонатов, особенно для прозрачной разновидности кальцита – исландского шпата. При наложении исландского шпата на рисунок или текст явственно заметно раздвоение изображения.

Физиологические свойства. (Воздействие на вкусовые, обонятельные и тактильные анализаторы человека). Ряд минералов можно определить по вкусу. Например, галит имеет соленый вкус, сильвин – горько-соленый. Эти минералы, кроме того, растворяются в воде. Другие минералы можно различить по запаху. При горении серы ощущается запах сернистого газа, в то время как горящий янтарь издает ароматический запах. Существенна также степень шероховатости минералов, т. е. ощущение, возникающее при прикосновении к минералу. Есть минералы жирные на ощупь (тальк), гладкие (горный хрусталь) и шершавые (каолин).

1.3. Классификация минералов

Существует несколько классификаций минералов, в основу каждой из которых положены различные признаки. Наиболее признанной является кристаллохимическая классификация, в основе которой лежит в равной мере химический состав и кристаллическая структура минералов. По этой классификации выделяется большое количество классов, из которых в данном курсе будут рассмотрены лишь следующие: 1 - самородные элементы, 2 - сульфиды 3 - галогениды, 4 - оксиды и гидрооксиды, 5 - карбонаты, 6 - сульфаты, 7 - фосфаты и 8 - силикаты.

Класс 1 - самородные элементы – некоторые химические элементы в свободном минеральном состоянии. К ним относят: *металлы* - золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu) и др.; *полуметаллы* - мышьяк (As), висмут (Bi); *неметаллы* - графит (C), сера (S) и др.

Класс 2 – сульфиды – соли сернистой кислоты H_2S. Наиболее характерными признаками, свойственными большинству сульфидов, являются сильный металлический блеск и высокий удельный вес. Сюда относят минералы: пирит – FeS_2, халькопирит – $CuFeS_2$ и галенит – PbS.

Класс 3 – галогениды – соли соляной кислоты HCl (*хлориды*) и соли плавиковой кислоты HF (*фториды*). Для них характерны низкая твердость (2-4), прозрачность и совершенная спайность. К этому классу относят галит – NaCl, сильвин – КС1 и флюорит – CaF_2.

Класс 4 – оксиды и гидрооксиды – соединения металлов и неметаллов с кислородом и водой H_2O. Для оксидов характерна прочность кристаллической решетки, чем обусловлена их высокая твердость (5-9). К этому классу относят корунд – $A1_2O_3$, кварц – SiO_2, опал – $SiO_2 \cdot nH_2O$ и минералы группы железа: магнетит – Fe_3O_4, гематит – $Fe_2O_3 \cdot n\ H_2O$.

Класс 5 – карбонаты – соли угольной кислоты H_2CO_3. Большая часть карбонатов бесцветна, твердость невысокая (3), характерна совершенная спайность по ромбоэдру и эффект двойного лучепреломления. К этому классу относят кальцит – $CaCO_3$, доломит – $CaMg(CO_3)_2$, магнезит – $MgCO_3$.

Класс 6 – сульфаты – соли серной кислоты H_2SO_4. В технических науках их называют купоросами. Для минералов этого класса характерна низкая твердость (2-3,5) и пестрые цвета окраски. К ним относят гипс – $CaSO_4 \cdot 2H2O$ и ангидрит – $CaSO_4$, медный купорос – $CuSO_4$ и железный купорос – $FeSO_4$.

Класс 7 – фосфаты – соли ортофосфорной кислоты H_3PO_4. Характерна средняя твердость (5) и светлая окраска. Сюда относят минерал апатит – $Ca_5[PO_4]_3(F,C1)$.

Класс 8 – силикаты – самая обширная группа породообразующих минералов, содержащих SiO_2. Основой кристаллической решетки силикатов является скелет из кремнекислородных тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ (рис.5,а). Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут находиться либо в виде изолированных друг от друга структурных единиц $[SiO_4]$, либо сочленяются друг с другом разными способами. В зависимости от способа их сочленения выделяют следующие подклассы:

Островные силикаты с изолированными тетраэдрами (см. рис.5, а) представлены оливином. Для них характерны повышенные твердость и удельный вес, а также изометричные формы кристаллов.

Цепочечные силикаты с одинарными цепочками тетраэдров (см. рис. 5, б) представленные пироксенами;

Ленточные силикаты со сдвоенной цепочкой тетраэдров (см. рис. 5, в) представлены роговой обманкой. Несмотря на существенное различие в количественных соотношениях компонентов, цепочечные и ленточные силикаты имеют много общих

свойств: удлиненная форма кристаллов, средняя спайность в двух направлениях, твердость 5-6, темный цвет.

Листовые силикаты с непрерывными слоями кремнекислородных тетраэдров представлены слоями кремнекислородных тетраэдров (рис. 5, г). Сюда относят слюды (биотит, мусковит), хлорит, тальк, каолинит, серпентинит. В прямой зависимости от кристаллической структуры находится важное диагностическое свойство этих силикатов - весьма совершенная спайность, а также гексагональная форма кристаллов.

Каркасные силикаты с непрерывными трехмерными каркасами тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ представлены почти исключительно алюмосиликатами, в которых часть ионов Si^{4+} в кремнекислородных тетраэдрах замещена на ионы $A1^{3+}$. Для этих силикатов характерна светлая окраска и твердость 5-7.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Основная цель работы – знакомство с минералами и изучение их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 1. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов	Физические свойства минералов						Приме-чание
		цвет	цвет черты	блеск	спай-ность	твер-дость	спец. св-ва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

Часть 2

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

2.1. Общие сведения о магматических горных породах

Магматические горные породы образуются в результате затвердевания магмы на глубине или на земной поверхности при вулканических извержениях. Магматические породы также называют изверженными.

Магма (от греч. «густая мазь») — огненно жидкий, главным образом силикатный расплав, возникающий в верхней мантии или в земной коре. Магма содержит большое количество растворенных газов и паров воды (F, C1, CO_2, H_2O и др.). На большой глубине магма находится под очень большим всесторонним давлением и обладает высокой температурой.

Поднимаясь вверх, магма внедряется в твердые и относительно холодные породы, которым она отдает свое тепло, начинает охлаждаться и кристаллизоваться. Большую роль в процессе кристаллизации играют летучие компоненты: пары воды и газа, способствующие и часто определяющие скорость кристаллизации минералов.

Поднимаясь вверх, магма оказывается в различных термодинамических условиях.

На значительных глубинах при медленном остывании магмы и сохраняющемся большом давлении происходит постепенная, последовательная и полная кристаллизация расплава. Последовательность в кристаллизации магмы связана с существованием минералов с разной температурой плавления. Тугоплавкие минералы кристаллизуются при более высоких температурах, когда другие еще находятся в расплаве.

К тугоплавким относят минералы, содержащие Fe и Mg (железисто-магнезиальные силикаты: оливин, авгит, роговая обманка, биотит и др.). При понижении температуры последовательно кристаллизуются и другие минералы.

Таким образом, на больших глубинах весь силикатный расплав превращается в агрегат тех или иных минералов, образуется полнокристаллическая горная порода. Долго сохраняющиеся условия высоких температур и давления создают благоприятные условия роста для всех минералов, в результате образуются полнокристаллические и равнокристаллические структуры пород с более или менее одинаковым размером зерен всех минералов.

На средних и небольших глубинах условия кристаллизации магмы менее стабильны и более разнообразны.

Если масса и температура расплава, внедрившегося на средних глубинах, достаточно велики для прогрева вмещающих пород и давление является достаточным для удержания в расплаве летучих компонентов, происходит также полная раскристаллизация расплава и образуется полнокристаллическая порода. При этом центральные части получают равнокристаллическое, а краевые — неравнокристаллическое строение в связи с относительно быстрым охлаждением на контакте с вмещающими породами и частичной потерей летучих компонентов. Летучие компоненты для некоторых минералов являются катализаторами и заметно повышают скорость их роста, тогда при полнокристаллическом строении возникает большая разница в размерах зерен разных минералов, могут возникать порфировидные структуры.

На небольших глубинах температура и давление магмы могут быть недостаточными для ее полной кристаллизации. В таких условиях часть магмы успевает раскристаллизоваться и превратиться в минеральные зерна — вкрапленники, а другая часть затвердевает в виде вулканического стекла — аморфной массы, в которой могут быть зародыши кристаллов — микролиты, хорошо различимые только под микроскопом. В этих условиях образуются неполнокристаллические породы.

При вулканических извержениях магма либо изливается на земную поверхность (или на дно водного бассейна) в виде лавы, либо при взрывах выбрасывается в воздух на разную высоту, застывает и падает на поверхность в виде твердых частиц и обломков разного размера (вулканический пепел, песок, лапилли, вулканические бомбы), давая начало пирокластическим горным породам обломочного строения. Последние образуют особую группу вулканических пород и будут рассмотрены ниже.

Магма, излившаяся на поверхность в виде лавы, попадает в условия резкого понижения температуры и давления и связанной с этим почти полной потери летучих компонентов, что приводит к быстрому затвердеванию лавы. При этом если расплав поднимается медленно и с больших глубин и до выхода на поверхность в нем произошла частичная кристаллизация, то есть образовались кристаллы минералов, то при затвердевании на поверхности образуются неполнокристаллические породы. При быстром движении расплав не успевает кристаллизоваться и застывает на поверхности в виде вулканического стекла, образуя стекловатую породу, в которой кристаллы почти или полностью отсутствуют.

По условиям образования магматические горные породы подразделяют на следующие виды.

1. **Интрузивные** (внедрившиеся):
   - глубинные (абиссальные),
   - полуглубинные (гипабиссальные).

2. **Вулканические**:
   - эффузивные (излившиеся),
   - пирокластические.

Интрузивные, или внедрившиеся (от лат. «интрузио» — внедрение), горные породы образуются при застывании магмы под земной поверхностью и по глубине застывания делятся на глубинные и полуглубинные.

Глубинные, или абиссальные (от греч. «абиссос» — бездонный), или плутонические, породы формируются на больших глубинах, в условиях длительно сохраняющихся высоких температур и давлений и характеризуются полной раскристаллизацией магматического расплава.

Полуглубинные (гипабиссальные) горные породы, затвердевшие на средних и небольших глубинах, по условиям образования являются промежуточными между глубинными интрузивными и эффузивными. Температура и давление магмы на разных глубинах меняются по-разному, и могут возникать как полно-, так и неполнокристаллические породы.

Излившиеся, или **эффузивные,** породы (от лат. «эффузио» — излияние) образуются при излиянии лавы на дневную поверхность, где резко понижаются температура и давление. Эффузивные породы характеризуются неполной кристаллизацией или быстрым затвердеванием расплава в виде вулканического стекла.

Различия в условиях образования магматических пород четко отражаются на их внешнем облике и легко распознаются макроскопически по характеру структуры и текстуры.

2.2. Структуры и текстуры магматических горных пород

Структуры магматических горных пород макроскопически классифицируются по степени кристалличности вещества, относительному и абсолютному размеру зерен.

По *степени кристаллизации* магматического расплава выделяют следующие структуры:

полнокристаллические, когда все вещество раскристаллизовано в агрегат минералов;

неполнокристаллические, когда часть расплава раскристаллизовалась и образовались минеральные зерна, а другая часть затвердела в виде вулканического стекла;

стекловатые, когда вся порода представлена вулканическим стеклом. Для глубинных пород характерны полнокристаллические структуры, для полуглубинных — полно- и неполнокристаллические, а для излившихся — неполнокристаллические и стекловатые структуры.

По *относительному размеру* минеральных зерен выделяют структуры:

равнокристаллические (равномерно-кристаллические). Если порода полнокристаллическая по степени кристаллизации и размеры минеральных зерен близки по величине;

неравнокристаллические структуры выделяются как для полнокристаллических, так и для неполнокристаллических пород.

Для полнокристаллических различают:

неравнокристаллические, когда размер минеральных зерен различается не резко;

порфировидные, если одни зерна по размеру резко отличаются от других.

Для неполнокристаллических пород различают:

порфировые, состоящие из нераскристаллизованной части исходного расплава, которая вне зависимости от ее количества в породе называется «основной массой», и раскристаллизованной — «вкрапленников», представленных кристаллами минералов;

афировые, если порода состоит из основной массы без вкрапленников .

Равно- и неравнокристаллические и порфировидные структуры характерны для интрузивных пород, порфировые и афировые — для эффузивных и близповерхностных полуглубинных пород.

Для пород полно- и равнокристаллических выделяют *структуры по абсолютному размеру зерен*, см:

Гигантокристаллические	> 1
Крупнокристаллические	1-0,3
Среднекристаллические	0,3-0,1
Мелкокристаллические	0,1-0,05
Скрытокристаллические (афанитовые)	< 0,05

Все вышеперечисленные структуры, от гиганто- до скрытокристал-лической, характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных пород, афанитовые — для основной массы эффузивных пород (вкрапленники при этом могут иметь различные размеры).

Среди многочисленных структур, выделяемых по взаимоотношениям минералов в породе, макроскопически хорошо различима *пегматитовая (письменная)*, характеризующаяся закономерным прорастанием полевого шпата кварцем, образующим клинообразные зерна, напоминающие древнееврейские письмена, откуда и произошло название структуры.

Текстуры изверженных горных пород подразделяют на компактные, когда нет пор и пустот, и некомпактные, если есть в породе пустоты и поры. К компактным текстурам относят: *массивную, пятнистую, флюидалъную, полосчатую, миндалекаменную;* к некомпактным — *пористую, пенистую, пузырчатую.*

Массивная текстура отличается беспорядочным расположением минеральных зерен, она наиболее характерна для интрузивных пород, нередко встречается и в эффузивных породах.

Пятнистую текстуру выделяет при неравномерном распределении светлых и темных минералов в породе. Встречается реже, главным образом в интрузивных породах.

Флюидальная текстура отличается ориентированным расположением удлиненных кристаллов, например столбиков роговой обманки, что отражает вязкое течение магмы или лавы в процессе застывания, при котором удлиненные кристаллы, как бревна в реке, располагаются своими длинными осями по направлению течения более или менее параллельно друг другу.

Флюидальная текстура может проявляться также в *полосчатости,* характеризующейся различиями в составе или структуре полос.

Некомпактные текстуры характерны для эффузивных пород и связаны с выделением из лавы летучих компонентов, после чего в затвердевшей лаве остаются пустоты округлой или миндалевидной формы.

Если пустоты мелкие (до нескольких миллиметров), образуется *пористая,* более крупные — *пузырчатая текстура*. В особо благоприятных условиях пары и газы могут вспенивать лаву, и при застывании образуется *пенистая,* или *пемзовая, текстура,* в которой пустоты по объему преобладают.

Миндалекаменная (мандельштейновая) текстура характерна для эффузивных горных пород и образуется в результате заполнения пор и пустот в затвердевшей лаве вторичными минералами (кварц, халцедон, кальцит, хлорит и др.). Образовавшиеся миндалины обычно выделяются своим более светлым цветом на фоне темно-серой или черной породы. От вкрапленников миндалины отличаются округлой или миндалевидной формой. Горные породы с миндалекаменной текстурой называют мандельштейнами.

2. 3. Классификация магматических горных пород по химическому и минеральному составам

В основу классификации магматических горных пород положены химический и минеральный составы и структурные особенности пород (см. таблицу).

Химический анализ магматических горных пород показывает, что они состоят в основном из восьми оксидов: SiO_2, $A1_2O_3$, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O. В значительно меньших количествах присутствуют TiO_2, MnO, P_2O_5, H_2O и некоторые другие. Из главных оксидов только SiO_2 присутствует во всех магматических породах в значительных количествах. Оксид SiO_2 и принят за основу химической классификации изверженных горных пород.

По содержанию кремнезема (оксида SiO_2) магматические породы подразделяют на четыре группы:

- кислые (SiO_2 = 64-78 %),
- средние (SiO_2 = 53-64 %),
- основные (SiO_2 = 44-53 %),
- ультраосновные (SiO_2 = 30-44 %).

Границы между этими группами магматических пород в известной мере являются условными, так как между породами соседних групп существуют постепенные переходы.

Важным показателем для классификации является содержание в магматической породе щелочей. По сумме щелочей (Na_2O + K_2O) выделяют три ряда магматических пород: нормальной щелочности (низкощелочные, известково-щелочные), субщелочные (умеренно-щелочные) и щелочные (с высокой щелочностью).

Границы содержаний суммы щелочей для выделения рядов значительно варьируют в зависимости от группы магматических пород по содержанию оксида SiO_2.

По относительному количеству железисто-магнезиальных силикатов в объемных процентах (M — цветное число) магматические породы подразделяют на ультрамафические (M > 70), мафические (70 > M > 20) и салические (M < 20).

Химический состав магматических пород взаимосвязан с комплексом слагающих их минералов. Минералами — показателями степени кислотности (содержания оксида SiO_2) являются кварц и оливин. Кислые породы отличаются значительным содержанием кварца. Для основных и ультраосновных пород характерен оливин, а кварц может встречаться только как второстепенный (менее 5 %) минерал и макроскопически обычно не виден. Средние по степени кислотности породы, занимая промежуточное положение и по минералогическому составу, являются переходными между кислыми и основными породами. В них выделяют средние кварцевые, переходные к кислым, и средние бескварцевые, переходные к основным породы.

Количество железисто-магнезиальных темноцветных минералов постепенно увеличивается от кислых к основным и ультраосновным породам. Некоторые разности основных и все ультраосновные породы состоят почти на 100 % из цветных силикатов и относятся к ультрамафитам.

Содержание полевых шпатов уменьшается от кислых к основным породам. В кислых и средних породах полевые шпаты развиты широко, в основных — количество их уменьшается, а ультраосновные породы являются бесполевошпатовыми.

Высокая щелочность магматических пород определяется присутствием щелочных минералов, таких как нефелин, калиевый полевой шпат и другие.

Химический и минералогический состав определяют цвет магматической породы: чем кислее порода, тем она светлее, чем основнее — тем темнее. Кислые и средние породы обычно бывают серыми или цветными (розовыми, красными, желтыми), основные — темно-серыми или черными, ультраосновные — черными или темно-зелеными.

Условия образования не оказывают существенного влияния на химический и минеральный состав изверженных пород. Поэтому в классификации по степени кислотности

Классификация магматических горных пород нормальной щелочности

	Группы пород по содержанию SiO_2 (в масс. %)							
	кислые (78-64)		средние (64-53)		основные (53-44)		ультраосновные (44-30)	
	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся
Породы нормальной щелочности	Гранит, гранодиорит	Риолит, обсидиан, дацит	Диорит	Андезит	Габбро	Базальт	Дунит, перидотит, пироксенит, горнблендит	Пикрит, коматиит
Породо-образующие минералы	**Кварц,** КПШ, биотит, кислый плагиоклаз В обсидиане, пемзе - стекло		Средний плагиоклаз, роговая обманка, пироксен		Основной плагиоклаз, пироксен, роговая обманка, оливин		Оливин, пироксен, роговая обманка	
Количество кварца	15-40 %		-		-		-	
Цвет излившихся пород		Белый, серый, светлые тона		Темно-серый, коричневый		Черный		Черный
Количество темно-цветных минералов в глубинных породах	10-15 ± 5 %		25 ± 15 %		50 ± 15 %		100 %	

изверженных пород в одну группу объединяют различные по происхождению (интрузивные, эффузивные, жильные), но близкие по химическому и минеральному составу.

Первоначальный минералогический состав магматических пород может заметно меняться в результате вторичных изменений.

Магматические горные породы весьма разнообразны, но лишь немногие из них распространены в земной коре широко. Наиболее широко развиты породы основного и кислого состава.

В земной коре среди магматических пород *около 70 %* составляют *основные* породы, а *кислые* и *средние* вместе — *около 30 %.* На ультраосновные породы приходится незначительная доля процента.

При этом среди эффузивов самыми распространенными являются лавы основного состава (базальты), а среди интрузивных образований — кислые породы (граниты и гранодиориты).

Среди всех типов по степени кислотности (кислые, средние и т. д.) наиболее широко распространены магматические породы нормальной щелочности (известково-щелочные). Однако субщелочные и щелочные породы хотя и развиты меньше, но не являются редкими.

В таблицах приводится характеристика наиболее часто встречающихся разновидностей глубинных (плутонических) и эффузивных пород.

Порядок описания интрузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

Порядок описания эффузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
5. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
6. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
7. Вывод: название, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
8. Глубинный аналог.

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

Часть 3

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

3.1. Общие сведения о метаморфизме

Горные породы после формирования могут попасть в такую геологическую обстановку, которая будет существенно отличаться от обстановки образования породы и на нее будут оказывать влияние различные эндогенные силы: тепло, давление (нагрузка) вышележащих толщ, глубинные флюиды, растворы и газы, вода, водород, углекислота и др. Изменение магматических и осадочных пород в твердом состоянии под воздействием эндогенных факторов и называется **метаморфизмом**. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические. В физико-химических условиях, отличных от тех, в которых образовались горные породы, происходит изменение их минерального состава, структуры и текстуры. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать **изохимически**, т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и **метасоматически**, т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы, без существенного расплавления пород. Лишь при определенных физико-химических условиях метаморфизм сопровождается частичной или полной кристаллизацией исходных пород. Процессы подобного характера объединяются под названием **ультраметаморфизма.**

В зависимости от интенсивности метаморфических процессов наблюдается постепенный переход от слабо измененных, сохраняющих состав и структуру исходных разностей, до глубоко преобразованных пород, первичная природа которых практически утрачена. Метаморфические отложения широко распространены в земной коре.

Метаморфизм - процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды. Он реализуется преимущественно путем перекристаллизации пород без существенного плавления под воздействием меняющихся температур, давлений, газовой (флюидной) среды. Преобразуя свой минеральный состав, порода, таким образом, приспосабливается к изменившимся термодинамическим (Т-Р) условиям.

Название термина происходит от греческого слова metamorpho – преобразование, превращение. Метаморфическим преобразованием могут подвергаться изначально осадочные, магматические и (повторно) метаморфические породы. При этом исходные породы, как правило, после таких преобразований полностью теряют свой первоначальный облик.

Факторами метаморфизма, т. е. непосредственными причинами преобразования пород, являются: давление (Р), температура (Т), а также растворы и газы (флюиды), пронизывающие толщи горных пород.

Давление при метаморфических преобразованиях может быть обусловлено рядом причин: давлением нагрузки вышележащих толщ (литостатическим - Рл), динамическим давлением тектонического движения (стрессовым - Рс), давлением движущейся магмы (Рм), а также давлением поровых (гидротермальных и флюидных) растворов (Рф). Главным среди отмеченных причин следует считать тектоническое или стрессовое давление, способное достигать десятков тысяч атмосфер и распространяться на огромные пространства. При проявлении тектонического или стрессового давления роль нагрузки вышележащих пород может оказаться незаметной, а проявление магматического и порового давления флюидов на таком фоне может повлиять на характер минеральных преобразований лишь локально, в местах их проявления.

Температура метаморфических преобразований могут быть обусловлены

несколькими причинами и достигать уровней, когда порода начинает плавиться, т. е. 1000 - 1200 °С. Всегда существует температурный фон, обусловленный глубиной погружения пород, т. е. геотермическим градиентом (Тг), составляющим обычно около 30°/1 км. Однако основные тепловые превращения в породе осуществляются за счет тектонических подвижек (Тс), а также нередко сопровождающих такие движения аномальных глубинных тепловых потоков (Тф). На контакте с магматическими породами преобразование осуществляется за счет прогрева пород очагом остывающей магмы (Тм).

Гидротермальные растворы и флюиды, которые способны привносить или выносить различные химические компоненты, могут влиять на характер минералообразования, создавать специфическую окислительную или восстановительную (Eh), а также кислую либо щелочную (pH) среды.

Глубинные флюиды насыщены, прежде всего, парами воды и углекислоты, а также более редкими соединениями водорода, хлора, фтора и др.

3.2. Типы метаморфизма

В зависимости от сочетания упомянутых выше факторов выделяются те или иные типы метаморфизма. Наиболее простая схема типов метаморфизма, выделяющихся в зависимости от термодинамических (Р, Т) параметров, показана на рис. 1, а геологические условия их проявления - на рис. 2. Можно говорить о контактовом типе метаморфизма, когда порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а также динамическом, когда основным фактором выступает давление, и динамотермальном, когда проявляются оба фактора одновременно. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления (рис. 2).

Контактовый тип метаморфизма проявляется в породах обрамления магматических тел, на контакте с ними, поэтому он называется контактовым. Температура магматических тел колеблется в интервале 800-1200° С, а вмещающие породы, разогретые первоначально за счет геотермического градиента, могут быть относительно «холодным». Ширина зоны (ореол) контактового метаморфизма зависит, главным образом, от объема магматического очага и может достигать нескольких километров. Если вмещающая порода разогрета жильным магматическим телом (пегматитовая жила, дайка гранитоидов и т. д.), то прогретой бывает лишь узкая полоса в несколько метров.

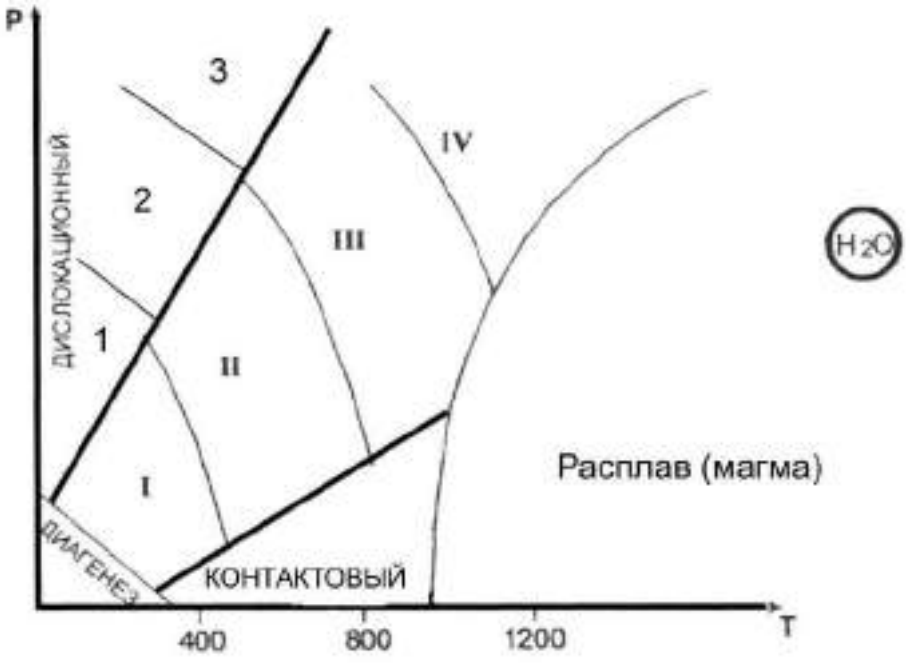


Рис. 1. Типы метаморфизма

Фации умеренного давления: I – зеленосланцевая, II – Эпидот-амфиболитовая, III – амфиболитовая, IV – гранулитовая

Фации высокого давления: 1– глаукофановая, 2 – дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов, 3 – эклогитовая

Весьма существенную роль при контактовом метаморфизме играет химический состав магмы и вмещающих пород, а точнее, контрастность состава между ними. В случае резкого контраста между многокомпонентной магмой и вмещающими породами на их контакте протекают диффузионные процессы взаимного проникновения, меняющие как состав внешней оболочки магматического тела, так и состав вмещающих пород. Такой процесс перекристаллизации пород, протекающий с существенным изменением их первичного химического состава, называется **метасоматозом**. Обычно метасоматоз сопровождается интенсивной гидротермальной и флюидной проработкой, способствующей привносу и выносу химических компонентов. Типичными представителями таких контактово-метасоматических процессов (на границе между силикатными магмами и известняками) являются скарны. С другой стороны, в случае, если силикатная магма находится в контакте с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, то формируются роговики - прогретые и перекристаллизованные продукты метаморфизма первичных пород без проявления метасоматоза.

Дислокационный метаморфизм протекает в условиях высокого стрессового давления, под воздействием тектонических движений по крупным разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород с

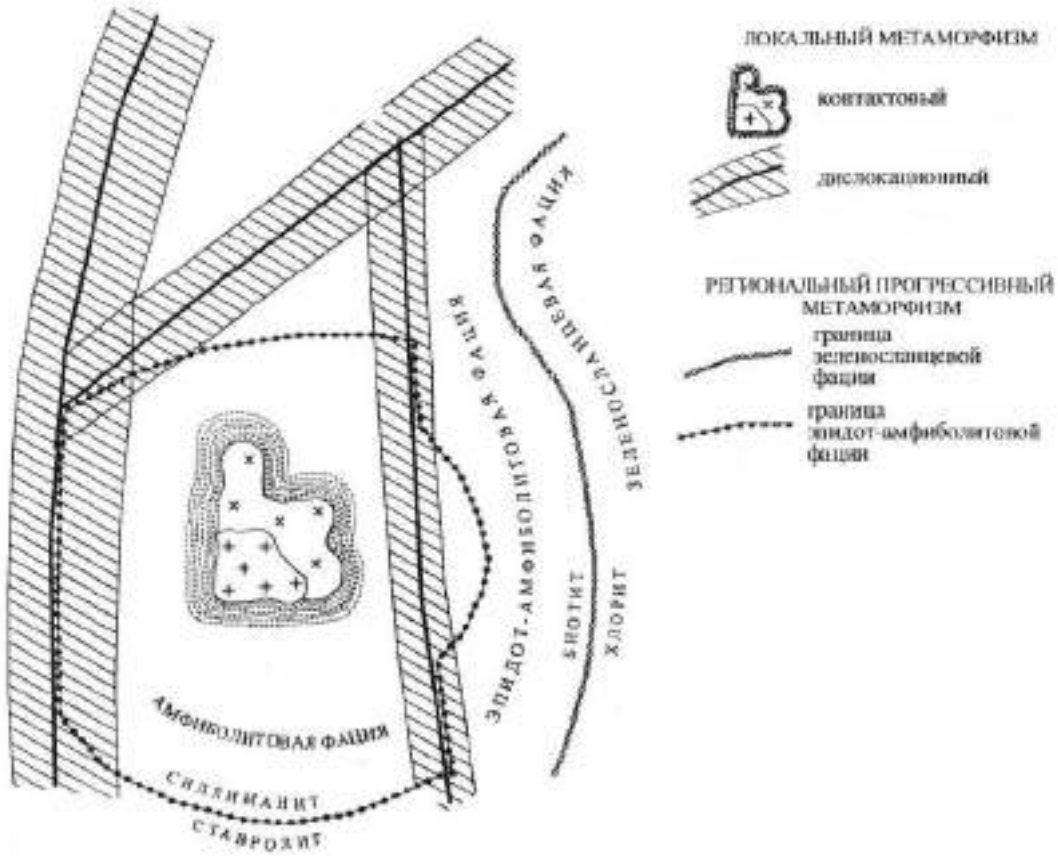


Рис. 2. Схематическая карта метаморфизма

образованием структур катаклаза, а под действием проникающих в ослабленные зоны флюидов (гидротермальных растворов), горные породы подвергаются частичной или полной перекристаллизации и цементации.

Новообразованными минералами - индикаторами высоких давлений являются кианит, глаукофан, пироп, омфацит (пироксен), алмаз. Эти минералы фиксируют давления больших глубин, где всегда имеется и некоторый температурный фон, создаваемый геотермальным градиентом. В приповерхностных условиях можно наблюдать и неперекристаллизованные брекчии, милониты, филлониты.

Процессы контактового и дислокационного типов метаморфизма протекают в ограниченных пространствах, т. е. развиваются локально. Контактовый метаморфизм проявляется в виде узкой полосы вокруг магматических тел, а дислокационный – такой же полосой сопровождает тектонические трещины, в связи с чем эти два тип метаморфизма объединяются под общим названием **локальный метаморфизм** (рис. 3).

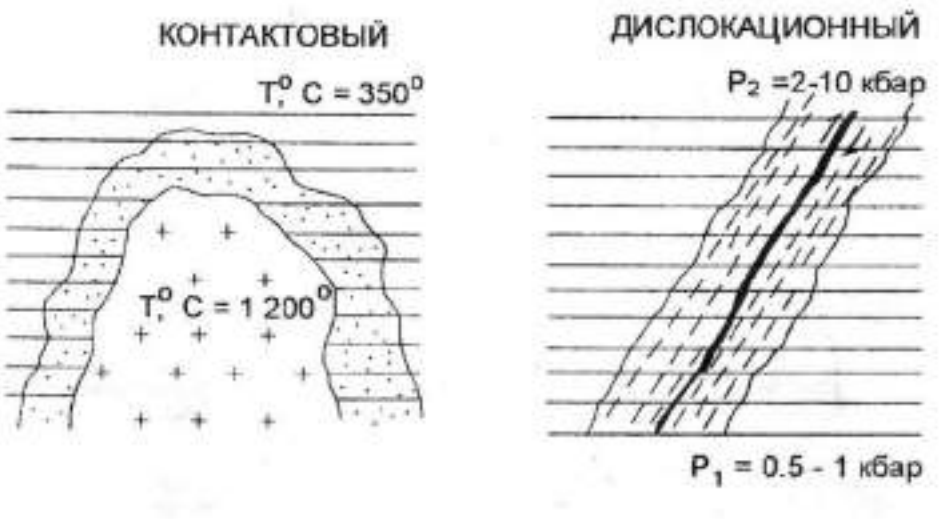


Рис. 3. Локальные типы метаморфизма

В противоположность локальному выделяют **региональный метаморфизм.** Региональный метаморфизм – широкомасштабный процесс, охватывающий огромные территории в пределах подвижных поясов земной коры. Главными его факторами являются температура и давление, а также воздействие воды и углекислоты, содержащихся в исходных породах и способствующих ходу химических реакций. Преобразование горных пород, происходящее на глубине без существенного плавления и метасоматоза, сопровождается перекристаллизацией и развитием новых минералов в условиях расплющивания и пластического течения вещества, что приводит к появлению характерной для метаморфических образований ориентированности (параллельному расположению) минеральных зерен. Породы регионального метаморфизма имеют наиболее широкое распространение.

Метасоматоз контактовый – процесс метасоматического изменения горных пород в контакте с интрузивными телами. При метасоматозе возникают как экзометасоматиты, то есть контактовоизмененные вмещающие породы под воздействием внедрившихся в них интрузий, так и эндометасоматиты, являющиеся продуктами изменения самих интрузивных образований при биметасоматических реакциях. Температурный режим этих процессов изменяется от 900 до 300-200 ºС. Примерами контактового метасоматоза могут служить скарнообразование, грейзенизация и пр.

1.2. Фации метаморфизма

В зависимости от параметров метаморфизма и минерального состава образующихся пород выделяют **фации метаморфизма**, понимая под этим термином совокупности горных пород, минеральный состав которых находится в равновесии при данных условиях метаморфизма.

Для метаморфических пород, в соответствии с типами метаморфизма, выделяют две группы фаций:

- фации умеренных давлений (региональный метаморфизм);

- фации высокого давления (дислокационный метаморфизм).

Метаморфические породы **умеренных давлений** подразделяются на четыре фации. По мере возрастания P-T условий регионального метаморфизма выделяют: 1 – зеленосланцевую фацию; 2 – эпидот-амфиболитовую фацию; 3 – амфиболитовую фацию; 4 – гранулитовую фацию. Название фации определяется по типичной породе, сложенной определенной ассоциацией минералов. В области термодинамических условий гранулитовой (иногда амфиболитовой) фации в породе может отмечаться частичное плавление, такое преобразование называют ультраметаморфизмом. Это переходная зона от метаморфизма к магматизму, сложенная мигматитами.

Фация зеленых сланцев (зеленосланцевая) соответствует наиболее низкотемпературной ступени регионального метаморфизма и объединяет породы, сформировавшиеся в температурном интервале 250-450 °C при давлении от 1,5 до 3 кбар. Широкое развитие минералов зеленого, светло-зеленого цвета (хлорита, актинолита, серицита, талька и др.) определило название фации.

Эпидот-амфиболитовая фация отвечает более высокотемпературной ступени регионального метаморфизма (T = 450-600 °C, P = 3-6 кбар) и поэтому характеризуются заменой низкотемпературных минералов более высокотемпературными. Граница прорисована линией исчезновения хлорита и замещением его биотитом. В этой фации появляется гранат, эпидот, ставролит, роговая обманка и другие. Наиболее широко распространены кристаллические сланцы с гранатом, биотитом, мусковитом, ставролитом и другие.

Амфиболитовая фация представлена гнейсами, амфиболитами, для образования которых требуются уже значительные температуры и давление (T = 600-800 °C, P = 4-8 кбар). При этих условиях исчезает эпидот, ставролит.

При высоком содержании в породах воды наступает частичное их плавление – анатексис с возникновением гранитного расплава, что приводит к образованию мигматитов.

Гранулитовая фация отличается наиболее интенсивными параметрами метаморфизма (T = 750-1100 °C, P = 6-11 кбар). Такие условия создавались на больших глубинах, на ранних стадиях развития Земли – архейского и протерозойского эонов. Породы, сформированные в условиях этой фации, почти полностью лишены воды; гидроксилсодержащие минералы в них содержатся редко.

В условиях дислокационного метаморфизма выделяются **фации высокого давления,** которые локализуются в глубинных узких тектонических зонах, формируются в условиях повышенного давления (до 10-20 кбар) и температурах 300-800 °C.

Глаукофановая фация является наиболее низкотемпературной и в этом отношении сопоставимой с зеленосланцевой фацией. Эта фация характеризуется развитием различных сланцев, в которых обычно присутствует хлоритоид, фенгит, парагонит, глаукофан.

Фация дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов соответствует примерно интервалам температур эпидот-амфиболитовой фации умеренных давлений, но наряду с минералами, свойственными указанной фации появляются новые минералы, индикаторы высокого давления – дистен, омфацит, глаукофан, пироповый гранат, парагонит и ряд других

минералов. Обычными породами этой фации являются дистен-мусковитовые (парагонитовые) сланцы и более высокотемпературные дистеновые гнейсы.

Эклогитовая фация включает весьма своеобразные породы, называемые эклогитами. Главными минералами эклогитов является пироксен (омфацит) и гранат (пироп).

3.3. Особенности минерального состава метаморфических горных пород

Широкий диапазон термодинамических условий проявления метаморфизма обусловил большое разнообразие минерального состава пород. Кроме того, этот набор минералов зависит от состава исходных пород. Сам механизм перекристаллизации пород, протекающий в твердом виде, представляет собой сложный процесс замещения одних минералов (неустойчивых при новых Р-Т- условиях) другими, более устойчивыми. При этом важную роль играют поровые флюиды как катализаторы реакций замещения.

Кроме упоминавшихся минералов, входящих в состав магматических пород, выделяется группа минералов, характерных преимущественно для метаморфических пород.

Тальк – низкотемпературный чешуйчатый минерал, возникающий при гидротермальной проработке магнезиальных пород. Мягкий, с жирным блеском.

Хлорит – низкотемпературный чешуйчатый минерал часто с зеленоватым оттенком. Образуется при гидротермальной проработке основных пород.

Серпентин – возникает как продукт гидротермальной проработки ультраосновных пород. Не обладает четко выраженной формой (иногда образует волокнистые агрегаты), серого с зеленоватыми оттенками цвета.

Серицит – низкотемпературная, мелкочешуйчатая, наиболее гидроксилнасыщенная разновидность слюды - мусковита. Присутствие в породе серицита обусловливает ее шелковистый блеск.

Эпидот – образует призматические кристаллы, лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

Гранат – кристаллы изометричные в виде ромбододекаэдров, реже зернистые агрегаты. Цвет – от коричневого до красного. Макроскопически легко узнается по характерному облику кристаллов и цвету.

Актинолит – низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты. Цвет светло-зеленый.

Глаукофан – разновидность роговой обманки, образующаяся при высоких давлениях. Образует тонколучистые агрегаты. Цвет густо фиолетовый до черного.

Ставролит – кристаллы в виде коротких ромбического сечения призм, характерные двойники, напоминающие прямой или косой (угол 60°) крест. Цвет коричневый, красно-бурый до черного. Легко узнается по цвету и двойниковым формам.

Дистен (кианит) – кристаллы длинные, уплощенные. Имеет анизотропию твердости. Цвет голубой или синий.

3.4. Текстуры и структуры метаморфических горных пород

Текстуры и структуры метаморфических пород зависят от специфических физических условий их образования. Эти условия отличаются от термодинамических параметров кристаллизации магматических пород, для которых действует в полной мере известный закон Паскаля, обеспечивающий при любом направленном тектонических движений одинаковое давление во все стороны. Этим условием обеспечивается повсеместная массивная текстура глубинных магматических пород. Слюды в гранитах, например, благодаря действию закона Паскаля, не ориентированы в одном направлении.

Метаморфические процессы не достигают условий плавления, поэтому породы изменяются в твердом или пластичном состоянии, когда закон Паскаля работает лишь частично или не проявляется вовсе. Для регионального метаморфизма, например, ориентированное давление влияет на форму возникающих минералов, а также на их параллельную или субпараллельную ориентировку. Поэтому у низкотемпературных продуктов регионального метаморфизма отмечаются, как правило, **сланцеватые текстуры** с параллельным и субпараллельным расположением вытянутых, уплощенных или чешуйчатых минералов.

С повышением температуры, в условиях амфиболитовой фации, когда вещество начинает проявлять пластические свойства, а значит, частично проявляется закон Паскаля, четкая ориентировка удлиненных, уплощенных минералов постепенно исчезает, т. к. давление становится, до определенной степени, всесторонним. Такая текстура со слабо выраженной ориентировкой минералов называется **гнейсовой,** по названию главного и типичного представителя пород амфиболитовой фации - гнейса.

Максимальное проявление закона Паскаля достигается в условиях гранулитовой фации, поэтому ее продукты не несут следов ориентировки минералов, а текстура называется **массивной** как у глубинных магматических пород.

Так как региональный метаморфизм протекает в условиях тектонического давления, то сланцеватые текстуры могут усложняться мелкой складчатостью. Тогда такая текстура называется плойчатой. Нередко метаморфические процессы высокотемпературных фаций сопровождаются расслоением первично однородной массы на слои контрастного минерального состава. Образуются темно-окрашенные (с амфиболом, слюдами) и светлоокрашенные (с кварцем, полевым шпатами) слои. В этом случае говорят о **полосчатой** текстуре пород.

Более широкий диапазон текстур характерен для продуктов локального (контактового и дислокационного) метаморфизма. Для скарнов, роговиков, березитов, лиственитов, мраморов, образующихся при контактовом метаморфизме без проявления тектонического (стрессового) давления, наиболее часто отмечается **массивная** текстура, хотя может встречаться пористая, ноздреватая, пятнистая и другие.

Структурные особенности метаморфических пород также в существенной степени определяются Р-Т условиями среды минералообразования. Очевидно, что в условиях полной анизотропии среды, когда относительно «холодная» твердая порода подвергается тектоническому направленному сжатию, легче кристаллизоваться и расти чешуйчатым минералам, которые относительно легко могут наращивать свой размер вкрест, перпендикулярно вектору давления. В то же время в условиях изотропной среды гранулитовой фации, когда давление становится всесторонним, возникают благоприятные условия для кристаллизации изометричных, объемных минералов.

Так как для метаморфических процессов отмечается тесная обусловленность внешними факторами формы минералов, эта особенность заложена в понятие структуры (в противоположность магматическим и осадочным породам, где в понятие структуры вкладывается не форма, а размер минералов, зерен и т. д.). Форма минералов, а значит и структура породы, совместно с ее текстурными особенностями позволяют восстанавливать Р-Т условия образования продуктов метаморфизма.

Конкретные названия структур определяются несколькими латинскими названиями упомянутых форм минералов: лепидос - чешуйка; нематос - нить, иголка; гранос - зерно. Кроме того, следует помнить, что метаморфизм – процесс постоянного обновления минерального состава породы, все минералы вновь выросшие, возникшие. Этот процесс называется бластезом (от греческого «бластос» – росток). В итоге структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих ее минералов, могут называться: лепидобластовая, гранобластовая, нематобластовая, либо более сложными комбинированными названиями: лепидо-гранобластовая, немато-гранобластовая или лепидо-немато-бластовая т. д.

Гранобластовая структура чаще отмечается для пород амфиболовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

Лепидобластовая характерна обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов – серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

Нематобластовая в чистом виде встречается редко (амфиболиты, актинолитовые сланцы) и отличаются наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, кианит, рутил).

Иногда в породе отмечаются разнозернистые агрегаты, когда один из новообразованных минералов резко выделяется по размеру среди остальных. В этом случае можно говорить о **порфиробластовой** структуре.

Значительно меньшую информацию об условиях образования несут структуры контактового метаморфизма, продукты которого чаще всего обладают **кристаллобластовыми** структурами.

Среди пород регионального метаморфизма имеется два характерных исключения. В зависимости от Р-Т условий различные формы минералов возникают лишь в том случае, если в исходном химическом составе имелись в наличии необходимые породообразующие компоненты, позволяющие строить все многообразие решеток минералов (чешуйчатых, игольчатых, зернистых). Среди осадочных пород известны две мономинеральные, а значит простые по составу, образования - известняки ($CaCO_3$, $MgCO_3$) и кварцевые пески (SiO_2). При метаморфизме эти простые по составу породы не способны формировать игольчатые, чешуйчатые и другие, кроме зернистых, формы. Поэтому известняки при метаморфизме переходят в мономинеральную (с одним кальцитом) породу – мрамор с возможным укрупнением зерна по мере роста температуры. Аналогично ведут себя кварцевые пески, которые способны образовать только зернистый агрегат кварцита. Так как отмеченные породы не способны реагировать на давление изменением формы зерен, то для них, обычно, трудно восстановить тип метаморфизма – региональный или контактовый.

3.5. Методика выполнения лабораторной работы

Основная цель лабораторной работы – знакомство с метаморфическими горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом. Студенты должны научиться определять продукты разных типов метаморфизма (регионального, термального и дислокационного) и, при возможности, устанавливать их исходный состав (эдукт).

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте).

Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

Часть 4

ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

4.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

4.1.1. Литогенез

Формирование осадочных пород представляет собой сложный и длительный процесс, связанный с экзогенными процессами. В образовании осадочных пород выделяют следующие стадии: 1) образование исходного осадочного материала; 2) перенос осадочного материала; 3) накопление осадка (седиментогенез); 4) преобразование осадка в осадочную породу (диагенез); 5) изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начача выветривания (катагенез). Процесс формирования осадочной породы, начиная от образования исходного материала и заканчивая превращением осадка в породу, носит название литогенеза. Крупный вклад в изучение этого процесса внесли советские учёные Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, Г. Ф. Крашенинников, Н. Б. Вассоевич, Л. Б. Рухин, Н. В. Логвиненко, Т. А. Лапинская и др.

Исходным материалом осадочных пород служат продукты разрушения магматических, метаморфических и ранее образовавшихся осадочных пород на поверхности Земли. Разрушаются горные породы и входящие в их состав минералы в результате экзогенных процессов, причём основная масса продуктов разрушения образуется в результате выветривания. Под действием поверхностных вод и в меньшей степени ледников и ветра продукты разрушения переносятся к областям седиментации (осадконакопления). Весь этот материал, находящийся на стадии переноса, при соответствующих условиях рельефа и геохимической обстановки может перейти в осадок. При этом начинается третья стадия образования породы - седиментогенез, или накопление осадка. Осаждение частиц может быть временным, когда частицы вновь подхватываются движением среды, или окончательным, когда происходит накопление осадка, т. е. постепенное закрепление частиц на дне.

Подавляющая масса осадков накапливается в конечных водоёмах стока - озёрах и, главным образом, морях. Такие осадки называют субаквальными. В отличие от них осадки, накапливающиеся на суше, вне водной среды, называют субаэральными. В конечных водоёмах стока в зависимости от характера поступающего материала, а также от гидродинамического и гидрохимического режимов формируются осадки трёх типов: обломочные, органогенные и хемогенные. Характерно, что породы биогенного происхождения встречаются только в толщах субаквальных отложений. Субаэральные отложения обычно представлены только обломочными и хемогенными образованиями, отличными по своим свойствам от тех же разностей, сформировавшихся в субаквальных условиях. На стадии седиментогенеза закладываются такие важные свойства осадка, как минеральный состав, размер и форма слагающих его частиц, слоистость. Следующим этапом формирования породы является стадия диагенеза. Диагенез - совокупность процессов, преобразующих осадок в осадочную породу. Свежесформированные осадки обычно образуют рыхлые, сильно обводнённые слои, насыщенные разнообразными химически активными соединениями. Кроме минеральных веществ в осадке присутствует органическое вещество в виде остатков отмерших организмов и живые бактерии.

Только что образовавшийся осадок представляет собой рыхлое или текучее тело, обильно обводненное, богатое микроорганизмами и состоящее из весьма разнообразного материала, частью твердого, частью жидкого и газообразного. Главная особенность свежесформированного осадка - отсутствие равновесия между входящими в его состав реакционноспособными соединениями. Из-за неравномерности свежий осадок представляет собой неустойчивую физико-химическую систему. Так, в осадке имеется

много кислорода и богатых им веществ, здесь же - живые организмы, нуждающиеся в кислороде для своего существования, и органическое вещество, которое способно к окислению и сгоранию. Пропитывающая иловый осадок вода по составу почти не отличается в первый момент от воды наддонной. Эта вода не насыщена карбонатами, кремнеземом, фосфатами и другими компонентами; в то же время в осадке много биогенно осажденных или перенесенных в виде взвеси кальцита, магнезита, кремнезема и других веществ. В состав глинистых минералов в виде примеси входят также поглощенные ими катионы многих металлов.

После фиксации осадка на дне естественно начинается процесс уравновешивания этой системы. Физико-химическое равновесие достигается при процессах обезвоживания, разложения органических остатков, уплотнения и цементации осадков, образования конкреций.

Стадией диагенеза заканчивается процесс собственно формирования осадочной горной породы. Она продолжает существовать в земной коре до тех пор, пока находится в термодинамических условиях, характерных для верхних горизонтов. Однако и здесь осадочная горная порода не остаётся неизменной. Наступает стадия катагенеза. Катагенез — это совокупность процессов, изменяющих осадочную породу в период её' существования до начала метаморфизма или выветривания. В отличие от диагенетических процессов, обусловленных внутренней неуравновешенностью осадка, причиной катагенез является отсутствие равновесия между породой и средой, в которую она попадает в результате прогибания или подъёма участков земной коры. Основными факторами катагенеза являются температура и воздействие подземных вод. В целом процессы катагенеза протекают менее интенсивно, чем диагенетические, но зато чрезвычайно длительны и приводят к заметным результатам, а именно: уплотнению и обезвоживанию, растворению и выносу ряда минералов подземными водами, перекристаллизации минералов в осадочной породе.

4. 1.2. Химический и минеральный составы осадочных пород

Осадочные горные породы состоят из различных по составу и происхождению компонентов: аллотигенных, органических остатков разного типа и вулканогенного материала.

Аллотигенные (привнесённые извне) компоненты составляют основную массу обломочных и некоторых глинистых пород и представляют собой обломки и частицы пород и минералов различного размера. Как правило, в осадочных породах встречаются обломки наиболее устойчивых минералов и пород. Главным образом это кварц, затем следуют полевые шпаты, слюды. пироксены, амфиболы.

Аутигенные (образовавшиеся на месте нахождения) компоненты образуются за счёт выделения минерального вещества из природных растворов или в результате обменных и других реакций либо в воде бассейна осадконакопления, либо в осадочной горной породе. Наибольшее значение из них имеют глинистые минералы, карбонаты, сульфаты, соли, оксиды и гидроксиды Fe, Mn, Al, Si, а также фосфаты. Эти минералы слагают основную массу хемогенных и часть глинистых пород, а также широко распространены в цементах обломочных пород и конкрециях.

Органические остатки. В осадочных горных породах присутствуют органические останки или следы жизнедеятельности организмов. Это обломки раковин или скелетных частей различных животных и растительных организмов. В породах биогенного происхождения органические останки являются преобладающим компонентом, а в некоторых случаях породы целиком сложены ими (ракушняки, известняки, мел и др.).

В значительной части современных осадков присутствует вулканогенный материал в виде обломков вулканического стекла и эффузивных пород. Вулканогенный материал попадает в осадки обычно как примесь вулканического пепла, песка и более крупных

образований при извержениях. При этом название породы состоит из двух слов, например, туфогенный песчаник. Следует иметь в виду, что прилагательное в этом словосочетании (в данном случае «туфогенный») означает, что вулканогенного материале в породе меньше, чем терригенного. В песчанистом туфе меньше терригенного материала, чем вулканогенного.

3.2. Классификация осадочных горных пород

Общепризнанных классификаций осадочных горных пород нет, что связано, прежде всего, с разнообразием процессов и факторов, контролирующих образование осадков. В нашей стране распространением пользуется классификация осадочных пород, предложенная в 1958 г. М. С. Шевцовым, в основу которой положено, с одной стороны, их происхождение, а с другой - их химический и минеральный составы. Упрощенная классификация осадочных пород приведена в виде таблицы.

По генетическим признакам среди осадочных горных пород выделяют три главные группы.

1. Терригенные (обломочные) породы образуются в результате механического разрушения ранее существовавших горных пород и накопления обломочного материала. К ним относят песчаники, гравелиты, конгломераты, а также их не сцементированные и неокатанные разности: пески, гравий, дресву, галечник и щебень. В эту же группу входят глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород, а также переотложения глинистых минералов, освободившихся при выветривании глинистых толщ и тончайшего дробления химически стойких минералов.

2. Органогенные породы, которые образуются в результате жизнедеятельности организмов (коралловые постройки) и их отмирания (кости рыб, зубы акул и т. д.). В отдельную группу выделяют каустобиолиты, образующиеся из растительных и животных (планктон) останков, преобразованных под влиянием биохимических, химических и другихгеологических факторов и обладающих горючими свойствами. Это - угли, торф, сапропель и др.

3. Хемогенные породы, образующиеся при химическом разрушении, растворении минералов материнских пород и последующем выпадении новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Более детальное подразделение осадочных пород в пределах выделяемых генетических групп производится по вещественному и минеральному составам. Терригенные осадочные горные породы по размеру обломков (частиц) подразделяют на грубообломочные (псефиты), песчаные (псаммиты), пылеватые (алевролиты) и глинистые (пелиты). По характеру связи (цементации) обломочного материала их подразделяют на сцементированные и несцементированные (рыхлые).

При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав.

3.3. Текстуры и структуры осадочных горных пород

Строение осадочных пород характеризуется текстурой и структурой.

Текстура - это общий рисунок породы, черты ее строения, определяемые способом заполнения пространства, характером сочетания между собой элементарных частиц (минералов, зерен, обломков). Текстура породы формируется с этапа накопления осадка. Возникшие в процессе осадконакопления первичные текстуры отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты её взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры возникают в уже сформировавшейся породе при процессах диагенеза и гипергенеза.

'Структура осадочной породы - это особенности её строения, которые определяются размером, формой, степенью однородности составных частей, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков. Элементы структуры породы формируются на протяжении всех этапов образования и жизни породы.

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их слоистая текстура. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков. Любые перемены этих условий вызывают либо изменение отлагающегося материала, либо обстановку в его поступлении, что внешне выражается в появлении слоев.

Классификация осадочных горных пород

ТЕРРИГЕННЫЕ				
Структура	Рыхлые, несцементированные		Сцементированные	Размер, мм
	неокатанные	окатанные		
псефитовая	Глыбы Щебень Дресва	Валуны Галечник Гравий	>50 Конгломераты 10 Гравелит	> 1-10
псаммитовая	Песок		Песчаник	0,1-1,0
алевритовая	Алевриты		Алевролиты	0,01 -ОД
пелиговая	Глины		Аргшшпы	<0,01
ОРГАНОГЕННЫЕ				
Название			Химический состав	
Известняки, мел			CaCOз	
Доломит			CaMg(CQ,)	
Опоки, трепела			SiQz-nHaO	
Сапропелиты, торф, уголь			Органические соединения углерода	
ХЕМОГ ЕННЫЕ				
Название			Химический состав	
Соли галоидные: галит сильвин Соли сернокислые: гипс ангидрит Соли фосфатные: аштит Бурые железняки Бокситы			NaCl KC1 CaS0_4-2H20 CaS0_4 АЩз • nH_2O, Al(OHb A10(OH)	

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), и отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размера обломочных частиц и вещественного состава пород либо ориентировкой осадочного материала.

Для осадочных пород характерна также пористая текстура, характеризующая степень её проницаемости. По степени пористости выделяют следующие породы:

микропористые, в которых пористость не заметна на глаз, но устанавливается специальными методами;

мелкопористые, в которых можно различить мелкие частые поры;

крупнопористые - с колебанием размера пор в пределах от 0,5 до 2,5 мм;

кавернозные имеют крупные поры (каверны) на месте выщелоченных раковин и остатков других организмов, а также отдельных частей горной породы.

Для однородных, преимущественно зернистых хемогенных и органогенных пород, характерны массивные текстуры. Все несцементированные осадочные горные породы имеют рыхлую текстуру.

Структура осадочных пород отражает их происхождение. Структуры осадочных пород определяются, главным образом, размером и отчасти формой слагающих их частиц. По величине обломков для терригенных горных пород (мм) выделяют такие структуры, как: галечная (окатанные обломки) - 10 - 100; щебеночная (остроугольные обломки) - 10

- 100; гравийная (окатанные обломки) - 1 - 10 ; дресвяная (остроугольные обломки) — 1-10; псаммитовая -0,1-1; алевролитовая — 0,01 - 0,1; пелитовая - < 0,01.

Для хемогенных пород (известняки, доломит, гипс) характерна кристаллически-зернистая структура. В зависимости от размера слагающих породу зерен выделяют крупнозернистую (преобладают зерна величиной 1,0 -0,5 мм), среднезернистую (0,5 - 0,25 мм), мелкозернистую структуры (0,25 -0,1 мм), иногда, когда порода плохо отсортирована, выделяют разнозернистую структуру.

Оолитовая структура наблюдается в случаях, когда в породе в массовых количествах присутствуют мелкие шаровидные стяжения (оолиты) различного размера (боксит, оолитовый известняк).

Структуры пород, в составе которых большое участие принимают остатки организмов (свыше 20 - 30 % объема породы), определяются степенью сохранности этих останков и их количеством. Выделяются следующие структуры: биоморфная - в случае хорошей сохранности скелетных остатков организмов; детритовая - порода почти полностью состоит из скелетных обломков размером крупнее 0,1 мм.

Осадочные породы имеют самую разнообразную окраску и оттенки. При этом иногда окраска является признаком, характерным для определения этих пород, и зависит: 1) от окраски минералов, слагающих пород; 2) окраски рассеянных в породе примесей и цемента; 3) цвета тончайшей корочки, часто обволакивающей зерна составляющих породу минералов. Белый и светлосерый цвета обычно обусловлены окраской главных минералов осадочных пород (кварца, каолинита, кальцита, доломита и др.) и свидетельствует до некоторой степени о чистоте породы. Темно-серый и черный цвета чаще всего появляются в результате примеси углеродистого вещества и, реже, оксидов и гидрооксидов марганца. Красный и розовый цвета связаны с примесью в породе оксидов железа, а зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствия минералов с зеленой окраской - чаще глауконита, реже хлорита и малахита.

4.3. Методика выполнения лабораторной работы

Основная цель лабораторной работы - знакомство с осадочными горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее.

При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента.

Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу_____С.А.Упоров

Б1.Б.1.14 «ГЕОЛОГИЯ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Автор: Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

Введение

Естественные науки – совокупность наук о природе. Природа – в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; объект естествознания. К естественным наукам относятся и география, и геология. **География –** система естественных – физико-географических и общественных – экономико-географических наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты. **Геология –** комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли (Советский энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979).

В школьных программах нет дисциплины «Геологии». Элементарные сведения о Земле как планете и ее внутреннем строении школьники получают на уроках «Географии» в 6 и 7 классах. Для изучения геологических вопросов рекомендуем самостоятельно читать учебники по геологии. В настоящее время выпущено огромное число самых различных учебников, учебных пособий, методических указаний по всем направлениям геологических наук. Любой желающий по своему усмотрению без особого труда может для себя их приобрести. Но следует помнить афоризм Козьмы Пруткова: «Никто не обнимет необъятного!» Нельзя школьникам сразу преподносить геологические знания в объеме читаемой в высшей школе, но знать основы геологии необходимо каждому грамотному человеку для того, чтобы понимать историю развития природы. Без этих знаний невозможно понять процесс формирования как прошлых, так и современных ландшафтов – важнейших составных частей географической оболочки Земли.

Для квалифицированного подхода к встрече с природными объектами рекомендуем иметь элементарные познания по геологии. Аннотации первоочередных лекций приведены в настоящих методических указаниях.

Геология – это наука о Земле, о ее свойствах и изменениях, происходящих на ней в настоящее время, а также совершавшихся во времена прошедшие. Геология – это история Земли, и эту историю она сама записывает. Она сама ведет свою автобиографию; ведет ее без перерыва почти от начала своего образования и до настоящего времени, записывая ее на своих каменных страницах, и человеку остается лишь научиться читать эту занимательную каменную летопись, научиться понимать эти каменные письмена, в которых буквами являются попадающиеся нам под ноги камешки, а чернилами – воды ручьев, рек и морей. Вначале мы должны научиться различать буквы – камни, потом должны постигнуть самый процесс чтения записей Земли, для этого должны изучать геологические процессы, и лишь после того, как мы хорошо освоимся с ними, мы можем приступить к чтению древних страниц этой летописи. В этой великой многотомной летописи Вселенной всякая летопись человека, будь то самый древний папирус, является лишь одной незначительной строчкой, помещенной в конце ее последней страницы. Читая эту великую автобиографию, мы уносимся в бесконечно отдаленные от нас, неизмеримые даже тысячелетиями, времена. Эти далекие времена отдалены от нас во времени так, как отдалены от нас в пространстве далекие, загадочно мерцающие звезды.

Но где и как можно научиться читать эту великую летопись Земли? Где и как надо изучать геологию? Везде и всюду – в каждом овраге, в каждой речке, в любом карьере можно наблюдать результаты геологических процессов. Для изучения геологических процессов необходимо принимать участие в геологических экскурсиях, проходящих по геологическим объектам, доступными непосредственно нашему наблюдению.

1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

1.1. НАУКА О ЗЕМЛЕ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Два греческих слова "гео" — Земля и "логос – учение позволяют трактовать термин "геология" как науку о Земле. Однако в наше время ограничиться таким простым толкованием уже нельзя, поскольку этот термин объединяет в себе целый комплекс самостоятельных направлений, как фундаментальных, так и прикладных.

Под ***фундаментальными*** обычно понимают те направления, которые разрабатывают понятия, открывают явления, закономерности, свойства, определяющие развитие геологии как науки. Фундаментальность не следует отождествлять с теоретическими разработками. К фундаментальным геологическим наукам могут быть отнесены следующие дисциплины: геохимия, минералогия, петрография, геотектоника, общая геология и историческая геология. Названные дисциплины занимаются различными уровнями организации вещества Земли в пространстве и во времени. Именно это обстоятельство в основном и определяет фундаментальность каждого из названных направлений. Все они теснейшим образом связаны между собой.

К ***прикладным направлениям*** принято относить те, которые непосредственно работают на производство: создают приёмы, методы, технологию геологических исследований, связанных в первую очередь, с поисками и разведкой полезных ископаемых, а также охраной и рациональной эксплуатацией земных недр. Их в современной геологии значительно больше, чем фундаментальных. Назовём лишь несколько: региональная геология, структурная геология, геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, инженерная геология.

1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

Объектом общей геологии является Земля в целом: её возникновение как планеты, формирование внутренних и внешних оболочек, их функционирование и взаимодействие. Иными словами, речь идёт об изучении Земли как геологической системы.

Предметом непосредственного изучения геологии служат минералы, горные породы, ископаемые органические остатки и современные геологические процессы.

В основе научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого лежит ***метод актуализма.*** При использовании этого метода к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с осознанием того, что в прошлом, особенно отдалённом от современности, и физико-географическая обстановка, и сами процессы отличались от современных тем больше, чем больше отдалена от нас прошлая геологическая эпоха.

1.3. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Огромное значение, которое имеет геология, может быть рассмотрено в двух аспектах - общенаучном и народнохозяйственном.

Общенаучное значение геологии заключается в её неоценимой роли в формировании материалистического понимания природы. Данные геологии играют важную роль в диалектико-материалистическом обосновании философских принципов, отражающих материальное единство мира и его развитие,

Практическое значение геологии заключается в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами различных отраслей хозяйства, в инженерно-геологическом обосновании строительства разнообразных гражданских и промышленных объектов, в решении питьевого и технического водоснабжения.

1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

Геология зародилась в глубокой древности. Задолго до новой эры человек научился выплавлять металлы, использовать минеральную воду. Издавна привлекали внимание человека и природные процессы. Однако временем возникновения геологии как науки принято считать вторую половину ХУШ в. – период зарождения и бурного развития горнодобывающей промышленности. В России основоположником обобщений геологических знаний стал М.В. Ломоносов (1711-1765), в Западной Европе - Д.Геттон (1726-1797) и А.Г.Вернер (1750-1817).

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

2.1. ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

"Вселенная, весь мир, бесконечный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека, её познающего. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз (БСЭ, т.5, с. 1315). Доступная для изучения часть Вселенной называется ***Метагалактикой,*** включающей свыше миллиарда звёздных скоплений, или ***галактик*** (греч. "галактика" - молочный, млечный).

Наша ***Галактика Млечного Пути*** - типичная звездная система с массой около 10^{10} масс Солнца относится к типу спиральных и включает свыше 150 миллиардов звёзд. С Земли, расположенной внутри Галактики, Млечный Путь представляется в виде широкой белёсой полосы звезд, пересекающей небо. Период обращения Солнца и звёзд вокруг центра Млечного Пути 200 млн. лет. Возраст Галактики около 12 млрд. лет. Когда речь идёт о Солнечной системе, то имеется в виду Солнце и всё, что находится в поле его тяготения. К наиболее крупным телам этой системы относятся 9 планет, 34 их спутника, многочисленные кометы и астероиды. Согласно современным космогеническим представлениям Земля и другие планеты Солнечной системы образовались 4,6 млрд. лет назад почти одновременно с Солнцем.

Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите на среднем расстоянии 149,6 млн. км (144,117 млн. км в перигелии, 152,083 в афелии), период обращения 365,242 средних солнечных суток (год), скорость в среднем 29,765км\с (30,27км\с в перигелии, 29,27км\с в афелии). Период обращения Земли вокруг оси 23 час 56 мин 4,1 с (сутки).

Пожалуй, все согласны с тем, что исходным веществом для формирования Солнечной системы послужили межзвёздная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Но каким образом в их составе оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность остается дискуссионной проблемой. Следующая стадия образования Солнечной системы предусматривает распад протопланетного диска на отдельные планеты внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Промежуточной фазой было образование сонма твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел, именуемых планетезималями, последующее скопление и соударение которых и явилось процессом аккреции (наращивания) планеты. Этот процесс занял не более сотни миллионов лет, т.е. был с геологической точки зрения очень быстрым.

Важнейшее отличие Земли от других планет Солнечной системы - существование на ней жизни, появившейся 3-3,5 млрд. лет назад и достигшей с появлением человека (12 млн. лет назад) своей высшей формы.

2.2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

Под фигурой, или формой Земли, понимают форму ее твердого тела, образованную поверхностью материков и дном морей и океанов. Форма планеты определяется ее вращением, соотношением сил притяжения и центробежной, плотностью вещества и его распределением в теле Земли. Геодезические измерения показали, что упрощенная форма Земли приближается к ***эллипсоиду вращения (сфероиду).*** В СССР в качестве эталона в 1946 году был принят эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А.Изотов, и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций. По этим данным экваториальный радиус равен 6378,245 км, полярный радиус 6356,863 км, полярное сжатие 1/298,25.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

В связи с расчлененностью рельефа (наличием высоких гор и глубоких впадин) действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина - 11 034 м - обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал геоидом, что дословно обозначает «землеподобный». **Геоид** — некоторая воображаемая уровневая поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней будет всегда перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой проводится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100-150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах, что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.

2.4. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами. Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, керна глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры. Глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическими, гравиметрическими, магнитометрическими и др. Одним из важнейших методов является сейсмический, основанный на изучении скорости распространения упругих волн, вызванных естественными и "искусственными" землетрясениями.

На основании скорости распространения сейсмических волн австралийский сейсмолог К. Буллен разделил Землю на ряд зон, дал им буквенные обозначения в определённых усреднённых интервалах глубин, которые используются с некоторыми уточнениями до настоящего времени.

Выделяются три главные области Земли:

Земная кора (слой А) - верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35- 40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50 - 75км под горными сооружениями (наибольшие под Гималаями и Андами).

Мантия Земли распространяется до глубин 2900км. В её пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400км и С - до 800 - 1000км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2900 с переходным слоем от 2700 до 2900км.

Ядро Земли подразделяется на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900 - 4980км; переходную оболочку - слой Г - от 4980 - 5120км; и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Она представляет собой наиболее активный слой твердой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли,

Мантия Земли является самым крупным элементом Земли - она занимает 83% ее объема и составляет около 66% ее массы.

Верхняя мантия характеризуется резким нарастанием скорости распространения сейсмических волн с глубиной. Выделяется два слоя: В (35-420 км), С (420-1000 км). Внутри слоя В, с глубин 80-100 км под материками и 50-70 км под океанами и до глубин 250-300 км, выделяется слой пониженной вязкости, который носит название *астеносферы.* Астеносфера выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости, поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности. Повышенная вязкость астеносферы обусловлена, по-видимому, высокой температурой, приводящей, как полагают, к частичному выплавлению базальтовой магмы. Астеносфера играет важную роль в эндогенных процессах, протекающих в земной коре.

Земная кора вместе с твёрдой частью слоя Гутенберга образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется *литосферой.* По существу литосфера является своеобразной геосферой, отделённой от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Земная кора и верхняя мантия включая астеносферу, представляют собой *тектоносферу* - область Земли, где происходят тектонические явления.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Под воздействием внутренних, или ***эндогеннных,*** и внешних, или ***экзогенных,*** сил земная кора испытывает постоянные изменения, которые называются ***геологическими процессами***. Соответственно различают эндогенные и экзогенные процессы.

Эндогенные процессы определяются глубинными источниками энергии. В результате на поверхности Земли образуются горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения, землетрясения. Эндогенные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием.

Экзогенные **процессы** развиваются на поверхности Земли за счёт энергии Солнца, и их интенсивность связана с активностью атмосферных явлений, геологической деятельностью поверхностных и подземных вод, озер, ледников, морей и океанов.

Сформировавшийся под воздействием эндогенных процессов рельеф молодых горных областей подвергается воздействию экзогенных сил, направленных на

сглаживание, выравнивание рельефа. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы развиваются одновременно, связанно и взаимно обусловленно.

К эндогенным процессам относятся тектонические движения, магматизм и метаморфизм.

3.2. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Совокупность тектонических движений и деформаций, под воздействием которых формируются геологические структуры, называется тектоническими процессами, или *тектогенезом.* Тектонические движения – механические перемещения масс горных пород различного масштаба, сопровождающиеся изменениями их залегания и строения, а также связанными с этими изменениями деформациями (дислокациями). Тектоническим движениям принадлежит ведущая роль в развитии всех геологических процессов, так как они обусловливают перераспределение и трансформацию внутренней энергии Земли, влияют на изменение давления, интенсификацию теплопотока и т.д.

Упрощенно в зависимости от интенсивности, преимущественной направленности и геологических результатов тектонические движения можно разделить на две основные группы - *колебательные и дислокационные.*

3.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЗМА

Магматизмом называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы из недр Земли к ее поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии, главным образом в астеносфере. Подъем магмы и прорыв ее в вышележащие горизонты происходят вследствие инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, но мобильного расплава. Магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При ***интрузивном магматизме*** (плутонизме) магма не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие вышележащие породы, частично расплавляя их, и застывает в трещинах и полостях коры. При ***эффузивном магматизме*** (вулканизме) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры, судя по экспериментальным данным и результатам изучения минерального состава магматических пород, находятся в пределах 700-1100°С.

Измеренные температуры магм, излившихся на поверхность, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100°С, изредка достигая 1350°С. Более высокая температура наземных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного кислорода. На больших глубинах в магме в растворенном состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов (H_2O, H_2, CO_2, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%. Они являются химически очень активными подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению.

3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм - преобразование горных пород под действием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и

ранее образовавшиеся метаморфические. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать ***изохимически,*** т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и ***метасоматически,*** т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород обычно происходит в процессе перекристаллизации вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы.

Метаморфизм представляет собой сложное физико-химическое явление, обусловленное комплексным воздействием температуры, давления и химически активных веществ.

3.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные геологические процессы в отличие от эндогенных протекают в самых верхних слоях земной коры на её границе с внешними геосферами Земли. Их энергетической основой является энергия солнечной радиации и сил гравитации. Экзогенные процессы протекают при нормальных значениях температуры и давления с поглощением тепла и направлены на дифференциацию вещества земной коры. Выделяют четыре группы (стадии) экзогенных геологических процессов: выветривание, денудацию, аккумуляцию, диагенез.

Выветривание (нем. "веттер" - погода) представляет собой процесс глубокого изменения магматических, метаморфических и осадочных горных пород и минералов, оказавшихся неустойчивыми в условиях земной поверхности. Изменение физического и химического состояния первичных минералов и горных пород происходит в месте их залегания в результате физического, химического и биологического воздействия воды, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов, а также непосредственного воздействия солнечной радиации.

Денудация (лат. "денудацио" - обнажение) - это совокупность процессов удаления (сноса и переноса) продуктов выветривания с места их образования и непосредственного разрушения горных пород агентами денудации (силы гравитации, воды континентов, морей и океанов, ветер, ледники). Перемещая материал с возвышенностей в пониженные участки рельефа, денудационные процессы приводят к разрушению земной поверхности и образованию выровненных форм рельефа.

Аккумуляция (осадконакопление) - геологические процессы, в результате которых рыхлые продукты разрушения первичных горных пород накапливаются в понижениях рельефа: в речных долинах, озёрах, болотах, морях и океанах.

Диагенез (перерождение) представляет собой сложный процесс преобразования продуктов экзогенной деятельности (осадков) в осадочные горные породы под влиянием гравитационных сил и изменения физико-химических условий в приповерхностной части земной коры.

Все экзогенные геологические процессы тесно взаимосвязаны. Благодаря выветриванию происходит подготовка материала для денудации, а сами продукты выветривания, оставшиеся на месте, являются материалом для образования новых горных пород.

Основными результатами экзогенных геологических процессов являются изменения вещественного состава верхней части земной коры, дифференциация вещества по физическим и химическим свойствам, создание толщ осадочных горных пород и форм рельефа земной поверхности. Благодаря экзогенным процессам формируются почвы и полезные ископаемые. Около 60% мировой добычи полезных ископаемых связано с продуктами экзогенной деятельности.

Вместе с тем разрушения берегов рек, озёр и морей, обвалы, оползни, снежные лавины, размыв и разрушение склонов, рост оврагов и заболачивание территорий - это также результаты деятельности экзогенных геологических процессов

4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земную кору — верхнюю твердую оболочку Земли - слагают горные породы (магматические, осадочные и метаморфические), состоящие из определенного сочетания минералов, в состав которых входят различные химические элементы. Изучая такую иерархию: химические элементы – минералы – горные породы, можно судить о строении земной коры в различных структурных зонах.

4.1. МИНЕРАЛЫ

Подавляющие большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются ***минералами.*** Установлено, что в земной коре содержится около 4000 минералов.

Любой минерал обладает вполне определённым химическим составом и вполне определённой кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают все физические свойства, такие, как цвет, блеск, твёрдость и т.д.

4.2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горными породами называются устойчивые парагенетические ассоциации минералов, возникающие в результате определённых геологических процессов и образующие геологически самостоятельные тела в земной коре. Науки, изучающие горные породы, - петрография, литология, астрофизика и физика горных пород.

Традиционно под горными породами подразумеваются только твёрдые тела, в широком применении к горным породам относят также воду, нефть и природные газы.

Горные породы могут слагаться как одним минералом, так и их комплексом. Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие её состав и свойства, называются ***породообразующими***

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются ***мономинеральными,*** если же из нескольких -***полиминеральными*** (гравий, глина).

Все горные породы обладают комплексом морфологических особенностей, которые объединяют в понятия структура и текстура. Наряду с химическим и минеральным составом структура и текстура являются важнейшими диагностическими признаками горных пород.

По происхождению горные породы делятся на три класса: осадочные, магматические и метаморфические.

Осадочные горные породы образуются только на поверхности земной коры при разрушении любых, ранее существовавших горных пород, в результате жизнедеятельности и отмирания организмов и выпадения осадков из пересыщенных растворов.

Магматические горные породы возникают путём кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на её поверхности.

Метаморфические горные породы возникают путем коренного преобразования магматических, осадочных и ранее существовавших метаморфических пород под влиянием высоких температур, давления и химически активных растворов.

5. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры рассматривается отдельно по той причине, что эта геосфера является основным объектом геологии и средой горного производства.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами и имеющая мощностьот 7 до 75 км. Она представляет собой наиболее активный слой твёрдой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли.

Выделяют два главных типа земной коры: континентальную и океаническую.

Мощность ***континентальной*** коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 . (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования), однако в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной. В континентальной коре различают осадочный, гранитный и базальтовый слои.

Мощность осадочного слоя достигает 20 км , но распространён он не повсеместно. Названия гранитного и базальтового слоев условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада, хотя последующие исследования показали некоторую сомнительность этой границы.

Основное отличие ***океанической*** коры от континентальной - отсутствие гранитного слоя, существенно меньшая мощность (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Первый слой, или осадочный, характеризуется широким диапазоном скоростей и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км. Глубоководным бурением установлено, что этот слой сложен сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами, которые с увеличением возраста океанической коры становятся более консолидированными. Третий слой сложен породами в основном габброидного состава.

Кроме двух главных типов земной коры выделяется кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах.

Участки земной коры, различающиеся типом геологического строения, называются ***структурными элементами.*** *С* точки зрения закономерностей пространственного строения земной коры океаны и континенты - это ***структуры*** **I** (планетарного) порядка . В пределах структурных элементов I порядка по особенностям геологического строения и развития выделяются структуры П порядка: на материках - платформы и геосинклинальные пояса, на океанической коре - талассократоны и срединно - океанические хребты.

6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология - наука естественно-историческая, и поэтому особо важное значение имеет ее раздел, посвященный изучению развития геологических событий по времени. Задачи исторической геологии - восстановление физико-географических обстановок накопления осадков в различные эпохи, последовательности формирования пород и их

распределения по относительному возрасту, изучение истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени.

6.1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

В геологии как в никакой другой науке важна последовательность установления событий, их хронологии, основанной на естественной периодизации геологической истории. Геологическая хронология, или геохронология, основана на выяснении геологической истории наиболее хорошо изученных регионов. На основе широких обобщений, сопоставления геологической истории различных регионов Земли, закономерностей эволюции органического мира в конце прошлого века на первых международных геологических конгрессах была выработана и принята Международная геохронологическая шкала, отражающая последовательность подразделений времени, в течение которых формировались определённые комплексы отложений, и эволюцию органического мира. Таким образом, Международная геохронологическая шкала - это естественная периодизация истории Земли.

Среди геохронологических подразделений выделяются: зон, эра, период, эпоха, век, время. Каждому геохронологическому подразделению отвечает комплекс отложений, выделенный в соответствии с изменением органического мира и называемый стратиграфическим: эонотема, группа, система, отдел, ярус, зона. Таким образом существует две шкалы - геохронологическая и стратиграфическая. Первую мы используем, когда говорим об относительном времени в истории Земли, а вторую, когда имеем дело с отложениями. В настоящее время выделяют три наиболее крупных стратиграфических подразделения - эонотемы: архейскую, протерозойскую и фанерозойскую.

6.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Представления о закономерностях формирования земной коры развивались на протяжении длительного времени по мере накопления фактического материала, совершенствования геологических и геофизических методов исследований. Особое значение на современном этапе развития теоретической геологии имеют данные, полученные при изучении обширных океанических территорий, и результаты космических исследований.

Гипотезы горизонтального дрейфа континентов

Механизм горизонтального перемещения континентальных глыб был разработан в 1929г. американским учёным А.Холмсом. Его гипотеза подкоровых течений предполагает существование в мантии (субстрате) медленных конвективных потоков, обусловленных различным накоплением тепла под континентами и океанами. Восходящие конвективные потоки приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков и образованию молодого океанического дна. В районах нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, шарьяжей, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов - эклогиты.

Можно отметить, что с разработкой гипотезы А.Холмса идеи мобилизма получили новый импульс, обусловивший их широкую популярность и в наши дни. Кроме того, в последние годы при изучении строения дна океанов получены новые данные, которые также используются для подтверждения возможности горизонтального дрейфа. Эти данные послужили основой гипотезы новой глобальной тектоники, или тектоники плит. Гипотеза разработана американскими учёными Г.Хессом и Р.Дицем. Значительный вклад в её развитие внесли зарубежные и советские геологи.

Основные идеи, положенные в основу гипотезы тектоники плит, связаны с открытием зон формирования молодой океанической коры в зонах рифтообразования и зон поглощения коры у глубоководных желобов.

По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит "раздвигание" плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне. Это явление называется ***спрединг*** океанического дна, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из астеносферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие зоны землетрясений и аномалии теплового потока.

Образование новой коры в зонах спрединга сопровождается поглощением блоков (плит) литосферы в других участках нашей планеты. По мнению авторов гипотезы, такими участками являются зоны глубоководных океанических желобов, в которых происходит прерывистое поддвигание одной плиты литосферы под другую. Это явление называется ***субдукцией,*** сопровождается кратковременным выделением значительной механической энергии в виде землетрясений, проявлений вулканизма. Длительное поддвигание океанической коры под континентальную приводит к деформации окраинного моря, смещению островной дуги к континенту и складкообразованию. При этом поддвигание может смениться развитием обширных надвигов океанической коры - ***обдукцией***. Другим путём образования орогенных зон, по мнению авторов гипотезы, является столкновение - ***коллизия*** континентов.

Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А.Холмса. Однако в отличие от положений гипотезы подкоровых течений, в соответствии с рассматриваемой гипотезой потоки мантийного вещества здесь замыкаются на уровне астеносферы.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолированно, как считал А.Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. При таком горизонтальном перемещении плит в зонах спрединга происходит обновление коры, а в зонах субдукции - её поглощение и растворение в астеносфере.

По современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или смятия: Тихоокеанской, Евразиатской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важнейший раздел геологии, позволяющий решать обширные прикладные задачи, - учение о полезных ископаемых. Он включает в себя совокупность сведений о геологической позиции и закономерностях размещения месторождений различных полезных ископаемых, методику поисков и экономику минерального сырья, тесно соприкасается с технологий переработки руд и извлечения из них ценных компонентов.

Полезным ископаемым называют природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки (переработки) путем дробления, сортировки, обогащения для извлечения ценных металлов или минералов. По физическому состоянию полезные ископаемые бывают газообразными, жидкими и твердыми. К первым относятся горючие газы углеводородного состава и негорючие инертные газы, ко вторым - нефть, рассолы, вода, к третьим - большинство полезных ископаемых, которые применяются как

химические элементы или их соединения, а также в виде кристаллов, минералов, горных пород. По промышленному использованию полезные ископаемые разделяются на ***металлические, неметаллические, горючие или каустобиолиты, гидро-и газоминеральные.***

Металлические полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов и элементов: черных (железо, титан, хром, марганец и др.); легирующих (никель, кобальт, вольфрам, молибден и др.); цветных (алюминий, свинец, цинк, сурьма, ртуть и др.); благородных (золото, серебро, платина, палладий и др.); радиоактивных (уран, радий, торий и др.); редких и рассеянных (висмут, цирконий, ниобий, тантал, галлий, германий, кадмий, индий и др.); редкоземельных (лантан, церий, иттрий, прометий, самарий, лютеций и др.).

К *неметаллическим* полезным ископаемым принадлежат строительные горные породы (естественные строительные камни, пески, глины, сырье для каменного литья, стекол и керамики и др.), индустриальное (алмаз, графит, асбест, слюды, драгоценные и поделочные камни, пьезокристаллы, оптические минералы и др.), а также химическое и агрономическое сырье (сера, флюорит, барит, галит, калийные соли, апатит, фосфориты и др.).

Горючие ископаемые включают торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, озокерит, нефть, горючий газ. Они служат энергетическим и металлургическим топливом, а также сырьем для химической промышленности.

К ***газоминеральному*** сырью относятся негорючие инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и др.

Гидроминеральные полезные ископаемые разделяются на подземные воды питьевые, технические, бальнеологические или минеральные и нефтяные, содержащие ценные элементы (бром, йод, бор, радий и др.) в количестве, позволяющем извлекать их, а также рассолы (озерные рассолы, минеральные грязи, илы). Важным гидроминеральным сырьем являются воды морей и океанов, используемые для получения пресной воды и извлечения многих ценных элементов.

Рудой называется минеральное сырье, содержащее ценные полезные компоненты (металлы, их соединения, минералы) в количестве, достаточном для промышленного извлечения при современном состоянии экономики, техники и технологии. В зависимости от вида извлекаемого компонента выделяются руды металлические (железные, медные, свинцово-цинковые и т. д.) и неметаллические (серные, асбестовые, графитные, апатитовые и др.). По количеству компонентов руды различают монометалльные (мономинеральные), биметалльные (биминеральные) и полиметалльные (полиминеральные).

Месторождением **полезного ископаемого** называется его природное в виде геологических тел скопление в земной коре, которое по условиям залегания, количеству и качеству минерального сырья при данном состоянии экономики и техники может служить объектом промышленной разработки в настоящее время или в ближайшем будущем. К месторождениям полезных ископаемых промышленность предъявляет требования, определяемые технической возможностью и экономической целесообразностью их разработки.

Совокупность требований промышленности к минеральному сырью называется ***кондициями*** - они не являются постоянными и зависят от экономических условий и состояния техники и технологии добычи и переработки минерального сырья.

Площади распространения полезных ископаемых в порядке их уменьшения разделяются на провинции, области (пояса, бассейны), районы (узлы), поля, месторождения, тела.

Телом полезного ископаемого называют ограниченное со всех сторон скопление минерального вещества, которое приурочено к отдельным структурным элементам или их комбинациям.

7.2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим) составом, строением или структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае обусловливают качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов. В металлических рудах рудные минералы являются носителями ценных металлов, в неметаллических - минералы сами представляют практический интерес благодаря специфическим свойствам.

По составу преобладающей части минералов выделяются следующие типы руд:

самородные - самородные металлы и интерметаллические соединения - медь, золото, платина и др.;

сернистые **и им** подобные - сульфиды, арсениды и антимониды тяжелых металлов - меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена и др.;

оксидные - оксиды и гидроксиды железа, марганца, хрома, олова, урана, алюминия и др.;

карбонатные - карбонаты железа, марганца, магния, свинца, цинка, меди и др.;

сульфатные - сульфаты бария, стронция, кальция и др.;

фосфатные - *апатитовые и фосфоритовые неметаллические руды, а также фосфаты некоторых металлов и др.;*

силикатные - *сравнительно редкие руды железа, марганца, меди; широко распространенные неметаллические полезные ископаемые - слюды, асбест, тальк и др.;*

галоидные - *минеральные соли и флюорит и др.*

По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

7.3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время известно несколько десятков генетических классификаций месторождений полезных ископаемых. Наиболее известной является классификация В.И.Смирнова.

Эндогенные месторождения, к числу которых относятся скопления полезных ископаемых, прямо или косвенно связанные с магматической деятельностью, подразделяют на: собственно магматические, пегматитовые и постмагматические.

Магматическими называются месторождения, образующиеся из жидких магматических расплавов в процессе их внедрения и раскристаллизации. При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры и остывании происходит их дифференциация, с чем связана концентрация, а иногда и полное обособление рудных компонентов. Процессы образования магматических месторождений достаточно сложны. В одних случаях месторождения образуются в результате внедрения магмы, обогащенной рудными компонентами еще на глубине, в других - рудные концентрации возникают из магм при ее подъеме, в третьих - лишь на месте становления интрузива.

Главная особенность всех магматических месторождений - их связь с материнскими интрузивами, которые рассматриваются как вещественный или

энергетический источник оруденения. Магматические месторождения разделяются на генетические подгруппы: ликвационные, раннемагматические и позднемагматические.

В группу ***экзогенных*** включаются скопления полезных ископаемых, которые образуются при экзогенных процессах в результате химической, биохимической и механической дифференциации вещества земной коры. По способу накопления осадочного материала различают месторождения выветривания и осадочные.

К ***месторождениям выветривания*** относятся остаточные и инфильтрационные месторождения. ***Остаточные*** месторождения полезных ископаемых образуются при физическом и химическом выветривании горных пород, которое сопровождается гидролизом породообразующих минералов, растворением и выносом неустойчивых компонентов.

К **осадочным месторождениям** относятся аллювиальные и прибрежно-морские россыпи, химические и биохимические осадочные месторождения.

Метаморфизованными называют месторождения любого происхождения, испытавшие метаморфические преобразования одновременно с вмещающими породами. При этом процессы метаморфизма могут выражаться в изменении и преобразовании структур и текстур, изменении характера минерального состава руд, а также в переотложении рудного вещества, изменении формы рудных тел, рассланцевании и изменении состава вмещающих пород.

Под ***метаморфическими*** месторождениями понимают такие месторождения, которые возникли в результате метаморфизма горных пород, до того не содержащих промышленных рудных скоплений и не представляющих собой полезного ископаемого. К возникающим в процессе метаморфизма собственно метаморфическим месторождениям относятся месторождения высокоглиноземистого сырья (кианит, андалузит, силлиманит), графита, гранулированного кварца, слюды, амфибол-асбеста, корунда, наждака, граната, титана и др.

8. СИСТЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Геологическое изучение недр в России производится последовательно и планомерно с тем, чтобы не только получить необходимую геологическую информацию о недрах, но и своевременно выявить промышленные и отбраковать непромышленные скопления полезных ископаемых. В общей системе геологического изучения недр можно выделить три крупных этапа. Этапы геологического изучения включают несколько последовательных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр прогнозирование полезных ископаемых.

Этап II. Поиски и оценка месторождений.

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3.Оценочные работы.

Этап III. Разведка и освоение месторождений.

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На каждой стадии геологического изучения недр осуществляется их геолого-промышленная оценка, заключающаяся в определении действительной или возможной значимости изучаемого участка земной коры, в котором содержатся или могут содержаться скопления полезной минерализации или же предполагается горное строительство. С этой целью исследуются состав и строение горных пород и полезного ископаемого, условия залегания, степень и характер тектонической нарушенности,

гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики месторождения, географо-экономические условия района и т. п.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для более углубленного изучения отдельных разделов геологических дисциплин рекомендуем воспользоваться следующими методическими указаниями.

Часть 1. Минералы.

Часть 2. Магматические горные породы.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Часть 5. Организация геологических экскурсий.

Часть 6. Художественная обработка камнесамоцветного сырья.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

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

С. А. БЕДРИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ

к контрольной работе по дисциплине «Геодезия»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.04 Горное дело
(уровень специалитета)

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Геодезии и кадастров	Горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Акулова Е.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 11.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург, 2019 г

С. А. БЕДРИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ

к контрольной работе по дисциплине «Геодезия»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.04 Горное дело
(уровень специалитета)

Содержание

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ……..…	3
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ГЕОДЕЗИИ…….	5
1.МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЯДА РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ……	5
2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЯДА НЕРАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ..	10
3. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ФУНКЦИЙ ИЗМЕРЕННЫХ ВЕЛИЧИН……..…	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…….....	19

ВВЕДЕНИЕ

Успешному освоению теоретических положений дисциплины «Геодезия» должно способствовать выполнение контрольных работ.

Задания представлены по вариантам. Выбор варианта определяется по порядковому номеру фамилии студента в списке группы.

В начале каждого раздела приведены необходимые для вычислений формулы, текст задач и варианты исходных данных. Подробно описана последовательность действий.

Контрольная работа выполняется в одной ученической тетради. Все записи должны вестись ручкой аккуратно, запрещается исправлять вычисления путем написания “цифры по цифре”.

Желательно оформление выполненной работы с помощью компьютера, в этом случае все листы должны быть сброшюрованы в папке.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ГЕОДЕЗИИ

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЯДА РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания

Выполните обработку ряда равноточных измерений, используя следующие формулы:

1. Средняя квадратическая погрешность (С.К.О.) по формуле Гаусса $m = \pm\sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$

2. Погрешность определения средней квадратической погрешности $m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}}$

3. Средняя погрешность суммы углов треугольника и проверить через С.К.О. по формуле связи $\nu = \frac{[|\Delta|]}{n}$

$(\nu = \frac{4}{5} \cdot m)$

4. Вероятная погрешность по формулам связи с С.К.О. $r = \frac{2}{3} \cdot m$

5. Предельная погрешность измерений $\Delta_{пред} = 3m$

6. Свойство компенсации по сходимости предела $\lim_{n \to \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0$

Задача 1. При измерении углов в триангуляции I класса получены угловые невязки треугольников, значения которых приведены в табл.1. Учитывая, что невязки являются истинными погрешностями суммы углов треугольника возвести в квадрат истинные погрешности по каждому треугольнику и просуммировать их. Найдите:

- среднюю квадратическую погрешность (С.К.О.) по формуле Гаусса;

- погрешность определения средней квадратической погрешности;

- среднюю погрешности суммы углов треугольника и проверить через С.К.О. по формуле связи;

- значение вероятной погрешности по формулам связи с С.К.О.; предельную погрешность измерений; средние арифметические из 5, 10, 15, 20, 25 и 30 невязок и проследив за их изменением, проверить свойство компенсации по сходимости предела.

Сделайте выводы о степени приближения действительного распределения погрешностей к нормальному (по отклонению значений, вычисленным по данным измерений и по формулам связи). Все вычисления производить в таблице.

Таблица 1

Исходные данные угловых измерений

№	Варианты измерений, сек.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	+0,38	-0,45	-0,41	+0,75	-0,79	-0,73	+0,98	+1,36	+0,88	+1,36	+2,03	-1,04
2	+1,36	-0,35	+0,03	-0,63	+0,73	+1,31	-1,15	+0,61	-0,97	-0,73	-0,73	-1,06
3	+0,61	+0,45	-0,45	-1,04	+0,76	+2,03	-0,41	-0,26	-1,36	+0,09	+1,04	-0,14
4	-0,26	-0,72	+0,35	-1,06	-1,20	-0,73	+0,42	+0,74	+0,99	+1,31	+0,51	+0,48
5	+0,74	+0,21	-0,72	-0,14	+0,87	+1,04	-0,18	+1,13	+0,75	-1,57	-0,79	-0,05
6	+1,13	-0,51	+0,25	+0,48	+0,38	+0,51	+0,02	+0,88	-0,63	+0,02	-1,00	-0,34
7	+0,88	+0,25	+0,26	-0,05	+1,36	-0,79	+0,17	-0,97	-1,04	+0,01	+0,09	+0,55
8	-0,97	+0,47	-0,33	-0,34	-0,73	-1,00	+0,06	-1,36	-1,06	-0,08	-0,31	-0,54
9	-1,36	-0,26	+0,73	+0,55	+0,09	+0,09	+0,03	+0,99	-0,14	-0,09	+0,38	+0,98
10	+0,99	-0,33	-1,20	-0,54	+1,31	-0,31	-0,14	+0,75	+0,48	+0,75	+1,36	-1,15
11	+0,75	-0,79	-0,73	+0,98	-1,57	+0,38	-0,45	-0,63	-0,05	-1,06	+0,61	-0,41
12	-0,63	+0,73	+1,31	-1,15	+0,02	+1,36	-0,35	-1,04	-0,34	+0,48	-0,26	+0,42
13	-1,04	+0,76	+2,03	-0,41	+0,01	+0,61	+0,45	-1,06	+0,55	+0,34	+0,74	-0,18

14	-1,06	-1,20	-0,73	+0,42	-0,08	-0,26	-0,72	-0,14	-0,54	-0,54	+1,13	+0,02
15	-0,14	+0,87	+1,04	-0,18	-0,09	+0,74	+0,21	+0,48	+0,98	-0,41	+0,88	+0,17
16	+0,48	+0,38	+0,51	+0,02	+0,75	+1,13	-0,51	-0,05	-1,15	+0,03	-0,97	+0,06
17	-0,05	+1,36	-0,79	+0,17	-1,06	+0,88	+0,25	-0,34	-0,41	-0,45	-1,36	+0,03
18	-0,34	-0,73	-1,00	+0,06	+0,48	-0,97	+0,47	+0,55	+0,42	-0,79	+0,99	+0,61
19	+0,55	+0,09	+0,09	+0,03	+0,34	-1,36	-0,26	-0,54	-0,18	+0,73	+0,38	-0,26
20	-0,54	+1,31	-0,31	-0,14	-0,54	+0,99	-0,33	+0,87	+0,02	+0,76	+1,36	+0,74
21	+0,98	-1,57	+0,38	-0,45	-0,41	+0,38	-0,79	+0,38	-0,05	-1,20	+0,61	+1,13
22	-1,15	+0,02	+1,36	-0,35	+0,03	+1,36	+0,73	+1,36	-0,34	+0,87	-0,26	+0,88
23	-0,41	+0,01	+0,61	+0,45	-0,45	+0,61	+0,76	-0,73	+0,55	+0,38	+0,25	-0,97
24	+0,42	-0,08	-0,26	-0,72	+0,35	-0,26	-1,20	+0,09	-0,54	+1,36	+0,47	-1,36
25	-0,18	-0,09	+0,74	+0,21	-0,72	+0,74	+0,87	+1,31	+0,98	-0,73	-0,26	+0,99
26	+0,02	+0,75	+1,13	-0,51	+0,25	+1,13	+0,38	-1,57	-1,15	+0,09	-0,33	+0,38
27	+0,17	-1,06	+0,88	+0,25	+0,26	+0,88	+1,36	+0,02	-0,41	+1,31	-0,79	+1,36
28	+0,06	+0,48	-0,97	+0,47	-0,33	-0,97	-0,73	+0,01	+0,42	+1,36	+0,73	+0,61
29	+0,03	+0,34	-1,36	-0,26	+0,73	-1,36	+0,09	-0,08	-0,18	+0,61	+0,76	-0,26
30	-0,14	-0,54	+0,99	-0,33	-1,20	+0,99	+1,31	-0,09	+0,02	-0,26	-1,20	+0,96

№	Варианты измерений, сек.											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	+0,75	-0,79	-0,73	+0,98	-1,57	+0,38	-0,45	-0,63	-0,05	-1,06	+0,61	+0,45
2	-0,63	+0,73	+1,31	-1,15	+0,02	+1,36	-0,35	-1,04	-0,34	+0,48	-0,26	-0,26
3	-1,04	+0,76	+2,03	-0,41	+0,01	+0,61	+0,45	-1,06	+0,55	+0,34	+0,74	-0,33
4	+0,55	+0,09	+0,09	+0,03	+0,34	-1,36	-0,26	-0,54	-0,18	+0,73	+0,38	-0,79
5	-0,54	+1,31	-0,31	-0,14	-0,54	+0,99	-0,33	+0,87	+0,02	+0,76	+1,36	+0,73
6	+0,98	-1,57	+0,38	-0,45	-0,41	+0,38	-0,79	+0,38	-0,05	-1,20	+0,61	+0,76
7	-1,15	+0,02	+1,36	-0,35	+0,03	+1,36	+0,73	+1,36	-0,34	+0,87	-0,26	-1,20
8	-0,41	+0,01	+0,61	+0,45	-0,45	+0,61	+0,76	-0,73	+0,55	+0,38	+0,25	+0,87
9	+0,42	-0,08	-0,26	-0,72	+0,35	-0,26	-1,20	+0,09	-0,54	+1,36	+0,47	+0,38
10	-0,18	-0,09	+0,74	+0,21	-0,72	+0,74	+0,87	+1,31	+0,98	-0,73	-0,26	+1,36
11	+0,02	+0,75	+1,13	-0,51	+0,25	+1,13	+0,38	-1,57	-1,15	+0,09	-0,33	-0,73
12	+0,17	-1,06	+0,88	+0,25	+0,26	+0,88	+1,36	+0,02	-0,41	+1,31	-0,79	+0,09
13	+0,06	+0,48	-0,97	+0,47	-0,33	-0,97	-0,73	+0,01	+0,42	+1,36	+0,73	+1,31
14	+0,03	+0,34	-1,36	-0,26	+0,73	-1,36	+0,09	-0,08	-0,18	+0,61	+0,76	+0,06
15	-0,14	-0,54	+0,99	-0,33	-1,20	+0,99	+1,31	-0,09	+0,02	-0,26	-1,20	+0,03

16	-0,97	+0,47	-0,33	-0,34	-0,73	-1,00	+0,06	-1,36	-1,06	-0,08	-0,31	-0,14
17	-1,36	-0,26	+0,73	+0,55	+0,09	+0,09	+0,03	+0,99	-0,14	-0,09	+0,38	+0,09
18	+0,99	-0,33	-1,20	-0,54	+1,31	-0,31	-0,14	+0,75	+0,48	+0,75	+1,36	+1,31
19	+0,75	-0,79	-0,73	+0,98	-1,57	+0,38	-0,45	-0,63	-0,05	-1,06	+0,61	+0,06
20	-0,63	+0,73	+1,31	-1,15	+0,02	+1,36	-0,35	-1,04	-0,34	+0,48	-0,26	+0,03
21	-1,04	+0,76	+2,03	-0,41	+0,01	+0,61	+0,45	-1,06	+0,55	+0,34	+0,74	-0,14
22	-1,06	-1,20	-0,73	+0,42	-0,08	-0,26	-0,72	-0,14	-0,54	-0,54	+1,13	-0,45
23	-0,14	+0,87	+1,04	-0,18	-0,09	+0,74	+0,21	+0,48	+0,98	-0,41	+0,88	-0,35
24	+0,38	-0,45	-0,41	+0,75	-0,79	-0,73	+0,98	+1,36	+0,88	+1,36	+2,03	+0,45
25	+1,36	-0,35	+0,03	-0,63	+0,73	+1,31	-1,15	+0,61	-0,97	-0,73	-0,73	-0,72
26	+0,61	+0,45	-0,45	-1,04	+0,76	+2,03	-0,41	-0,26	-1,36	+0,09	+1,04	+0,21
27	-0,26	-0,72	+0,35	-1,06	-1,20	-0,73	+0,42	+0,74	+0,99	+1,31	+0,51	+0,98
28	+0,74	+0,21	-0,72	-0,14	+0,87	+1,04	-0,18	+1,13	+0,75	-1,57	-0,79	-0,97
29	+1,13	-0,51	+0,25	+0,48	+0,38	+0,51	+0,02	+0,88	-0,63	+0,02	-1,00	-1,36
30	1,04	+0,86	+2,03	+0,41	+0,01	+0,61	+0,43	-1,06	+0,55	-0,34	+0,75	-0,12

Пример выполнения задачи1:

Вариант **

Задача 1

№	**Δ,мм**	**Δ2**	**Δ4**
1	-0,63	0,3969	0,1575
2	-1,04	1,0816	1,1699
3	-1,06	1,1236	1,2625
4	-0,54	0,2916	0,0850
5	+0,87	0,7569	0,5729
6	+0,38	0,1444	0,0209
7	+1,36	1,8496	3,4210
8	-0,73	0,5329	0,2840
9	+0,09	0,0081	0,0001
10	+1,31	1,7161	2,9450
11	-1,57	2,4649	6,0757
12	+0,02	0,0004	0,0000
13	+0,01	0,0001	0,0000
14	-0,08	0,0064	0,0000
15	-0,09	0,0081	0,0001
16	-1,36	1,8496	3,4210
17	+0,99	0,9801	0,9606
18	+0,75	0,5625	0,3164

19	-0,61	0,3721	0,1385
20	-1,04	1,0816	1,1699
21	-1,06	1,1236	1,2625
22	-0,14	0,0196	0,0004
23	+0,48	0,2304	0,0531
24	+1,36	1,8496	3,4210
25	+0,61	0,3721	0,1385
26	-0,26	0,0676	0,0046
27	+0,74	0,5476	0,2999
28	+1,13	1,2769	1,6305
29	+0,88	0,7744	0,5997
30	-1,06	1,1236	1,2625

$[\Delta]$=-0,29’’
$[\left|\Delta\right|]$=22,25’’
$[\Delta^2]$=22,6129’’

Средняя квадратичная погрешность (СКП) по формуле Гаусса:

$$m = \pm\sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} = \pm\sqrt{\frac{22{,}6129}{30}} = 0{,}8681''$$

Погрешность определения средней квадратичной погрешности:

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} = \frac{0{,}8681}{\sqrt{60}} = 0{,}1121''$$

Средняя погрешность суммы углов треугольника и проверка через СКО по формуле связи:

$$\theta = \frac{[|\Delta|]}{n} = \frac{22{,}25}{30} = 0{,}7417''$$

$$\theta = \frac{4}{5} * m = \frac{4}{5} * 0{,}8681 = 0{,}69448''$$

Вероятная погрешность по формулам связи с СКП:

$$r = \frac{2}{3} * m = \frac{2}{3} * 0{,}8681 = 0{,}5787''$$

Предельная погрешность измерений:

$$\Delta_{\text{пред.}} = 3 * m = 3 * \pm 0{,}8681 = \pm 2{,}6043$$

$$\lim_{n\to 5} \frac{-2{,}4}{5} = -0{,}48$$

$$\lim_{n\to 10} \frac{0{,}01}{10} = 0{,}001$$

$$\lim_{n\to 15} \frac{-1{,}7}{15} = -0{,}113333$$

$$\lim_{n\to 20} \frac{-2{,}97}{20} = -0{,}1485$$

$$\lim_{n\to 25}\frac{-1{,}72}{25}=-0{,}0688$$

$$\lim_{n\to 30}\frac{-0{,}29}{30}=-0{,}00966667$$

Свойство компенсации по сходимости предела выполняется.

2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЯДА НЕРАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания

Измерение выполняли *n* раз, причем каждое выполнялось различным числом приемов. Результаты измерения приведены в табл.4.

Принимая вес результата измерения пропорционален числу приемов *c*, выполните обработку полученного ряда. Постройте доверительный интервал, покрывающий с заданной вероятностью неизвестное истинное значение измеряемой величины X, который определяется по формуле:

$$\bar{x}-t_\beta\cdot M \prec X \prec \bar{x}+t_\beta\cdot M,$$

($t_\beta=1{,}8$, с вероятностью 0,90) накрывающий истинное значение.

Необходимые формулы:

1). $\bar{x}=a+\frac{[P\varepsilon]}{[P]}$; 2) $\mu=m=\pm\sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}}$, $v_i=x_i-\bar{x}$; 3). $m_{\bar{x}}=M=\frac{\mu}{\sqrt{[P]}}$.

Предварительные расчеты рекомендуется выполнить в таблице (см. табл. 5).

Задача 2. Даны результаты равноточных независимых многократных измерений одного и того же расстояния, причем каждое выполнялось различным числом приемов его истинное значение L(м). Определить: $\bar{x}$, m, M, m_m, m_M. Построить доверительный интервал, с вероятностью 0,9 ($t_\beta=1{,}8$), накрывающий истинное значение.

Исходные данные:

№ варианта		Высокоточное измерение, ***L***, м,	Многократные измерения, ***l*** , мм						
			Номера измерений						
			1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
1	Измерения, мм	26,752	753	750	755	748	756	745	758
	Число приемов		2	3	4	2	3	5	2
2	Измерения, мм	88,967	980	988	985	990	983	991	996
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2
3	Измерения, мм	136,117	127	110	118	116	115	113	121
	Число приемов		4	2	6	3	8	2	4
4	Измерения, мм	75,053	065	040	061	054	051	056	049
	Число приемов		2	3	4	2	3	5	2
5	Измерения, мм	54,072	082	061	078	065	073	070	075
	Число приемов		4	2	6	1	8	2	4
6	Измерения, мм	46,156	166	145	162	149	160	157	154
	Число приемов		2	3	4	2	3	5	2
7	Измерения, мм	203,221	238	209	231	214	225	217	222
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2
8	Измерения, мм	34,463	473	452	469	456	467	459	466
	Число приемов		5	2	4	3	8	2	5
9	Измерения, мм	87,106	118	093	114	099	110	102	109
	Число приемов		3	2	6	3	8	2	4
10	Измерения, мм	73,725	737	712	733	716	729	728	729
	Число приемов		2	3	4	2	3	5	2
11	Измерения, мм	42,438	446	427	444	431	441	436	439
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2

12	Измерения, мм	51,913	923	902	919	916	911	914	909
	Число приемов		4	2	6	3	8	2	4
13	Измерения, мм	114,447	457	453	450	445	448	443	451
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2
14	Измерения, мм	41,126	122	129	124	127	130	119	132
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2
15	Измерения, мм	175,288	291	286	289	284	292	281	296
	Число приемов		4	2	6	3	8	2	4
16	Измерения, мм	47,336	334	337	339	332	340	329	342
	Число приемов		4	2	6	3	4	2	6
17	Измерения, мм	35,475	476	473	478	471	479	468	481
	Число приемов		4	2	6	3	8	2	4
18	Измерения, мм	113,554	550	555	552	557	558	547	564
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2
19	Измерения, мм	38,646	650	642	647	644	649	639	652
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2
20	Измерения, мм	25,723	733	712	729	724	721	726	719
	Число приемов		4	2	6	3	2	2	5
21	Измерения, мм	103,834	851	816	844	827	835	832	837
	Число приемов		4	2	6	3	8	2	4
22	Измерения, мм	63,987	999	974	996	980	991	988	985
	Число приемов		3	6	4	2	6	3	2
23	Измерения, мм	21,173	183	162	179	166	177	169	173
	Число приемов		3	2	5	2	6	3	2
24	Измерения, мм	56,242	252	231	248	235	246	238	245
	Число приемов		4	2	6	3	8	2	4

Рекомендуемая вспомогательная таблица для промежуточных расчетов:

Измерения, $\boldsymbol{l}$,мм	Постоянная часть, $\boldsymbol{a}$, мм	Переменная часть, $\boldsymbol{\varepsilon}$, мм	Число приемов, $\boldsymbol{c}$	Вес, $\boldsymbol{P}$	$P\varepsilon$	Вероятнейшее значение $x = a + \frac{[P\varepsilon]}{[P]}$	$\boldsymbol{\nu}$, мм	$\boldsymbol{P\nu^2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Пример выполнения задачи 2:

Вариант **

Измерения ° ' "	**Постоянная часть, a ° ' "**	**Переменная часть Ɛ, c**	**Число приёмов b, c**	**Вес P**	**PƐ**	**Вероятное значение $x = a + \frac{[p\varepsilon]}{[p]}$**	**ν, c**	**Pν²**
48 34 20	48 34 20	0	4	0,4	0	48º34'18,74"	+1,26	0,635
15	20	-5	2	0,2	-1		-3,74	2,798
19	20	-1	5	0,5	-0,5		+0,26	0,034
17	20	-3	3	0,3	-0,9		-1,74	0,908
25	20	+5	1	0,1	+0,5		+6,26	3,919
21	20	+1	2	0,2	+0,2		+2,26	1,022
18	20	-2	6	0,6	-1,2		-0,74	0,329
				2,3	**-2,9**			**9,645**

$$M = \pm\sqrt{\frac{19{,}645}{2{,}3 * 6}} = \pm 0{,}836''$$

$$\bar{x} - t_\beta * M \le x \le \bar{x} + t_\beta * M$$

$$48°34'16{,}82'' \le x \le 48°34'20{,}66''$$

3. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ФУНКЦИЙ ИЗМЕРЕННЫХ ВЕЛИЧИН

Методические указания

В практике часто возникают задачи, когда искомую величину непосредственно измерить нельзя, но можно найти ее значение косвенным путем, измерив одну или несколько величин функционально связан с

искомой. Погрешность искомой величины будет зависеть от ошибок аргументов, по которым она вычисляется и от вида функции:

$$m_F^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot m_{x_i}^2 .$$

Решите следующие задачи по вариантам:

Вариант 1

Определить с.к.о. вычисленного горизонтального проложения по формуле: $d = \alpha \cdot \cos^2 \nu$, если $\alpha = 50м$, $\nu = 24°$, $m_l = 0{,}01м$, $m_\nu = 0{,}5'$.

Вариант 2

Определить с.к.о. тангенса кривой, вычисленного по формуле: $T = R \cdot tg\frac{\varphi}{2}$,

если R –радиус, R = 200 м, $m_R = 0{,}02м$, $\varphi = 30°$, $m_\varphi = 1'$.

Вариант 3

Найти с.к.о. приращения координаты Δy, если известны с.к.о. m_l *и* m_α длины линии *l* и дирекционного угла α: $l = 100{,}00м$, $m_l = 0{,}02м$, $\alpha = 30°00'$, $m_\alpha = 1'$.

Вариант 4

Определить с.к.о. площади треугольника по измеренным на плане основанию $a = 6.48см$ и высоте $h = 8.17см$, если $m_a = m_h = 0{,}2см$.

Вариант 5

Найти с.к.о. приращения координаты ΔX, если известны с.к.о. m_l *и* m_α длины линии *l* и дирекционного угла α:. $l = 100{,}00м$, $m_l = 0{,}02м$, $\alpha = 30°00'$, $m_\alpha = 1'$

Вариант 6

В треугольнике измерено три угла: $A = 50° \pm 1'$; $B = 40° \pm 1'$; $C = 90° \pm 1'$ и сторона $b = 150.00м \pm 0{,}05м$, по теореме синусов вычислить сторону *a* и определить ее с.к.о.

Вариант 7

Для определения площади земельного участка, имеющего форму прямоугольника, измерены две стороны: $a = 203.21м \pm 0{,}011м$; $b = 315.42м \pm 0.12м$. Вычислить площадь и ее с.к.о.

Вариант 8

Превышение получено по формуле: $h = S \cdot tg\nu$. Вычислить превышение и его с.к.о., если известны расстояние S и угол наклона ν: $m_s = 1см$, $S = 150м$, $\nu = 7°$, $m_\nu = 1'$.

Вариант 9

Определить с.к.о. приращений координат $\Delta x = S\cos\alpha$, $\Delta y = S\sin\alpha$. Если длина линии $S = 127.0м$, $\alpha = 32°00'$, $m_s = 0.03м$, $m_\alpha = 1.5'$.

Вариант 10

Требуется определить площадь земельного участка прямоугольной формы, размером около 1 га, со средней квадратической ошибкой $m_p = 10м^2$. С какой точностью нужно измерить для вычисления площади: а) две смежные стороны, б)диагональ d, чтобы получить площадь участка с заданной точностью.

Вариант 11

Определить с.к.о. поправки в превышения, если она определена по формуле: $\Delta h = -\frac{h^2}{2L}$, если $h = 5м$, $m_h = 0{,}08м$, $L = 300м$, $m_l = 0{,}01м$.

Вариант 12

По топографическому плану измерены координаты двух точек контура. Получены результаты: $x_1, y_1; x_2, y_2$; с точностью $m_{x_1} = m_{x_2} = m_{y_1} = m_{y_2} = 0{,}1м$. Определить с.к.о. горизонтального проложения D между точками: $D^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$.

Вариант 13

Определить с.к.о. вычисленного превышения по формуле: $h = 0{,}5L \cdot \sin 2\nu$, если $L = 30м$, $m_L = 0{,}01м$, $\nu = 12°$, $m_\nu = 30''$.

Вариант 14

Определить с.к.о. поправки за центрировку инструмента, вычисляемой по формуле: $C = \frac{l \cdot \sin(M + \theta)}{D} \rho''$, если $\rho = 206265,\ D = 3000м,\ l = 10см,\ m_l = 0{,}005м$. M – значение измеренного направления, $M = 35°,\ m_M = 2''$, θ - угловой элемент центрировки, $m_\theta = 20'$.

Вариант 15

Координата x_A т.А на плане определена по формуле: $x_A = x + D \cdot \cos(\alpha + \beta_n \pm 180°)$. Определить с.к.о. x_A, если $m_x = 0{,}07м,\ m_\alpha = 0'{,}05,\ m_D = 0{,}10м$ $m_\beta = 0'{,}1,\ D = 100м,\ \alpha = 100°, \beta = 30°$.

Вариант 16

Определить с.к.о. $m_{\alpha\ кон}$ теодолитного хода, вычисленного по начальному дирекционному углу $\alpha_{нач}$ и результатам измерений 5 углов по ходу, если $m_{\alpha\ нач} = 5'',\ m_\beta = 6''$.

Вариант 17

Превышение получено по формуле: $h = \alpha \cdot \sin \nu + i - V$, где $\alpha = 120м,\ \nu = 2°$, $i = V = 1.60,\ m_S = 0{,}005м,\ m_\nu = 6''$. Определить с.к.о. h.

Вариант 18

Определить с.к.о. площади треугольника, вычисленную по формуле: $S = \frac{1}{2}(l_1 l_2 \cdot \sin \beta)$, где l_1, l_2 - смежные стороны треугольника, β - угол между ними;

если $l_1 = l_2 = 300м,\ \beta = 30°,\ m_{l_1} = m_{l_2} = 0{,}01м,\ m_\beta = 0'{,}1$.

Вариант 19

Определить с.к.о. поправки за температуру при измерении длин линий 30-и метровой рулеткой: $\Delta t = L \cdot \alpha \cdot (t_{из} - t_0)$, если

$L = 300м,\ \ \alpha = 12{,}5 \cdot 10^{-6},\ \ t_0 = 20°,\ \ t_{из} = +10^\circ,\ \ m_{t_{из}} = 0{,}1^\circ C,\ \ m_{t_0} = 0^\circ C.$

Вариант 20

Превышение получено по формуле: $h = \alpha \cdot \sin\nu + i - V$, где $\alpha = 370м,\ \ \nu = 15°$,

$i = 1.44м,\ \ V = 3м,\ \ m_S = 0{,}01м,\ \ m_\nu = 0'{,}2$. Определить с.к.о. h.

Вариант 21

Определить с.к.о. центрального угла круговой кривой, стягивающейся хордой b, вычисляемой по формуле: $\sin\frac{\theta}{2} = \frac{b}{2R}$, *если* $R = 100м,\ \ b = 100,\ \ m_b = 0{,}01м$.

Вариант 22

В ГГС 1 класса, на концах базисных сторон определены азимуты Лапласа, которые вычисляют по формуле: $A = a - (\lambda - L)\sin\varphi$. Определить, с какой точностью должен быть определен астрономический азимут a, разность долгот $(\lambda - L)$ и широта φ, чтобы азимут был получен не грубее $0.5''$, $\varphi = 60°$, $(\lambda - L) = 15''$.

Вариант 23

Координата y_A т.А на плане определена по формуле: $y_A = y + D \cdot \cos(\alpha + \beta_n \pm 180°)$. Определить с.к.о. y_A, если $m_y = 0{,}12м,\ \ m_\alpha = 2'',\ \ m_D = 0{,}01м$ $m_\beta = 0'{,}1,\ \ D = 300м,\ \ \alpha = 40°, \beta = 100°$.

Вариант 24

Определить с.к.о. превышения, полученного по формуле: $h = S \cdot tg\alpha$, где горизонтальное проложение $S = 143{,}5м$; угол наклона $\alpha = 2°30';\ \ h = 6{,}27м;\ \ m_S = 0{,}05м;\ \ m_\alpha = 1{,}0'$.

Пример выполнения задачи 3:

Вариант **

Дано:

$m_y = 0.12$ *м;* $m_\lambda = 0.1'$ *;* $m_D = 0.001$ *м* $D = 300$ *м*

$y = y + D*\cos\lambda$

Найти:m

Решение:

F(y,D,λ) = y + D*cosλ

$$m^2 = 1 * 0.12^2 + (cos 0.1')^2 * 0.001^2 + 300 * (\sin 0.1')^2 * 0.00002909^2 =$$

= 0.0144+0.0000005868+0.0000001049 = 0.0144 м

m = ±0.12 м

Ответ: m = ±0.12 м

Список использованной литературы

1. Бедрина, С. А. Математическая обработка результатов геодезических измерений: методические указания к лабораторным работам для специальности 120700. - Екатеринбург : УГГУ, 2011. - 44 с.

2. Геодезия [Текст] : руководство по выполнению лабораторных работ для студентов укрупненной группировки направлений / Г. П. Козина ; Уральский государственный горный университет. - 5-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2016. - 40 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

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

Г. П. КОЗИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «Геодезия»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.04 Горное дело
(уровень специалитета)

Одобрена на заседании кафедры

Геодезии и кадастров
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Акулова Е.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 8 от 11.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

Горно-технологического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург, 2019 г

Г. П. КОЗИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «Геодезия»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.04 Горное дело
(уровень специалитета)

СОДЕРЖАНИЕ

1.	РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ	4
1.1.	Определение расстояний	6
1.2.	Определение географических коорданат	7
1.3.	Определение прямоугольных координат	7
1.4.	Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны	8
1.5.	Определение дирекционного угла, истинного азимута и магнитного азимута линии	8
1.6.	Определение отметок точек и превышения между точками	9
1.7.	построение профиля местности по заданному направлению	10
1.8.	Определение крутизны ската	11
1.9.	Проектирование линии с заданной крутизной ската	12
1.10.	Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром	15
2.	РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ	17
2.1.	Привязка аэроснимка к топографической карте	17
2.2.	Определение масштаба аэрофотоснимка и высоты фотографирования	18
3.	СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА	20
3.1.	Построение координатной сетки	20
3.2.	Нанесение точек съемочного обоснования по координатам	22
3.3.	Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей	23
3.4.	Вычерчивание топографического плана	25
4.	ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ	27
4.1.	Обработка результатов нивелирования	27
4.2.	Построение профиля	30
4.3.	Проектирование по прифилю	32
5.	РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ	34
5.1.	Измерение горизонтальных и вертикальных углов	34
5.2.	Измерение расстояний нитяным дальномером	37
5.3.	Измерение превышений	38

I. РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ

Для современных топографических карт установлены следующие масштабы: 1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

Топографические карты широко используются в народном хозяйстве для решения различных инженерных задач и служат основой для создания карт специального назначения.

Листы топографических карт различных масштабов объединены специальной системой разграфки и номенклатуры, основой которой является лист карты масштаба 1:1000 000. Каждый лист топографической карты ограничен с севера и юга параллелями, а с запада и востока – меридианами. Линии меридианов и параллелей образуют внутреннюю географическую рамку листа топографической карты, а их пересечение – углы рамки, которым соответствуют географические координаты, подписываемые на карте (широта φ и долгота λ). Например, координаты северо-западного угла рамки (рис. 1.1.).

$$\varphi = 54^0 20' \ , \ \lambda = 14^0 15'$$

Параллельно линиям географической раски с внешней ее стороны на карте показывается минутная рамка, линии которой разделены на черные и белые интервалы. Длины интервалов по северной и южной сторонам рамки соответствуют одной минуте долготы, а по западной и восточной – одной минуте широты.

Каждый интервал минутной рамки разбит точками на интервалы по 10". С помощью минутной рамки определяют географические координаты точек на карте: широта φ и долгота λ .

Для определения плоских прямоугольных координат точек на топографических картах наносится прямоугольная координатная сетка.

Линии координатной сетки проходят параллельно осям координат зоны, в которой расположен данный лист. Обычно линии координатной сети проходят через 1 км. Оцифровка линий координатной сетки дается у их выходов за географической рамкой (рис. 1.1). Полные абсциссы и ординаты в (километрах) подписываются на выходах крайних линий данного листа. Остальные линии подписываются двумя последними цифрами.

Например:

абсциссы: 6019, 20, 21, 22, 6023,

ординаты: 3452, 53, 54, 3455.

Листы топографических карт сопровождаются зарамочным оформлением. Над северной рамкой указывается номенклатура листа, его название, система координат (рис. 1.1.). Под южной рамкой указывается численный и линейный масштабы карты, высота сечения рельефа, система высот, данные о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, график заложений, вызодные данные, указывающие метод и год создания карты.

Между минутной и внешней рамками помещены номенклатуры смежных листов карт того же масштаба. На топографических картах специальными условными знаками изображаются контуры и рельеф местности, а также прочие сведения о ней.

Наличие на картах географической и прямоугольной сеток координат, данных о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, графика заложений и других данных позволяет решать по карте различные топографические и инженерные задачи.

студентами работы выполняются по топографической карте масштаба 1:10 000 на специальных бланках.

1.1. Определение раастояний

Циркулем – измерителем снимается величина отрезка на топографической карте между заданными точками. По линейке до 0,01 см измеряют длину этого отрезка ($\ell_{см}$). С помощью численного масштаба карты (I:M) определяется расстояние на местности (D) в метрах

$$D = \ell \cdot M,$$

где ℓ - длина отрезка с карты, измеренная по линейке в см;

M – знаменатель численного масштаба карты.

Пример: ℓ=4,25 см, *M* – 10 000, *D* = 4,25 **&** 10 000 = 42 500 см = 425 м.

Это же расстояние определяют с помощью линейного масштада, который помещается за южной рамкой листа карты под численным масштабом (рис. 1.1). Для этого циркулем – измерителем отрезок с карты откладывается на линейном масштабе так, чтобы правая игла измерителя была поставлена на оцифрованное деление линейного масштаба справа от «0», а левая игла попадала на первое (дробное) основание – слева от «0». По линейному масштабу справа налево считывается расстояние в метрах.

$D = 425$ м.

1.2. Определение географических координат φ λ

Географические координаты определяются по минутной рамке. Для определения широты φ через точку (Рис. 1.1 точки N) проводят параллель до пересечения с минутной рамкой. По западной или восточной сторонам рамки, считают число минут и секунд ($\Delta\varphi$) между южной стороной рамки и параллелью данной точки.

Широта (φ) точки будет $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$, φ_0 - широта южной стороны рамки, долгота - $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$, λ_0 - долгота западной стороны рамки.

Для определения долготы через точку проводят меридиан и по северной или южной стороне минутной рамки отсчитывают долготу (λ).

Пример: определить φ и λ точки *N* (Рис. 1.1).

$$\lambda_0 = 54^0 17' 30'' \quad \Delta\varphi = 1' 53'' ,\ \varphi_N = 54^0 17' 30'' + 1' 53'' = 54^0 19' 23''$$

$$\lambda_0 = 14^0 15' \quad \Delta\lambda = 0' 32'' ,\ \lambda_N = 14^0 15' + 0' 32'' = 14^0 15' 32''$$

1.3. Определение прямоугольных координат X и Y

Прямоугольные координаты точки на карте определяются по координатной сетке. Для этого из точки опускают перпендикуляры на южную и западную стороны квадрата координатной сетки. Измерителям с помощью линейного масштаба определяют расстояния по этим перпендикулярам в метрах, которые представляют приращения координат ΔX и ΔY по оси абсцисс и оси ординат. Полученные приращения прибавляют к оцифрованным координатам сетки X_i и Y_i.

Пример: определить прямоугольные координаты точки D (рис. 1.1).

$$X_D = X_i + \Delta X \ , \ Y_D = Y_i + \Delta Y$$

X_i - абсцисса южной горизонтальной линии сетки квадрата, в котором находится D.

$$X_i = 6022 \text{ км} ,$$

Y_i - ордината западной вертикальной линии этого же квадрата.

$$Y_i = 3453 \text{ км} .$$

$$\Delta X = 684м = 0{,}684км \ , \ \Delta Y = 460м = 0{,}460км$$

$$X_D = 6022км + 0{,}684км = 6022684м$$

$$Y_D = 3453км + 0{,}460км = 3453460м \ .$$

1.4. Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны.

Долгота осевого меридиана зоны вычисляется по формуле:

$$L_0 = 6^0 \cdot n - 3^0 ,$$

где n – номер зоны.

Для $n = 3$ $L_0 = 6^0 \cdot 3 - 3^0 = 15^0$

Расстояние от осевого меридиана до точки определяется по формуле:

$$d_D = Y_D - 500км \ , \ Y_D = 453460м$$

где Y_D - ордината точки.

$$d_D = 453460м - 500км = -46540м$$

следовательно, точка D расположене к западу от осевого меридиана на расстоянии 46540 м.

1.5. Определение дирекционного угла α, истинного азимута A и магнитного азимута азимута A_m линии.

Для определения дирекционного угла заданной линии через начальную точку линии проводят прямую параллельную оси абсцисс, направлением на север (рис. 1.1., линия 1 – 2), от которой транспортиром измеряют угол по ходу часовой стрелки до направления на конечную точку линии.

Пример: $\alpha_{1-2} = 238^0$.

Истинный и магнитный азимуты вычисляют по формулам, пользуясь данными о сближении меридианов и склонении магнитной стрелки или по графику взаимного расположения меридианов.

$$A = \alpha + \gamma \ ,$$

$$A_m = \alpha - (\delta - \gamma) .$$

где γ - сближение меридианов,

δ - склонение магнитной стрелки.

При вычислении A и A_m по формулам учитываются знаки δ и γ. Азимут истинный $A = 238^0 + (-0^0 35') = 237^0 25'$.

Азимут магнитный $A_m = 238^0 - (0^0 45' - (-0^0 35')) = 236^0 40'$.

Контроль вычисления A и A_m выполняют с помощью графика взаимного расположения меридианов (рис. 1.2).

Схема взаимного расположения меридранов

Из схемы видно, что $A_m = \alpha$ - (-0^0 35¶+0^0 45¶).

Для определения магнитного азимута на текущий год необходимо учесть годовое изменение склонения магнитной стрелки $\Delta\alpha = +2'$

2¶ & 34 года = 68 = 1^0 08¶ ; δ = 0^0 45¶ + 1^0 08¶= 1^0 53¶.

На 1993 год A_m = 238^0 – (0^0 35¶ + 1^0 53¶) = 238^0 – 2^0 28¶ = 235^0 32¶.

1.6 Определение отметок точек и превышений

Отметки точек на карте определяют по горизонталям. если точка находится на горизонтали, то ее отметка равна отметке этой горизонтали. Точки I находится на горизонтали с отметкой 187,5 м. Следовательно, H_I = 187,5 м (рис. 1.3).

Если точка находится между горизонталями, то ее отметка определяется по формуле $H = H_0 + h'$

где H_0 - отметка ближайшей к точке горизонтали,

h' - превышение между точкой и горизонталью H_0.

Превышение h' может быть как положительным, так и отрицательным. Зная, что высота между горизонталями изменяется пропорционально заложению, h' определяют по формуле: $h' = \frac{h \cdot в}{a}$,

где h – высота сечения рельефа,

a - расстояние между горизонталями (заложение),

$в$ – расстояние от точки до ближайшей горизонтали H_0.

Пример: Определить отметку H точки 2.

$$h = 2{,}5м \ , \ в = \frac{I}{2}a \ , \ h' = \frac{2{,}5}{2} = 1{,}25м \ ,$$

$$H_0 = 190{,}0 \text{ , } H_2 = H_0 + h' = 190{,}0м + 1{,}25м = 191{,}2м.$$

Привышение между двумя точками (точки I и 2) находят как разность отметок этих точек

$$h_{1-2} = H_2 - H_1,$$

$$H_I = 187{,}5м \text{ , } \quad H_2 = 191{,}2м \text{ ,}$$

$$h_{1-2} = 191{,}2м - 187{,}5 = +3{,}7м.$$

Рис. 1.3. Определение отметок точек

1.7. Помтроение профиля местности по заданному направлению

Профиль по заданному направлению строят по отметкам точек, расположенных на этой линии. Горизонтальный масштаб 1:10 000 (равен масштабу карты), вертикальный – 1:1 000. Пример: Построить профиль по линии 3 – 4 (рис. 1.4.). (Сплошные горизонтали проведены через 2,5 м).

Для построения профиля на миллиметровой бумаге проводят прямую АВ – основание профиля (рис. 1.5), на которую переносят все точки пересечения (а,в,с…) заданного направления с горизонталями карты, и подписывают их отметки. Основанию профиля дают условную отметку H_0 , которая должна быть меньше минимальных отметок точек линии на 15 – 30 м. В примере H_0 = 170,0 м). К основанию профиля в отмеченных точках проводят пунктиром перпендикуляры, на которых откладывают в данном вертикальном масштабе (1:1000) значения отметок. Полученные точки соединяют отрезками прямых линий.

Шкала отметок в вертикальном масштабе

Рис. 1.5. Профиль по заданному направлению

1.8. Определение крутизны ската

Крутизна ската ν^0 определяют по графику заложений (рис. 1.6.). Для этого измерителем берут заложение «а» (в примере по направлению СД), которое затем откладывают на графике заложений вдоль его вертикальных линий. Затем по основанию графика заложений определяют угол наклона, характеризующий крутизну ската (рис. 1.6.).

$$\nu^0 = 1^0,3.$$

График заложений

Рис. 1.6. Определение крутизны ската

1.9. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Между точками 1 и 2 (рис. 1.7.) спроектировать линию с крутизной ската не более 2 ^{0}. Для решения этой задачи по графику заложений измерителем берут заложение, которое соответствует заданной крутизне ската $\nu^0 = 2^0$. Этим раствором циркуля из точки I засекают следующую горизонталь и получают точку «а», затем из точки «а» засекают этим же раствором циркуля следующую горизонталь, получают точку «б» и т.д.

Соединив все точки, получают линию заданного уклона.

Задание выполняют на кальке, на которую предварительно копируют участок местности с горизонталями вдоль проектируемой линии.

Рис. 1.7. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

1. Расстояние между точками

D = 4,25 см х 10 000 = 425 м по численному масштабу

По линейному масштабу D = 400 м + 25 м = 425 м

2. Географические координаты точек

$$\varphi_Д = 54^0 19' 37'' \qquad \lambda_N = 54^0 19' 23''$$

$$\lambda_Д = 14^0 17' 07'' \qquad \lambda_N = 14^0 15' 32''$$

3. Прямоугольные координаты точек

$X_Д$ = 6022584 м X_N = 6022264 м

$X_Д$ = 453460 м $У_N$ = 451788 м

4. Долгота осевого меридиана зоны

$$L_0 = 6^0 \ \& \ n - 3^0 = 6^0 \ \& \ 3 - 3^0 = 15^0$$

5. Расстояние точки от осевого меридиана зоны

$d_Д = У_Д$ -500 км = 453460 м – 500 км = - 46540 м

6. Дирекционный угол и азимуты линии (1-2)

Дирекционный угол α = 238 ^{0}

Истинный азимут А = 237^0 25¶

Магнитный азимут A_m = 236^0 40¶

На 1993 г. магнитный азимут A_m = 235^0 32¶

7. Абсолютные отметки точек

H_1 = 187, 5 м

H_2 = 191,2 м

8. Превышение между точками

$$h = H_2 - H_1 = 191{,}2 \text{ м} - 187{,}5 \text{ м} = + 3{,}7 \text{ м}$$

9. профиль местности по заданной линии

10. Крутизна ската ν^0

$$\nu^0_{max} = 7^0 \qquad \nu^0_{min} = 7^0{,}5$$

11. Проектирование линии с крутизной ската не более 2^0

Преподаватель МД-94-1

Петров

1.10. Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром

полярный планиметр состоит из двух рычагов: полюсного и обводного. Обводный рычаг имеет ручку со шпилем для обвода контуров и подвижную каретку со счетным механизмом. Вместо шпиля может использоваться марка (точка, окружность), выгравированная на стеклянной пластине. полюсный рычаг на одном конце имеет груз с иглой, которая при обводе контура накалывается на бумагу и служит полюсом планиметра. На другом конце этого рычага находится шарнирная головка, которая вставляется в углубление на каретке счетного механизма и соединяет тем самым оба рычага планиметра в одно целое.

Рис. 1.8. счетный механизм планиметра

Счетный механизм планиметра (рис. 1.8.) состоит из циферблата (1) счетного колеса (2) , вращающегося на оси, параллельной обводному рычагу и верньера (3). При обводе фигуры счетное колесо катится по бумаге и дает отсчет. Первую цифру отсчета берут с циферблата, одно деление которого соответствует целому обороту счетного колеса (4) . Следующие две цифры отсчета берут со счетного колеса по нулевому штриху верньера 32 . Четвертая цифра отсчитывается по верньеру – это номер штриха верньера, совпадающего со штрихом счетного колеса - 5. Отсчет на рис. 1.8 равен 4323. площадь, измеренную планиметром вычисляют по формуле:

$$S = C \cdot \Delta h_{cp.} \quad \Delta n = n_2 - n_1$$

где: C - цена деления планиметра;

n_1 - отсчет по планиметру до обвода контура;

n_2 - отсчет по планиметру после обвода контура.

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

Определение площади на топокартах планиметром							
Обвод квадрата километровой сетки топокарты					Обвод контура измеряемой площади		
Приемы	Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn		Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn
I	n_1	1102	994		n_1	0085	1184
	n_2	2096			n_2	1269	
	n_2	2096			n_2	1269	
II			993				1191
	n_3	3089			n_3	2460	
	n_3	3089			n_3	2460	
III			986				1195
	n_4	4075			n_4	3655	
$\Delta n_{ср} = 991{,}0$					$\Delta n_{ср} = 1190$		
Площадь квадрата 100 га					Измеряемая площадь $S = C \cdot \Delta n_{ср}$ S = 0,1009 **&** 1190 = 120,1 га		
Цена деления планиметра $C = \frac{100га}{\Delta n_{ср}} = \frac{100}{991} = 0{,}1009га$					МД -94-2 Петров		

Цену деления планиметра определяют обводом квадрата координатной сетки на топографической карте масштаба 1:10 000, площадь которого известно (P_0 = 100 га).

Для измерения площади устанавливают полюс планиметра вне контура так, чтобы при обводе угол между обводным и полюсным рычагами был в пределах от 30 ^{0} до 150 ^{0}.

Затем устанавливают обводной шпиль над выбранной начальной точкой квадрата и берут по отсчетному механизму отсчет n_1. Обводят квадрат по часовой стрелке до исходной точки и берут отсчет n_2.

Затем выполняют следующие обводы, не меняя положения полюса; берут отсчеты n_3 и n_4. Отсчеты записывают в специальный бланк. Вычисляют разности отсчетов: $\Delta n_1 = n_2 - n_1$, $\Delta n_2 = n_3 - n_2$, $\Delta n_3 = n_4 - n_3$.Расхождение разностей не должно превышать 10 – 12 делений.

Находят среднее арифметическое из разностей по трем приемам:

$$\Delta n_{cp} \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3} = \frac{994 + 993 + 986}{3} = 992$$

цену деления планиметра вычисляют по формуле:

$$C = \frac{P_0}{\Delta n_{cp}} = \frac{100 га}{991} = 0{,}1009 га .$$

Заданную площадь по топографической карте измеряют также тремя приемами, обводя эту площадь по контуру (см. образец бланка, стр. 16).

$$S = C \cdot \Delta n_{ch} = 0{,}1009 \cdot 1190 = 120{,}1 га \ .$$

2. РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ

Современные топографические карты создаются с помощью аэрофотосъемки. Аэрофотосъемка характеризуется масштабом

фотографирования, фокусным расстоянием аэрофотоаппарата, высотой фотографирования, форматом кадра и рядом других характеристик, которые можно определить непосредственно по аэрофотоснимкам.

2.1. Привязка аэроснимка к топографической карте

Для выполнения задания используют аэроснимок и соответствующую карту. Привязка снимка к карте заключается в отождествлении фотоизображения контуров границ снимка с их графическим изображением на топографической карте. С этой целью рассматривают аэрофотоснимок и карту, опознавая на них идентичные объекты: населенные пункты, элементы дорожной сети, гидрография, контуры растительного покрова и т.д. Изучив изображения идентичных объектов на аэрофотоснимке и карте, с помощью штриховых наметок карандашом фиксируют на карте примерные границы снимка. Если привязка аэрофотоснимка сделана правильно, то полученная фигура должна быть близка к квадрату.

2.2. Определение масштаба аэрофотоснимка
и высоты фотографирования

Масштаб аэрофотоснимка определяют по формуле:

$\mathbf{1} := \frac{\ell}{\boldsymbol{L} \cdot \boldsymbol{M}}$, отсюда знаменатель масштаба аэроснимка $\boldsymbol{m} = \frac{\boldsymbol{L}}{\ell} \cdot \boldsymbol{M}$,

где: ℓ - длина отрезка на аэрофотоснимке;

$\boldsymbol{L}$ - длина этого же отрезка на топографической карте;

$\boldsymbol{M}$ - знаменатель масштаба карты;

$\boldsymbol{m}$ - знаменатель масштаба аэроснимка.

Для определения масштаба аэрофотоснимка используют два отрезка, концы которых опознают на аэрофотоснимке и карте с погрешностью не более 0,2 мм. С этой целью используют четкие контурные точки аэрофотоснимка и карты: перекрестки дорог, углы построек, углы леса и сельхозугодий.

Оба отрезка должны проходить примерно через главную точку аэроснимка, а расстояния от главной точки до концов отрезка должны быть примерно равными (допустимая разность длин не должна превышать 1 – 2 см). Главная точка «0» аэрофотоснимка находится в точке пересечения линий, соединяющих координатные метки аэрофотоаппарата, изображения которых располагаются в середине каждой из четырех сторон аэрофотоснимка (рис. 2.1.).

Рис. 2.1. Определение главной точки аэроснимка

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА АЭРОФОТОСНИМКА

И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

Аэроснимок № 034

Лист карты Y-35-38-А-в-3

Исходные данные

Масштаб карты 1:M = 1:10 000

Фокусное расстояние аэрофотоаппарата f = 100 мм

$$m = \frac{L \cdot M}{\ell} \qquad H = m_{cp} \cdot f$$

допуст. $\Delta m = \frac{2 \cdot \Delta d \cdot M}{\ell_{cp}}$

M = 10 000

Схема расположения отрезков на аэроснимке

Измерение длины отрезков

на аэроснимке	на карте
ℓ_1 = 178,7 мм	L_1 = 195,2 мм
ℓ_2 =148,3 мм	L_2 = 217,0 мм
m_1 = 10926	m_2 = 10943
$\Delta m = m_1 - m_2 = 17$	доп. $\Delta m = 280$

$$m_{cp} = 10934$$

Высота фотографирования

H = 1093 м

Преподаватель

МД-94-1

Иванов

Опознав выбранные точки аэрофотоснимка на топографической карте, измеряют отрезок с помощью измерителя и линейки. Вычисления выполняют в бланке (стр. 19). Разность знаменателей масштаба Δm аэрофотоснимка, полученная из определений по двум отрезкам, не должна превышать величины:

допустимая $\Delta m = \frac{2\Delta d \cdot M}{\ell_{ср}}$, $\Delta m = m_2 - m_1$

где: Δd - допустимая ошибка положения контуров на топографической карте ($\Delta d = \pm 1 мм$).

В качестве окончательного значения знаменателя масштаба аэрофотоснимка принимают его среднее значение из двух определений:

$$m_{ср} = (m_1 + m_2) : 2 \quad .$$

Высоту фотографирования определяют по формуле:

$$H = f \cdot \frac{L \cdot M}{\ell} \quad \text{или} \quad H = f \cdot m_{ср} \ ,$$

где f - фокусное расстояние аэрофотоаппарата, которым была выполнена аэрофотосъемка.

Фокусное расстояние задается преподавателям.

Высоту фотографирования вычисляют в метрах.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

По данным топографической съемки необходимо составить топографический план местности в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 1 м.

Составление плана выполняют в такой последовательности:

построение координатной сетки;

нанесение точек съемочного обоснования по координатам;

нанесение ситуации, точек рельефа на план и проведение горизонталей;

вычерчивание топографического плана.

3.1. Построение координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги размером 289 х 210 мм (формат А 4). Стороны координатной сетки принимают равными 5 х 5 см.

Для построения сетки на листе бумаги карандашом проводят диагонали (относительно углов листа). Из точки пересечения диагоналей откладывают на них циркулем-измерителем 4 равных отрезка (полудиагонали) длиной 12 – 13 см (рис. 3.1.), получают точки а,б,в,г. Соединив эти точки на диагоналях, получают стороны вспомогательного прямоугольника а,б,в,г, на которых, начиная от точки г, измерителем откладывают равные отрезки (по 5 см) – стороны сетки квадратов. Общий размер сетки 20 см по оси *Х*, 15 см – по оси *У*.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должны превышать 0,2 – 0,3 мм. После контроля все вспомогательные построения (на рис. 3.1.показаны пунктиром) убирают.

3.2. Нанесение точек съемочного обоснования по координатам

Для нанесения точек съемочного обоснования по координатам сетку координат оцифровывают через 100 метров. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. Координаты юго-западного угла сетки выбирают так, чтобы точки съемочного обоснования разместились примерно в середине сетки. От юго-западного угла к северу подписывают абсциссы Х, к востоку – ординаты У.

Координаты, высоты точек съемочного обоснования и горизонтальные проложения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Номера точек	Координаты		Высоты, м	Горизонт. проложен., м
	X	У		
I	5319,8	2490,0	148,2	
				169,2
2	5488,8	2481,6	156,6	
				155,8
3	5469,6	2636,3	154,7	
				159,2
4	5311,2	2619,8	146,5	
				130,1

в примере координаты юго-западного угла удобно взять равными X = 5,2 км, У = 2,4 км (рис. 3.4). Нанесение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля – измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате располагается данная точка. Затем значение абсциссы циркулем-измерителем откладывают по обеим сторонам квадрата, наколы соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты У. Делают накол, полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом слева подписывают номер точки, справа отметку до 0,1 м. Накладку точек съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения между двумя точками циркулем - измерителем берут по масштабной линейке и сравнивают с расстоянием между соответствующими точками на плане. Расхождение между этими величинами допускается 0,2 мм на плане (рис. 3.4.).

3.3. Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей

Ситуацию наносят на план по данным полевых измерений и абрисов (рис. 3.2 табл. 3.2).

Съемочные пикеты, снятые полярным способом, наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления по ходу часовой стрелки, а горизонтальное проложение по линейке или циркулем-измерителем в заданном масштабе. Полученную точку обводят кружочком, рядом подписывают номер и отметку. Руководствуясь абрисом и записями, сделанными в примечании, вычерчивают условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями (рис. 3.2.).

Нанесение съемочных пикетов, снятых на местности способом прямоугольных координат (перпендикуляров), производят с помощью линейки и треугольника, откладывая по линейке расстояния, указанные в абрисе, вдоль начального направления и перпендикулярно к нему в масштабе 1:2000 (рис. 3.2 а., начальное направление линия 3 – 4).

Рис. 3.2. а) Съемка способом перпендикуляров

Таблица 3.2

Исходные данные к составлению
топографического плана
станция 1 H_1 = 148,2
начальное направление на т.2

Пикет	Гориз. угол ^{0}	Гориз. пролож.	Высоты Н, м	Примечание
1	350	20,0	150,0	гран. пашни
2	5	92,0	155,0	гран. пашни
3	27	64,5	153,2	шосс. дор.
4	44	94,0	153,7	шосс. дорога (шир. 5 м

Проводят горизонтали по отметкам точек с высотой сечения 1 м путем линейного интерполирования отметок по линии ската. в результате интерполирования находят на плане точки, отметки которых кратны принятому сечению. (На рис. 3.3 проведены горизонтали и отметками 154 и 153 м).

Рис. 3.3. Проведение горизонталей: а) графическим интерполированием, б) с помощью палетки

Горизонтали можно провести с помощью палетки. Для изготовления палетки берут восковку размером примерно 7 х7 см. На восковке проводят ряд параллельных линий через равные интервалы (0,5 см или 1,0 см), подписывают их значениями отметок через 1 метр, начиная с минимальной отметки (например 151, 152 и т.д. (рис. 3,3 б). Затем палетку накладывают на 2 соседние А и Б точки на плане таким образом, чтобы эти точки заняли на палетке соответствующее положение по высоте (152,4 и 154,4). Направление линии АБ пересекает линии палетки в точке «а» с отметкой 153 м, в точке «б» с отметкой 154 м. Точки «а» и «б» перекалывают на план и подписывают их

отметки. Таким же образом находят положение горизонталей между другими точками на плане. Соединяя точки с одинаковыми отметками плавными линиями, проводят горизонтали.

3.4. Вычерчивание топографического плана

План оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500».

Вычерчивают план в следующей последовательности:

пункты съемочного обоснования;

здания, постройки, отдельные местные предметы;

дороги, линии электропередач, просеки, границы контуров и другие элементы линейной протяженности;

надписи объектов и отметки высотных точек.

Вычерчивают горизонтали, выделяют утолщенные горизонтали краткие 5 метрам, размещают надписи горизонталей;

почвенно-растительный покров (условные знаки угодий, лес, луг и пр.);

рамку и зарамочное оформление.

Топографический план вычерчивают в карандаше.

Образец топографического плана приведен на рис. 3.4.

Рис. 3.4. Вычерчивание топографического плана

4. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Трассой называют ось проектируемого линейного сооружения: дороги, канала, трубопровода и др. Профиль трассы является основным графическим, по которому выполняется проектирование высотного положения будущего инженерного сооружения. Строят профиль по результатам технического нивелирования пикетов, закрепленных на трассе через 100 м, промежуточных точек и поперечников.

4.1. Обработка результатов нивелирования

По результатам технического нивелирования по пикетажу трассы (рис. 4.1.) разбитой между пикетами 0 и 6 с известными отметками (H_0 = 127,410 м, H_6 = 133,446 м), получены превышения $h_{изм.}$, которые выписаны в специальную ведомость вычисления отметок в графу 2 (табл. 4.1., стр. 29).

Сначала вычисляют невязку нивелирного хода f_h и допустимое значение невязки доп. f_h по формулам:

$$f_h = \sum h_{изм.} - (H_6 - H_0) ,$$

доп. $f_h = 50мм\sqrt{L_{км}}$, где: f_h - полученная невязка нивелирного хода, $\sqrt{h_{изм.}}$ - сумма измеренных превышений по всему нивелирному ходу H_6 – отметка конечного пикета (ПК 6), H_0 - отметка начального пикета (ПК 0), L – длина хода в км (0 . 6 км.).

f_h = + 6016 – (133,446 – 127,410) = 6016 – 6036 = - 20 мм;

доп. $f_h = 50мм\sqrt{0{,}6_{км}} = 40мм$.

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком на все измеренные превышения, для чего находим поправки δ_h к превышениям ($h_{изм}$).

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}$$, где n – число превышений.

Поправки округляют до целых миллиметров, распределяют так, чтобы сумма поправок была равна невязке с обратным знаком. В примере $\delta_h = -(-\frac{20мм}{9}) = +2мм$ (и остаток 2 мм). Остаток 2 мм распределяют еще по 1 мм на 2 превышения Таким образом, в нашем примере два превышения получили поправку по 3 мм, а семь превышение – по 2 мм.

Контроль: $\sum \delta_h \cdot 7 + 3мм \cdot 2 = +20мм$

Поправки выписывают в графу 2 над значениями $h_{изм.}$ В графу 3 записывают исправленные превышения ($h_{испр.}$), которые вычисляют по формуле.

$h_{испр.} = h_{изм.} + \delta_h$ = + 8800 +2 = + 0802; - 2100 + 2 = - 2098 и т.д.

Контроль: $\sum h_{испр.} = H_6 - H_0$

Рис. 4.1. Схема нивелирного хода

Далее вычисляют отметки пикетов плюсовых точек оси трассы, отметки поперечного профиля.

Отметки пикетов и плюсовых точек трассы вычисляют по формуле;

$$H_n = H_{n-1} + h_{испр.},$$

где: H_n -отметка определяемого пикета

H_{n-1} - отметка предыдущего пикета

$h_{испр.}$ - исправленное превышение между предыдущим и определяемым пикетами.

В нашем примере:

$$H_1 = H_0 + h_{испр.} = 127{,}410 + 0{,}802 = 128{,}212,$$

$$H_2 = H_1 + h_{испр.} = 128{,}212 - 2{,}098 = 126{,}114.$$

Контролем правильности вычисления отметок является полученная в результате вычисления отметка конечного пикета (ПК 6), (H_6 = 133,446 м). Отметки всех точек записывают в графу 4 используя полученные отметки пикетов оси трассы, вычисляют отметки точек поперечника.

В ведомости вычисления отметок нивелирного хода выписаны превышения между пикетом 5 и точками поперечного профиля.

Отметки точек поперечного профиля вычисляют по формуле:

$$H_1 = H_5 + h_i \ ,$$

где: H_1 - отметка определяемой точки;

H_5 - отметка пикета 5;

h_i - превышение между ПК 5 и точкой поперечного профиля.

Таблица 4.1.

Ведомость вычисления отметок

Номер точек	Превышения, мм		Отметки Н м
	$h_{изм.}$	$h_{испр.}$	
1	2	3	4
ПК 0	+2		127,410
	+0800	+0802	
ПК 1	+2		128,212
	- 2100	- 2098	
ПК 1+ 40	+ 2		126,114
	- 0190	- 0188	
ПК 2	+2		127,618
	+2412	+ 2414	
X	+ 2		130.032
	+ 1408	+ 1410	
ПК 3	+ 2		131,442
	+ 2598	+ 2600	
ПК 4	+ 3		134,042
	- 1202	- 1199	
ПК 5	+ 3		132,843
	+ 0600	+ 0603	
ПК 6			133,446

$\sum h$	+ 6016	+ 6036	$H_6 - H_0 = +6036$

Поперечный профиль

Номер точек	Превышения $h_{испр.}$	Отметка H м
ПК 5	+0810	132,843
Л + 5	- 1588	133,653
Л + 10	- 1342	131,255
П + 10		131,501

В примере: $H_{Л+5} = 132 \cdot 843 + 0{,}810 = 133{,}653 м$

$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1{,}588 = 131{,}255 м$

$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1{,}342 = 131{,}501 м$

Вычисленные отметки записывают в ведомость в графу «отметки» против соответствующей точки.

4.2. Построение профиля

По вычисленным отметкам пикетов и промежуточных точек на миллиметровой бумаге строят продольный профиль трассы и профиль поперечника. Профили строят в масштабах:

Продольный профиль:

горизонтальный масштаб 1:2 000;

вертикальный масштаб 1:200;

Поперечный профиль:

горизонтальный масштаб 1:200;

вертикальный масштаб 1:200;

На листе миллиметровой бумаги размером 400 х 400 мм вычерчивают сетку профиля. Названия граф и размеры их в миллиметрах показаны на рис. 4.2.

В графе «расстояния» отмечают положение пикетов (через 5 см) и плюсовых точек в заданном масштабе. Между пикетами и плюсовыми точками выписывают расстояния. Икс – точки не строят. Ниже этой графи подписывают номера пикетов.

В графе «фактические отметки» выписывают из ведомости нивелирного хода отметки пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и подписывают отметку условного горизонта профиля, которая должна быть на 5 – 8 метров меньше самой низкой отметки по трассе. (В примере минимальная отметка ПК 1 + 60 Н = 125,93, следовательно отметку условного горизонта можно взять 120,0 м).

От линии условного горизонта на перпендикулярах, проведенных пунктирными линиями через точки трассы, откладывают отметки точек в масштабе 1:200. Полученные точки последовательно соединяют прямыми линиями, в результате чего получают продольный профиль местности по оси трассы.

Над продольным профилем строят сетку для поперечного профиля. Заполняют графи «расстояния» и «фактические отметки» так же, как и при построении продольного профиля. Под сеткой подписывают пикетажные обозначения точек поперечника (рис. 4.2.).

Выбрав условный горизонт, по вычисленным отметкам строят положение точек поперечника и, соединив эти точки, получают поперечный профиль местности.

4.3. Проектирование по профилю

Вдоль продольного профиля проектируют положение оси будущего инженерного сооружения. Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

проектную отметку нулевого пикета принимают равной фактической отметке этого пикета;

уклоны отдельных участков проектной линии не должны превышать 0,050;

шаг проектирования (длину отдельного участка) принимают от 200 м до 600 м;

объем земляных работ должен быть минимальным, а объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковыми, т.е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;

изменение уклона проектной линии производят на пикетах или плюсовых точках.

На рис. 4.2. проектная отметка ПК 0 равна фактической отметке (127,41). Намечено три участка проектной линии с разными уклонами. Длина каждого участка 200 м. Вычисляют уклон участка проектной линии по формуле:

$$i = \frac{h}{D} = \frac{H_{кон.} - H_{нач.}}{D},$$

где: i - уклон участка проектной линии,

h - превышение участка проектной линии,

D - горизонтальной проложение участка проектной линии,

$H_{нач.}$ - проектная отметка начального пикета участка проектной линии,

$H_{кон.}$ - проектная отметка конечного пикета участка проектной линии.

В примере уклоны равны:

$$i_1 = \frac{H_2 - H_0}{200} = \frac{127{,}62 - 127{,}41}{200} = \frac{0{,}21}{200} = 0{,}001\ ,$$

$$i_2 = \frac{H_4 - H_2}{200} = \frac{134.04 - 127{,}61}{200} = \frac{6.43}{200} = 0{,}032\ ,$$

$$i_3 = \frac{H_6 - H_4}{200} = \frac{133{,}45 - 134{,}01}{200} = \frac{-0{,}64}{200} = -0{,}003\ .$$

Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» над диагональю. Под диагональю выписывают горизонтальное проложение участка с данным уклоном. Направление диагонали показывает знак уклона:

- уклон положительный;
- уклон отрицательный;
- уклон нулевой (горизонтальный участок).

Вычисляют проектные отметки точек продольного профиля по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + i \cdot d\ ,$$

где: H_{n+1} - проектная отметка определяемой точки,

H_n - проектная отметка предыдущей точки,

i - уклон данного участка,

d - горизонтальное проложение между соответствующими точками.

В примере

$$H_1 = H_0 + i \cdot d = 127{,}41 + 0.001 \cdot 100 = 127{,}51 м$$

$$H_{1+40} = H_1 + i \cdot d = 127{,}51 + 0.001 \cdot 40 = 127{,}55 м$$

$$H_{1+60} = H_1 + i \cdot d = 127{,}51 + 0.001 \cdot 60 = 127{,}57 м$$

$$H_2 = H_1 + i \cdot d = 127{,}51 + 0.001 \cdot 100 = 127{,}61 м$$

Полученные проектные отметки выписывают в графу «Проектные отметки». Таким же образом вычисляют проектные отметки для второго участка.

$$H_3 = H_2 + i \cdot d = 127{,}61 + 0.032 \cdot 100 = 127{,}61 + 3{,}20 = 130{,}81$$ и т.д.

Контролем вычислений служат проектные отметки концов участка проектной линии (ПК 2, ПК 4, ПК 6).

Вычисляют рабочие отметки по формуле

$$H_{раб.} = H_{проект.} - H_{фактич.}$$

$$H_{раб.} = 127{,}51 - 128{,}21 = -0{,}70$$ и т.д.

Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше линии, отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

На поперечном профиле по вычислено проектной отметке пикета 5 (H_5 = 133,71) от которого был разбит поперечник, наносят положение проектной линии. Ее проводят горизонтально по 6 метров влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы, (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав 45 ^{0}. Ширина дна кюветов 0,6 м., глубина 1 м.

Над проектной линией выписывают ее отметку (в примере 133,71).

Все проектные данные – проектные линии, уклоны, проектные отметки, рабочие отметки вычерчивают на профиле красным цветом.

Слева над продольным профилем вычерчивают штамп. (Размеры произвольные рис. 4.2).

5. РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

Работа с геодезическими приборами включает измерение горизонтальных углов, вертикальных углов, расстояний теодолитом (рис. 5.1) и измерение превышений нивелиром (рис. 5.5.).

Для выполнения измерений теодолит или нивелир приводят в рабочее положение – горизонтируют и фиксируют. Для горизонтирования теодолита поворотом алидады (8) устанавливают уровень (13) по направлению двух подъемных винтов прибора (5). Вращая эти винты в разные стороны выводят пузырек уровня на середину (в нольпункт). Открепив алидаду, поворачивают ее на 90 ^{0}, устанавливая уровень по направлению третьего подъемного винта. Вращением этого винта приводят пузырек уровня на середину. Затеи вращением диоптрийного кольца (14) устанавливают резкое изображение сетки нитей (рис. 5.3).

5.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Устанавливают теодолит в вершине угла, горизонтируют его, вращением алидады (9) и трубы (10) при положении вертикального круга слева (КЛ) наводят ее с помощью визира (3) на левую визирную цель (рис. 5.2), устанавливают ее резкое изображение с помощью кремальеры (12).

Рис. 5.2. Расположение марок при измерении горизонтальных углов

Рис. 5.3. Сетка нитей теодолита

Далее наводящими винтами алидады (9) и трубы (11) точно совмещают центр сетки нитей с визирной целью и с помощью микроскопа (1) берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам и записывают в журнал (Табл. 5.1.), затем поворачивают алидаду, наводят сетку нитей на правую визирную цель и также берут и записывают отсчеты по кругам теодолита. Выполненные действия при «круге лево» (КЛ) составляют первый полуприем. Второй полуприем выполняют при «круге право» (КП), для чего трубу переводят через зенит и далее действуют аналогично первому

полуприему (КЛ). Порядок записи результатов измерений показан в жернале цифрами с по 8 .

Значение горизонтального угла получают дважды:

1 полуприем КЛ $\beta_л = 95^0 30' - 48^0 25' = 47^0 05'$ (9)

2 полуприем КП $\beta_п = 275^0 30' - 228^0 26' = 47^0 04'$ (10)

Допустимое расхождение угла КЛ – КП не должно превышать 2¶. За окончательное значение угла принимается его средняя величина

$$\beta_{ср} = (\beta_л + \beta_п) : 2 = 47^0 04'.5 \qquad (11)$$

Вертикальные углы вычисляют по формуле $\nu = КЛ - МО$

МО = (КЛ + КП – 180 ^{0}) : 2, где КЛ и КП отсчеты по вертикальному кругу теодолита, МО – место нуля вертикального круга.

МО = (16 ^{0} 32 ¶ + 163 ^{0} 27 ¶ – 180 ^{0}) : 2 = - 0¶.5 (12)

$$\nu = 16^0 32' - (-0,'5) = 16^0 32,'5 \quad (14)$$

Таблица 5.1.

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

Дата 4 декабря исполнитель Иванов С. И.

Точки стояния	Круг	Точки визирования	Горизонтальный круг		
			Отсчет ^{0} ¶	Измеренный угол ^{0} ¶	Средний угол ^{0} ¶
1	2	3	4	5	6
В	КЛ	Д	48 25 (1)	(9) 47 05	(11) 47 04,5
		С	95 30 (3)		
		Д	228 26 (5)	(10)	
			(7)		

	КП	С	275 30	47 05	

Точки		Круг	Вертикальный круг			Длина линий
Стояния	Визирования		Отсчет	Место нуля	Угол наклона	Измеренн. Гориз. прол.
7	8	9	10	11	12	13
В	Д	КЛ	16 32 (2)	(12) - 0¶, 5	(14)	17,6 (16)
		КП	163 27 (6)		~~16 32,5~~	
В	С	КЛ	351 18 (4)	(13)	(15)	
		КП	188 43 (8)	+ 0,5	-8 42,5	
		КЛ				

5.2. Измерение расстояний нитяным дальномером

Измерение расстояний нитяным дальномером производят по рейке с сантиметровыми шашечными делениями (рис. 5.4), для чего труба теодолита наводят на рейку и наводящим винтом трубы (11) совмещают верхнюю дальномерную нить сетки нитей с ближайшим целым дециметровым делением рейки (например 10 дц.). Затем берут отсчет n_2 по нижней нити с точностью до 1 мм.

На рис. 5.4 n_1 = 1000 мм n_2 =1176 мм

Измеренное расстояние $S = K(n_1 - n_2)$, где К – коэффициент дальномера. $K = 100$

S = 100 (1176-1000) = 17,6 м

Результат записывают в графу 13 журнала (табл. 5.1). (16)

5.3. Измерение превышений

Нивелир (рис. 5.5) приводят в рабочее положение – горизонтируют, приводя на середину пузыре круглого уровня (7) подъемными винтами (11), фокусируют сетку нитей (1). Затем наводят трубу на заднюю рейку,

(1) (2)

добиваются ее резкого изображения с помощью кремальеры (5). Элевационным винтом (8) приводят пузырек цилиндрического уровня (9) на середину, берут отсчет по черной стороне рейки средней горизонтальной нитью до 1 мм (рис. 5.6), затем – по красной стороне рейки. Отсчеты записывают в графу 3 журнала (табл. 5.2). Затем рейку устанавливают на переднюю точку и действуя аналогично, берут отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки и , записывая их в графу 4 журнала.

Превышение вычисляют по формуле $\boldsymbol{h = a - в}$

где : a - отсчет по задней рейке,

$в$ – отсчет по передней рейке.

Превышение вычисляют дважды: по черным и красным сторонам рейки

$h_{ч} = 1171 – 1793 = - 622$ (5)

$h_{к} = 5854 – 6478 = - 624$ (6) $h_{ч} - h_{к} = 2$ мм

Расхождение между $h_{к}$ и $h_{к}$ не должно превышать 5 мм. В графе 7 вычисляют среднее превышение (7)

$h_{ср.} = (h_{ч} + h_{к}) : 2 = - 623$ мм.

Рис. 5.5. Основные части нивелира Н-3

1 – диоптрийное кольцо; 2 – зрительная труба; 3 – визир; 4 – объектив; 5 – кремальера; 6 – наводящий вид; 7 – круглый уровень; 8 – элевационный винт; 9 – цилиндрический уровень; 10 – закрепительный винт; 11 – подъемный винт; 12 – подставка.

Рис. 5.6. Поле зрения зрительной трубы нивелира

Таблица 5.2

Журнал нивелирования

№№ станций	Номер точек наблюдений	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм	
		Задней а	Передний в	Промежуточный	Вычисленный	Средние
1	2	3	4	5	6	7
	1	1171 (1)				
1		5854 (2)			- 622 (5)	
	2		1793 (3)			- 623 (7)
			6478 (4)		- 624 (6)	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

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

Е.А.Акулова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕОДЕЗИЯ»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.04 Горное дело
(уровень специалитета)

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Геодезии и кадастров	Горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Акулова Е.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 11.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург, 2019 г

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

Е.А.Акулова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕОДЕЗИЯ»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.04 Горное дело
(уровень специалитета)

Содержание

	Стр.
1.Общие положения …….	**4**
2. Требования к уровню освоения дисциплины «Геодезия»……	**5**
3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы	**6**
4. Виды самостоятельной работы …….	**7**
5. Организация СРС…….	**9**
6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы……	**19**
7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов……	**26**
8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста…….	**30**
Список используемой литературы……	**32**

1.Общие положения

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу студентов (далее СРС). В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. Любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности студента связан с самостоятельной работой. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа студентов – это средство вовлечения студента в самостоятельную познавательную деятельность, формирующую у него психологическую потребность в систематическом самообразовании.

Сущность самостоятельной работы студентов как специфической педагогической конструкции определяется особенностями поставленных в ней учебно-познавательных задач. Следовательно, самостоятельная работа – это не просто самостоятельная деятельность по усвоению учебного материала, а особая система условий обучения, организуемых преподавателем.

Основные задачи самостоятельной работы:

- развитие и привитие навыков студентам самостоятельной учебной работы и формирование потребностей в самообразовании;

- освоение содержания дисциплины в рамках тем, выносимых на самостоятельное изучение студента;

- осознание, углубление содержания и основных положений курса в ходе конспектирования материала на лекциях, отработки в ходе подготовки к семинарским и практическим занятиям;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий, при написании курсовых и дипломной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности.

2. Требования к уровню освоения дисциплины «Геодезия»

Объектом профессиональной деятельности выпускника по направлению подготовки специалитета по специальности 21.05.04 «Горное дело» являются: недра Земли, включая производственные объекты, оборудование и технические системы их освоения; техника и технологии обеспечения безопасной и эффективной реализации геотехнологий добычи, переработки твердых полезных ископаемых и рационального использования подземного пространства.

Дисциплина «Геодезия» является дисциплиной базовой части Блока 1 «Дисциплины» учебного плана по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело».

Цель дисциплины: формирование научного и практического представления о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях; овладение навыков определения пространственно-геометрического положения объектов, выполнения необходимых геодезических и маркшейдерских измерений, обработки и интерпретации их результатов.

Выпускник по направлению подготовки специалитета по специальности 21.05.04 «Горное дело» в результате изучения дисциплины должен:

Знать:

- содержание, предмет и задачи геодезии;
- современные воззрения на форму и фигуру Земли;
- классификацию карт и планов, системы координат, используемые в геодезии;
- основные требования к составлению картографического материала;

– методики проведений геодезических измерений;

– назначение и классификацию геодезических сетей;

– основные виды инженерно-геодезических работ.

Уметь:

– определять плановое положение точек в геодезической и прямоугольной системах координат, абсолютные и относительные высоты;

– составлять топографический план;

– измерять горизонтальные, вертикальные углы, дальномерные расстояния и превышения;

– решать прямые и обратные геодезические задачи;

– выполнять построение профиля трассы.

Владеть:

– навыками работы с топографо-геодезическими приборами;

– методами обработки результатов измерений.

Для эффективного использования времени, отведенного для самостоятельной работы при подготовке дипломированного специалиста необходимо рационально его использовать, грамотно организовать работу и иметь мотивацию для ее реализации.

3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы

Среди них можно выделить следующие:

1. Полезность выполняемой работы. Если студент знает, что результаты его работы будут использованы в лекционном курсе, в методическом пособии, в лабораторном практикуме, при подготовке публикации или иным образом, то отношение к выполнению задания существенно меняется в лучшую сторону и качество выполняемой работы возрастает. При этом важно психологически настроить студента, показать ему, как необходима выполняемая работа.

Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную (квалификационную) работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин гуманитарного и социально-

экономического, естественно-научного и общепрофессионального циклов дисциплин, которые затем войдут как разделы в его квалификационную работу.

Материальные стимулирующие факторы могут выражаться в надбавках к основной стипендии, номинированные на именные стипендии, участие в конкурсах научно-исследовательских работ, где в качестве приза могут выступать материальные поощрения.

2. Участие студентов в творческой деятельности. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на кафедре.

3. Участие в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

4. Использование мотивирующих факторов контроля знаний (накопительные оценки, рейтинг, тесты, нестандартные экзаменационные процедуры). Эти факторы при определенных условиях могут вызвать стремление к состязательности, что само по себе является сильным мотивационным фактором самосовершенствования студента.

5. Поощрение студентов за успехи в учебе и творческой деятельности (стипендии, премирование, поощрительные баллы) и санкции за плохую учебу. Например, за работу, сданную раньше срока, можно проставлять повышенную оценку, а в противном случае ее снижать.

6. Индивидуализация заданий, выполняемых как в аудитории, так и вне ее, постоянное их обновление.

7. Мотивационным фактором в интенсивной учебной работе и, в первую очередь, самостоятельной является личность преподавателя. Преподаватель может быть примером для студента как профессионал, как творческая личность. Преподаватель может и должен помочь студенту раскрыть свой творческий потенциал, определить перспективы своего внутреннего роста.

4. Виды самостоятельной работы

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает

дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

— формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);

— подготовка к лабораторным работам, их оформление;

— выполнение микроисследований;

— подготовка практических разработок;

— выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;

— выполнение конкретного задания в период прохождения учебной практики;

— компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;

— подготовка докладов и презентаций для конкурсов НИРС и конкурсов профессионального мастерства;

— подготовка к контрольным мероприятиям, таким как текущий контроль знаний в виде проверочных тестов или расчетно-графических работ, зачетов, экзаменов;

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

— текущие консультации;

— прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);

— прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р);

— выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС);

— прохождение и оформление результатов практик (руководство и оценка уровня сформированности профессиональных умений и навыков) и др.

5. Организация СРС

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории контролируется усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний, опроса студентов и т.д.

На практических и лабораторных занятиях различные виды СРС позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях не менее 1 часа из двух (50% времени) отводится на самостоятельное решение задач. Лабораторные занятия строятся следующим образом:

1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).

2. Беглый опрос.

3. Решение 1-2 типовых задач.

4. Самостоятельное решение задач.

5. Проверка решения задач с обязательной работой над ошибками. Лабораторная или практическая работа считается выполненной при условии отсутствия ошибок.

Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. В зависимости от дисциплины или от ее раздела можно использовать два пути:

1. Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.

2. Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку.

При проведении лабораторных работ и учебных практик студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами, каждая из которых разрабатывает свою задачу. Выполненная задача затем рецензируется преподавателем и членами бригады. Публичное обсуждение и защита своего варианта повышают роль СРС и усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации практических занятий позволяет вводить в задачи научно-исследовательские элементы, упрощать или усложнять задания.

Активность работы студентов на обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СРС, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу студент получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания (общий порядок решения, точность и единицы измерения определенных величин, имеющиеся справочные материалы и т.п.). Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем приучает студентов грамотно и правильно выполнять технические расчеты, пользоваться вычислительными средствами и справочными данными. Изучаемый материал усваивается более глубоко, у студентов меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении задачи. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

Выполнение лабораторного практикума, как и другие виды учебной деятельности, содержит много возможностей применения активных методов обучения и организации СРС на основе индивидуального подхода.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

Разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса является важнейшим условием эффективности самостоятельной работы студентов. К такому комплексу следует отнести тексты лекций, учебные и методические пособия, лабораторные

практикумы, банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных, банк расчетных, моделирующих, тренажерных программ и программ для самоконтроля, автоматизированные обучающие и контролирующие системы, информационные базы дисциплины или группы родственных дисциплин и другое. Это позволит организовать проблемное обучение, в котором студент является равноправным участником учебного процесса.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля. Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;

- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;

- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;

- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;

- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;

- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

В последние годы наряду с традиционными формами контроля - коллоквиумами, зачетами, экзаменами достаточно широко вводятся новые методы, то есть организация самостоятельной работы студентов производится на основе современных образовательных технологий. В качестве такой технологии в современной практике высшего профессионального образования часто рассматривается рейтинговая система обучения, позволяющая студенту и преподавателю выступать в виде субъектов образовательной деятельности, т.е. являться партнерами.

Тестовый контроль знаний и умений студентов, который отличается объективностью, экономит время преподавателя, в значительной мере освобождает его от рутинной работы и позволяет в большей степени сосредоточиться на творческой части преподавания, обладает высокой степенью дифференциации испытуемых по уровню знаний и умений и очень эффективен при реализации рейтинговых систем, дает возможность в значительной мере индивидуализировать процесс обучения путем подбора индивидуальных заданий для

практических занятий, индивидуальной и самостоятельной работы, позволяет прогнозировать темпы и результативность обучения каждого студента.

Тестирование помогает преподавателю выявить структуру знаний студентов и на этой основе переоценить методические подходы к обучению по дисциплине, индивидуализировать процесс обучения. Весьма эффективно использование тестов непосредственно в процессе обучения, при самостоятельной работе студентов. В этом случае студент сам проверяет свои знания. Не ответив сразу на тестовое задание, студент получает подсказку, разъясняющую логику задания и выполняет его второй раз.

Следует отметить и все шире проникающие в учебный процесс автоматизированные обучающие и обучающе-контролирующие системы, которые позволяют студенту самостоятельно изучать ту или иную дисциплину и одновременно контролировать уровень усвоения материала.

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы.

С первых же сентябрьских дней на студента обрушивается громадный объем информации, которую необходимо усвоить. Нужный материал содержится не только в лекциях (запомнить его – это только малая часть задачи), но и в учебниках, книгах, статьях. Порой возникает необходимость привлекать информационные ресурсы Интернет.

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности. Вчерашнему школьнику сделать это бывает весьма непросто: если в школе ежедневный контроль со стороны учителя заставлял постоянно и систематически готовиться к занятиям, то в вузе вопрос об уровне знаний вплотную встает перед студентом только в период сессии. Такая ситуация оборачивается для некоторых соблазном весь семестр посвятить свободному времяпрепровождению («когда будет нужно – выучу!»), а когда приходит пора экзаменов, материала, подлежащего усвоению, оказывается так много, что никакая память не способна с ним справиться в оставшийся промежуток времени.

Работа с книгой.

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - эти внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятного олова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на

лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

• Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

• Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

• Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).
• Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

• При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

•Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

• Если книга – Ваша собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

• Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт

показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

• «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

• Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковый (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***:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя

студент должен:

– освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с Государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ГОС ВПО/ГОС СПО) по данной дисциплине.

– планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем.

– самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя.

– выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого ГОС ВПО/ГОС СПО по данной дисциплине:

– самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;

– предлагать дополнительные темы и вопросы для самостоятельной проработки;

– в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;

– предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;

– использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;

– использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы зияний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма

продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов),* причем

максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Физически здоровый молодой человек, обладающий хорошей подготовкой и нормальными способностями, должен, будучи студентом, отдавать *учению 9-10 часов в день* (из них 6 часов в вузе и 3 - 4 часа дома). Любой предмет нельзя изучить за несколько дней перед экзаменом. Если студент в году работает систематически, то он быстро все вспомнит, восстановит забытое. Если же подготовка шла аврально, то у студента не будет даже общего представления о предмете, он забудет все сданное.

Следует взять за правило: *учиться ежедневно, начиная с первого дня семестра*.

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 - 5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Вначале для того, чтобы организовать ритмичную работу, требуется сознательное напряжение воли. Как только человек втянулся в работу, принуждение снижается, возникает привычка, работа становится потребностью.

Если порядок в работе и ее ритм установлены правильно, то студент изо дня в день может работать, не снижая своей производительности и не перегружая себя. Правильная смена одного вида работы другим позволяет отдыхать, не прекращая работы.

Таким образом, первая задача организации внеаудиторной самостоятельной работы – это составление расписания, которое должно отражать время занятий, их характер (теоретический курс, практические занятия, графические работы, чтение), перерывы на обед, ужин, отдых, сон, проезд и т.д. Расписание не предопределяет содержания работы, ее содержание неизбежно будет изменяться в течение семестра. Порядок же следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным (кроме исправления ошибок в планировании, которые могут возникнуть из-за недооценки объема работы или переоценки своих сил).

При однообразной работе человек утомляется больше, чем при работе разного характера. Однако не всегда целесообразно заниматься многими учебными дисциплинами в один и тот же день, так как при каждом переходе нужно вновь сосредоточить внимание, что может привести к потере времени. Наиболее целесообразно ежедневно работать не более чем над двумя-тремя дисциплинами.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия

физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзаменам и зачетам.

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий, особенно по математике - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неутомительные занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Правила подготовки к зачетам и экзаменам:

• Лучше сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам (или вопросам, обсуждаемым на семинарах), эта работа может занять много времени, но все остальное – это уже технические детали (главное – это ориентировка в материале!).

• Сама подготовка связана не только с «запоминанием». Подготовка также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.

• Готовить «шпаргалки» полезно, но пользоваться ими рискованно. Главный смысл подготовки «шпаргалок» – это систематизация и оптимизация знаний по данному предмету,

что само по себе прекрасно – это очень сложная и важная для студента работа, более сложная и важная, чем простое поглощение массы учебной информации. Если студент самостоятельно подготовил такие «шпаргалки», то, скорее всего, он и экзамены сдавать будет более уверенно, так как у него уже сформирована общая ориентировка в сложном материале.

• Как это ни парадоксально, но использование «шпаргалок» часто позволяет отвечающему студенту лучше демонстрировать свои познания (точнее – ориентировку в знаниях, что намного важнее знания «запомненного» и «тут же забытого» после сдачи экзамена).

• Сначала студент должен продемонстрировать, что он «усвоил» все, что требуется по программе обучения (или по программе данного преподавателя), и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.

Правила написания научных текстов:

• Важно разобраться сначала, какова истинная цель Вашего научного текста - это поможет Вам разумно распределить свои силы, время и.

• Важно разобраться, кто будет «читателем» Вашей работы.

• Писать серьезные работы следует тогда, когда есть о чем писать и когда есть настроение поделиться своими рассуждениями.

• Как создать у себя подходящее творческое настроение для работы над научным текстом (как найти «вдохновение»)? Во-первых, должна быть идея, а для этого нужно научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, важно уметь отвлекаться от окружающей суеты (многие талантливые люди просто «пропадают» в этой суете), для чего важно уметь выделять важнейшие приоритеты в своей учебно-исследовательской деятельности. В-третьих, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время – важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

• Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой

текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важным мест и т, п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

• Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

.

7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов

Для нормальной самостоятельной работы студент должен быть обеспечен достаточным количеством учебных пособий разного вида. Чем более разнообразны учебные пособия, тем более успешна будет самостоятельная работа студента, так как каждый может выбрать себе учебное пособие по силам, по склонностям, по материальным возможностям. Должны быть пособия краткие и подробные, с неглубокими и глубокими теоретическими обоснованиями, теоретического и практического содержания. Нужны справочники, конспекты-справочники, учебники. Часть учебных пособий должна находиться в учебной студенческой библиотеке, часть пособий студент должен иметь возможность купить для личного пользования в книжном магазине учебного заведения. Основная часть учебных пособий должна быть в бумажном виде (книги, брошюры, чертежи и т.д.).

Наряду с ними нужно создавать, накапливать в учебных фондах и продавать учебные пособия электронного вида. Этот вид учебных пособий в обозримом будущем не может стать основным и вряд ли когда-нибудь станет. Это – вспомогательные, дополнительные учебные пособия, используемые в основном для заочного, дистанционного образования. Количество учебных пособий в учебном фонде библиотеки должно быть таким, чтобы каждый студент мог получить хотя бы один из рекомендованных учебников.

Многоуровневая система высшего образования должна предоставлять человеку условия для развития его потенциальных возможностей и наиболее полного удовлетворения потребности личности в самореализации. Поэтому на каждом из уровней подготовки самостоятельная работа студентов (СРС) есть обязательное условие, которое должно быть соблюдено для достижения проектируемых результатов обучения. Правильная (психологически и дидактически обоснованная) организация СРС при изучении каждой дисциплины – это один из основных педагогических путей развития и становления творческих качеств личности учащегося на каждом уровне обучения.

Из дидактики следует, что для непрерывного развития учащегося и становления его как творческой личности все элементы содержания образования (знания, умения и навыки, опыт творческой и оценочной деятельности), выделенные в рамках определенной дисциплины, должны быть им усвоены с установкой на перенос и активное использование. Поэтому на первом уровне обучения каждого студента по каждой учебной дисциплине нужно снабдить комплектом учебно-методических материалов, помогающих ему организовывать самостоятельную работу. В такой комплект обязательно должны входить: программа, адаптированная для студента; учебная литература (учебник, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ); система заданий для самостоятельной работы студентов; методические указания по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий, включая и курсовые работы (проекты).

На втором и третьем уровнях обучения их следует снабдить методическими указаниями по выполнению выпускной работы, завершающей подготовку специалиста. Программа должна содержать: обоснование необходимости изучения дисциплины, написанное в убеждающей и понятной для студентов форме; четкую формулировку цели изучения и задач, которые должны быть решены для достижения общей цели; последовательность тем и разделов курса дисциплины, обязательных для данного направления подготовки; перечень видов деятельности, которые должен освоить студент, выполняя задания по дисциплине; перечни методологических и предметных знаний, общеобразовательных и специальных умений (с указанием уровня их усвоения), которыми необходимо овладеть в процессе изучения данной дисциплины; сроки и способы текущего, рубежного и итогового контроля уровня усвоения знаний сформированности умений.

Учебная литература по содержанию и последовательности представления материала должна соответствовать программе. Объем, научный уровень и стиль изложения должны

позволять каждому студенту самостоятельно усвоить приведенный в ней материал за время, отведенное на его изучение, и овладеть знаниями, умениями, видами деятельности, перечисленными в программе. Для обеспечения терминологической однозначности в системе знаний, усваиваемых студентом, каждое учебное пособие (или другой вид учебной литературы) должно содержать словарь основных терминов, используемых в нем.

Задания для самостоятельной работы должны быть конкретными. Их содержание, соответствуя программе, должно знакомить студентов с современными методами решения задач данной дисциплины.

Структура заданий должна соответствовать принципу доступности: от известного к неизвестному и от простого к сложному, а трудоемкость – времени, выделенному программой на самостоятельную работу по изучению данной темы. В заданиях следует указывать знания и умения, которыми должен овладеть студент по мере их выполнения. Кроме того, в них нужно включать вопросы для самоконтроля и взаимного контроля, тесты и контрольные вопросы для оценки и самооценки уровня усвоения знаний, сформированности умений.

Методические указания по организации СРС на каждом уровне обучения должны способствовать непрерывному развитию у них рациональных приемов познавательной деятельности в процессе изучения конкретных дисциплин. Основное назначение всех методических указаний – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Поэтому они должны содержать подробное описание рациональных приемов выполнения перечисленных видов деятельности, критериев оценки выполненных работ, а также рекомендации по эффективному использованию консультаций и по работе при подготовке и сдаче экзаменов.

Каждый из названных учебно-методических материалов влияет в большей степени на один из этапов усвоения знаний и видов деятельности, но одновременно способствует осуществлению других этапов и более полной реализации их задач.

Так, программа с четко выделенной целью и перечнем задач, влияющих на ее достижение, определяет мотивационный этап и способствует организации деятельности на всех остальных, указывая последовательность изучаемых разделов, сроки контроля. Учебная литература служит информационной основой, прежде всего для ориентировочного

этапа. В то же время работа с литературой усиливает мотивацию, если изложение материала по уровню сложности соответствует зоне ближайшего развития студента; помогает осуществлению исполнительского и контрольного этапов, если в ней указаны особенности выполнения заданий, даны контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы организуют исполнительский этап, задавая последовательность видов деятельности, необходимых для усвоения знаний и приобретения умений. Так как задания содержат средства контроля, то они определяют и контрольный этап.

Вопросы и задачи в заданиях требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и проявления творчества, формируют и развивают его опыт творческой деятельности. Это расширяет основы мотивации, усиливает и укрепляет ее. В целом содержание и структура заданий, отвечающих перечисленным требованиям, позволяет регулярно занимающимся студентам получать удовлетворение от самостоятельно выполненной работы. Такой эмоциональный фон, в свою очередь, формирует положительное отношение к выполненному делу, а через него – и к изучаемой дисциплине.

Методические указания по организации СРС способствуют грамотному и рациональному осуществлению исполнительского этапа, обеспечивают контрольный этап. Для этого виды деятельности, активно используемые при изучении дисциплины, должны быть подробно описаны в указаниях с выделением последовательности действий и даже операций. В этом случае сами виды деятельности становятся предметом изучения, что дает верное направление ориентировочному этапу и, безусловно, усиливает мотивацию обучения. Работа студентов с такими методическими указаниями позволяет им уже при изучении общенаучных дисциплин усвоить полную и обобщенную ориентировочную основу для каждого из таких видов деятельности, как работа с литературой, проведение эксперимента, решение задач.

Таким образом, создание для каждой учебной дисциплины рассмотренного комплекта учебно-методических материалов обеспечивает обязательные этапы усвоения знаний, видов деятельности, опыта творчества, Снабжение таким комплектом каждого студента – необходимое условие полной реализации в процессе обучения всех возможностей СРС как вида познавательной деятельности, метода и средства учения и преподавания.

8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что он является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этом пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение

оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках студента, а также контролирования за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т.е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебе с будущей профессиональной деятельности.

Список используемой литературы

1. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТИ) 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО (УРОВЕНЬ СПЕЦИАЛИТЕТА)

2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет им. М.А. Шолохова». 2010г.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Автор: Чухарева Е.В., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Экономики и менеджмента	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(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 при организации самостоятельной работы по дисциплине «Экономика и менеджмент горного производства» в рамках подготовки и защиты контрольной работы (творческого задания).

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы, требования к его оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнение контрольной работы (творческого задания) практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентами 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, а также принятия нестандартного решения и аргументации собственной точки зрения.

Задачами выполнения контрольной работы по дисциплине «Экономика и менеджмент горного производства» являются:

- расширение и закрепление теоретических знаний, полученных студентами в процессе лекционных и практических занятий по дисциплине;
- углубленное изучение отдельных разделов дисциплины;
- формирование умения собирать и анализировать материал по конкретной проблеме оценки бизнеса и управления стоимостью предприятия.

Контрольная работа выполняется на тему «Характеристика организации как объекта управления (на примере …..)». Объект управления (организацию) студент выбирает самостоятельно. Целесообразно в качестве объекта управления выбрать организацию, в которой студент проходил производственную практику, работает или хотел бы работать.

1.1. Структура контрольной работы

Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Структура контрольной работы должна выглядеть следующим образом:

Титульный лист (образец оформления приведен в приложении 1).

Содержание работы с указанием глав, подглав и нумерацией страниц (образец оформления приведен в прил. 2).

1.2. Рекомендации по выполнению контрольной работы

Во ВВЕДЕНИИ кратко обосновывается актуальность темы, описывается объект исследования, формулируются цель и задачи контрольной работы.

В ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ раскрываются следующие понятия:

- организация как объект управления;
- миссия и цели организации;

- деление организаций по масштабам деятельности, по юридическому статусу, по признаку собственности, по источникам финансирования;
- описать жизненные циклы организации;
- внешняя и внутренняя среды организации, их влияние на организацию,
- «SWOT-анализ»;
- организационная структура управления (ОСУ), описать существующие организационные структуры;
- организационная культура организации.

В ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ дается описание **конкретной** организации (предприятия):
- краткая характеристика организации;
- миссия и основные цели организации;
- анализ факторов внутренней и внешней среды. Привести SWOT-анализ;
- организационная структура управления (привести схему ОСУ);
- рекомендации по совершенствованию системы управления;
- организационная культура организации.

Краткая характеристика организации

- территориальное размещение: указание территории, место расположения материнской компании, дочерних подразделений;
- вид деятельности организации: производимая продукция, оказываемые услуги, отраслевая принадлежность;
- история создания и развитие объекта: год образования, основные этапы развития (рост, объединение, разукрупнение, выделение в самостоятельный объект, изменение организационно-правовой формы и т. д.);
- организационно-правовая форма и характер собственности (в соответствии с Гражданским кодексом РФ);
- размер организации: «малое», «среднее», «крупное»;
- современное состояние объекта и системы управления, проблемы, стоящие перед ним.

Миссия и основные цели организации

Приводится формулировка миссии организации. Рекомендуется давать ее широкую трактовку, включающую описание не только предоставляемых услуг, производимую продукцию, но и указание на социальную значимость организации для общества.

Основные цели включают главную цель организации, цели ее структурных подразделений и функциональных подсистем. Желательно цели организации представить в виде дерева целей.

Анализ факторов внутренней и внешней среды

К факторам внутренней среды относят: цели, задачи, технологию, структуру и персонал. Обследование внутренней среды рекомендуется провести в следующих функциональных областях: маркетинг, финансы, производство (операции), персонал, организационная культура. Поскольку частично характеристика факторов дана ранее, остановимся на следующих вопросах.

При анализе функций маркетинга выделяются следующие элементы исследования:
- доля рынка и конкурентоспособность;

- разнообразие и качество ассортимента;
- рыночные исследования и разработки;
- предпродажное и послепродажное обслуживание;
- организация рекламы.

При анализе производства (операций) требуется дать ответы на следующие вопросы:

- может ли организация производить товары и услуги по более низким ценам, чем конкуренты? Если нет, то почему?;

- какой доступ она имеет к новым материалам, зависит ли от единственного поставщика или у нее есть выбор?;

- существуют ли механизмы контроля над входящими материалами и выходящими продуктами?;

- насколько эффективно спроектирована система производства: сравнить спрос на продукцию, услуги; производственную мощность и критический объем продаж?

При обследовании персонала организации рекомендуется дополнительно ответить на следующие вопросы:

- какова компетентность и подготовка высшего руководства?;
- имеется ли в организации эффективная система вознаграждения?;
- имелись ли в организации потери ведущих специалистов? Если так, то почему?;
- можно ли улучшить работу, привлекая рядовых работников к участию в управлении?

Выявив сильные и слабые стороны внутри организации, и взвесив факторы по степени важности (SWOT-анализ), автор может определить функциональные области, которые требуют немедленного вмешательства, а также те, на которые может опираться организация при реализации стратегических решений.

Анализ факторов внешней среды проводится для выявления угроз и благоприятных возможностей со стороны внешней среды и включает в себя следующие факторы.

Краткий анализ экономической ситуации в отрасли, тенденций развития и состояния рынка продукции или услуг, платежеспособный спрос на товары или услуги, предоставляемые предприятием. Привести основных потребителей продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Поставщики: их количество, перечислить основных поставщиков, качество и регулярность поставок, цены и другие условия.

Конкуренты: перечислить основных конкурентов, их конкурентные преимущества; возможность появления новых конкурентов, барьеры на пути выхода на рынки и возможности изменения сложившейся ситуации.

Акционеры: назвать основных акционеров, доля так называемых внешних акционеров, их интересы, приоритеты и ожидания.

Привести кратко характеристику таких внешних факторов, как: состояние политики, экономики, НТП, международного окружения, рынка рабочей силы, социального положения населения.

Анализ внешней среды рекомендуется заканчивать составлением перечня внешних опасностей и возможностей, с которыми организация сталкивается в этой среде.

Характеристики при оценке сильных, слабых сторон организации, ее возможностей и угроз (SWOT-анализ) следует представить в виде таблицы 1.

Таблица 1

SWOT-анализ

Функциональные области	Сильные стороны	Слабые стороны
Оценка внутренней среды организации		
1. Маркетинг		
2. Финансы		
3. Производство		
4. Персонал		
5. Организационная культура, имидж организации		
Оценка влияния факторов внешней среды		
Факторы	Благоприятные возможности	Угрозы
Рыночные		
Технологические		
Конкуренции		
Социальные		
Международные и др.		

В таблице 2 представлены примеры основных факторов, которые целесообразно учитывать в SWOT-анализе.

Таблица 2

SWOT-анализ

Потенциальные сильные стороны (S)	**Потенциальные слабые стороны (W)**
Четко проявляемая компетентность	Потеря некоторых аспектов компетентности
Адекватные финансовые источники	Недоступность финансов, необходимых для изменения стратегии
Высокое искусство конкурентной борьбы	Рыночное искусство ниже среднего
Хорошее понимание потребителей	Отсутствие анализа информации о потребителях
Признанный рыночный лидер	Слабый участник рынка
Четко сформулированная стратегия	Отсутствие четко выраженной стратегии, непоследовательность в ее реализации
Использование экономии на масштабах производства, ценовое преимущество	Высокая стоимость продукции в сравнении с ключевыми конкурентами
Собственная уникальная технология, лучшие производственные мощности	Устарелые технология и оборудование
Проверенное надежное управление	Потеря глубины и гибкости управления
Надежная сеть распределения	Слабая сеть распределения
Высокое искусство НИОКР	Слабые позиции в НИОКР
Наиболее эффективная в отрасли реклама	Слабая политика продвижения
Потенциальные внешние благоприятные возможности (O)	**Потенциальные внешние угрозы (T)**
Возможность обслуживания дополнительных групп потребителей	Ослабление роста рынка, неблагоприятные демографические изменения ввода новых рыночных сегментов
Расширение диапазона возможных товаров	Увеличение продаж заменяющих товаров, изменение вкусов и потребностей покупателей

Благодушие конкурентов	Ожесточение конкуренции
Снижение торговых барьеров в выходе на внешние рынки	Появление иностранных конкурентов с товарами низкой стоимости
Благоприятный сдвиг в курсах валют	Неблагоприятный сдвиг в курсах валют
Большая доступность ресурсов	Усиление требований поставщиков
Ослабление ограничивающего законодательства	Законодательное регулирование цены
Ослабление нестабильности бизнеса	Чувствительность к нестабильности внешних условий бизнеса

По итогам SWOT-анализа составляется матрица стратегических мероприятий:

SO – мероприятия, которые необходимо провести, чтобы использовать сильные стороны для увеличения возможностей компании;

WO – мероприятия, которые необходимо провести, преодолевая слабые стороны и используя представленные возможности;

ST – мероприятия, которые используют сильные стороны организации для избегания угроз;

WT – мероприятия, которые минимизируют слабые стороны для избегания угроз.

Организационная структура управления

Организационная структура управления относится к факторам внутренней среды и зависит от выбранной стратегии. Анализируя организационную структуру управления, необходимо определить, соответствует ли структура достижению целей организации. В этом разделе требуется изобразить схему организационной структуры и ответить на следующие вопросы:

- к какому типу относится организационная структура управления;
- имеет ли место дублирование функций или отсутствие функций, необходимых для достижения целей;
- соответствует ли структура технологии;
- способствует ли структура эффективному достижению целей организации.

Рекомендации по совершенствованию системы управления

На основе выполненного анализа предлагаются возможные направления изменений в системе управления:

Ресурсы: предлагаются варианты повышения эффективности использования различных видов ресурсов.

Структура: рекомендуется один из вариантов совершенствования структуры управления (создание нового отдела, изменение взаимоотношений, полномочий, переход на матричную структуру и т. п.).

Люди: могут быть предложения о сокращении текучести кадров, найме определенного количества людей соответствующей квалификации, о совершенствовании системы оплаты труда, о мотивации и др.

Организационная культура организации

Характеристика культуры организации должна дать представление об организационных ценностях, об участии работающих в принятии решений. Следует также дать характеристику имиджа организации.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ обобщается изложенный материал, формулируются выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор работы, рекомендации по совершенствованию системы управления**.**

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ должен содержать перечень только тех источников, которые были использованы при написании контрольной работы.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Текст в контрольной работе представляется в компьютерном исполнении, без стилистических и грамматических ошибок.

Текст должен иметь книжную ориентацию, набираться через 1,5 интервала на листах формата А4 (210 х 297 мм). Для набора текста в текстовом редакторе *Microsoft Word* рекомендуется использовать шрифт: *Times New Roman*, размер шрифта – 14 пт.

Поля страницы: левое – 2,5 см, правое – 1,5 см, нижнее – 2 см, верхнее – 2 см. Абзац (красная строка) должен равняться четырем знакам (1,25 см).

Выравнивание текста на листах должно производиться по ширине строк.

Каждая структурная часть контрольной работы (введение, разделы основной части, заключение и т. д.) начинается с новой страницы.

Заголовки разделов, введение, заключение, список использованной литературы набираются прописным полужирным шрифтом.

После заголовка, располагаемого посередине строки, точка не ставится.

Расстояние между заголовком и следующим за ней текстом, а также между главой и параграфом составляет 2 интервала.

Таблицы и иллюстрации (рисунки, графики, схемы), которые приводятся по тексту работы, должны иметь нумерацию, например: табл. 1.4, рис. 2.1.

Ссылки на литературные источники оформляются в квадратных скобках, где вначале указывается порядковый номер по библиографическому списку, а через запятую – номер страницы, например: [4, с. 15].

Все страницы реферата, кроме титульного листа, нумеруются арабскими цифрами. Номер проставляется внизу в центре страницы.

Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер страницы на нем не проставляется.

Объем контрольной работы в среднем – 20-25 страниц (без учёта приложений) формата А4, набранных на компьютере на одной (лицевой) стороне.

В библиографии (списке использованной литературы) должно быть не менее пяти источников.

Все структурные части контрольной работы сшиваются в той же последовательности, как они представлены в структуре.

3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Объективность оценки работы преподавателем заключается в определении ее положительных и отрицательных сторон, по совокупности которых он окончательно оценивает представленную работу. При положительном заключении работа допускается к защите, о чем делается запись на титульном листе работы. При отрицательной оценке работа возвращается на доработку с последующим представлением на повторную проверку с приложением замечаний, сделанных преподавателем.

Защита контрольных работ может проходить в форме собеседования во время консультаций (до начала экзамена).

Оценка за контрольную работу (творческое задание*)* определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки контрольной работы (творческого задания)	*Количество баллов*
уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);	0-1
личные заслуги обучающегося (новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);	0-1
культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);	0-1
знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;	0-1
степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);	0-1
Итого	0-5

Внимание

Не допускается сдача скачанных из сети *Internet* работ. В подобном случае контрольная работа не принимается к защите.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

№ п/п	Наименование
1	Экономика предприятия : учебник / Л. И. Исеева, А. А. Федченко, Е. И. Рейшахрит [и др.]. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный университет, 2017. — 367 с. — ISBN 978-5-94211-788-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/78138.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2	Экономика предприятия : учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / В. Я. Горфинкель, О. В. Антонова, А. И. Базилевич [и др.] ; под редакцией В. Я. Горфинкель. — 6-е изд. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 663 с. — ISBN 978-5-238-02371-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/71241.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3	Герчикова, И. Н. Менеджмент : учебник для вузов / И. Н. Герчикова. — 4-е изд. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 511 с. — ISBN 978-5-238-01095-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/81661.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4	*Экономика горного предприятия*: учебное пособие / В. Е. Стровский [и др.] ; ред. В. Е. Стровский. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. – 340 с.
5	*Моссаковский Я. В.* Экономика горной промышленности : учебник / Я. В. Моссаковский ; Московский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Москва : МГГУ, 2006. - 525 с.
6	*Ганицкий В. И.* Менеджмент горного производства: учеб. пособие для вузов / Всеволод Иванович Ганицкий В. И., Владимир Иванович Велесевич В. И. - Москва : Изд-во МГГУ, 2004. - 357 с.
7	*Ляпцев Г. А.* Планирование на предприятиях горной промышленности: учебное пособие / Г. А. Ляпцев, К. Г. Мусина, В. Е. Стровский; ред. В. Е. Стровский; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 175 с.
8	Беляева, О. В. Экономика предприятия (организации). Сборник задач : учебно-методическое пособие / О. В. Беляева, Ж. А. Беляева. — Саратов : Вузовское образование, 2017. — 52 с. — ISBN 978-5-4487-0009-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/64328.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
9	Экономика предприятия : учебно-методическое пособие / составители М. Ю. Мишланова, А. А. Калинина, С. Н. Шипова. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2019. — 62 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/99747.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
10	Основы менеджмента : курс лекций / Ю. Н. Кулаков, А. В. Федосьина, Д. В. Князев, С. В. Горев. — 2-е изд. — Москва : Издательство МИСИ-МГСУ, 2017. — 120 с. — ISBN 978-5-7264-1774-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/89554.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Приложение 1

Образец оформления титульного листа контрольной работы

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра экономики и менеджмента

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине – «Экономика и менеджмент горного производства»

Характеристика организации как объекта управления (на примере ООО «Березовский рудник»)

Студент: _____ А.А. Кравченко
(подпись, дата)

Преподаватель: _____ Е.В. Чухарева
(подпись, дата)

Группа: ОПИ-22

Екатеринбург, 20___

Приложение 2

Образец оформления содержания

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ…….. 4
1.1. Понятие организации как объекта управления……. 4
1.2. Определение миссии и целей организации…… 5
1.3. Деление организаций……... 6
1.4. Жизненные циклы организации……. 8
1.5. Понятие внешней и внутренней среды организации…… 10
1.6. Организационная структура управления……... 12
1.7. Организационная культура организации…….. 15
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ…… 16
2.1. Краткая характеристика организации……. 16
2.2. Миссия и основные цели организации……... 18
2.3. Анализ факторов внутренней и внешней среды. SWOT-анализ… 19
2.4. Организационная структура управления…….. 21
2.5. Организационная культура организации…….. 22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……. 23
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……. 24
ПРИЛОЖЕНИЯ……. 25

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Автор: Чухарева Е.В., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Экономики и менеджмента	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 3
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ…….. 7
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ…… 13
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……. 17
ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА С ПРЕЗЕНТАЦИЕЙ……. 23
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ… 30
ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ…… 33
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ…… 34

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;

- помогает освоению навыков учебной и научной работы;

- способствует осознанию ответственности процесса познания;

- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;

- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,

- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;

- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);

- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);

- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);

- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);

- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знании должна соответствовать уровню развития студентов;

- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;

- объем задания должен соответствовать уровню студента;

- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1) аудиторная самостоятельная работа - лекционные, практические занятия;

2) внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;

- уровень образования и степень подготовленности студентов;

- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Экономика и менеджмент горного производства*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и сдаче *экзамена*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Экономика и менеджмент горного производства*» являются:

- повторение материала лекций;

- самостоятельное изучение тем курса (в т. ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т. ч. подготовка доклада с презентацией);

- подготовка к тестированию;

- выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (практико-ориентированного задания);

- подготовка контрольной работы (реферата);

- подготовка к экзамену.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1. Предприятие как форма организации производства

1. Дайте определение организации.
2. Перечислите основные задачи организации.
3. Назовите основные факторы внутренней среды организации.
4. Что понимается под внешней средой предприятия?
5. Назовите основные характеристики внешней среды предприятия?
6. Перечислите и дайте характеристику различным организационно-правовым формам предприятий в соответствии с Гражданским кодексом РФ.
7. Приведите характеристику форм объединения предприятий.
8. Что понимают под производственной и организационной структурой предприятия?
9. Какие виды организационных структур относятся к традиционным?
10. Каковы преимущества и недостатки бюрократических (механических) структур?
11. Охарактеризуйте виды дивизиональных структур. Чем определяется выбор той или иной структуры?
12. Дайте краткие определения адаптивных (органических) структур управления.

Тема 2. Основные и оборотные средства предприятия

1. Дайте определение основных фондов.
2. Назовите признаки классификации основных средств.
3. Каковы виды стоимостной оценки основных средств?
4. Чем обусловлена необходимость переоценки основных средств?
5. Назовите виды воспроизводства основных средств.
6. Дайте определение «амортизация основных средств».

7. Какова взаимосвязь понятий «срок полезного использования» и «норма амортизации»?

8. Какие способы начисления амортизации вы знаете?

9. Назовите показатели, характеризующие наличие, состояние и движение основных средств.

10. Какие показатели характеризуют эффективность использования основных средств?

11. Дайте определение лизинга. Какие виды лизинговой деятельности вы знаете?

12. Дайте определение нематериальных активов, их состав.

13. Дайте понятие оборотных средств.

14. Охарактеризуйте состав и структуру оборотных средств.

15. Как определяется потребность предприятия в оборотных средствах?

16. Приведите показатели кругооборота оборотных средств.

17. Назовите источники формирования и пополнения оборотных средств.

18. Перечислите пути сокращения потребности в оборотных средствах.

19. Как определить оптимальную партию заказа материала?

Тема 3. Трудовые ресурсы предприятия. Нормирование и оплата труда

1. Приведите понятие персонала предприятия. В чем отличие промышленно-производственного и непромышленного персонала?

2. Перечислите и охарактеризуйте категории трудящихся промышленно-производственного персонала.

3. Назовите показатели, характеризующие наличие, состояние и движение персонала.

4. Назовите показатели эффективности использования персонала.

5. Перечислите методы определения производительности труда. Их преимущества и недостатки.

6. Перечислите факторы, влияющие на производительность труда на горных предприятиях.

7. Дайте определение сущности трудового дохода и заработной платы в условиях рыночной экономики.

8. В чем отличие номинальной и реальной заработной платы?

9. Перечислите основные элементы тарифной системы и дайте их характеристику.

10. Перечислите основные формы и системы заработной платы, применяемые на горнодобывающих предприятиях, их преимущества и недостатки.

11. Что включает в себя фонд оплаты труда предприятия? Назовите источники его образования.

Тема 4. Формирование основных результатов хозяйственной и финансовой деятельности предприятия

1. Дайте определение себестоимости продукции.

2. В чем состоит отличие понятий «бухгалтерские издержки» и «налоговые издержки»?

3. По каким признакам группируются затраты предприятия?

4. Что такое прямые и косвенные затраты?

5. Дайте характеристику экономических элементов затрат?

6. Дайте характеристику затрат по отношению к объему производства, как они изменяются с изменением объема производства?

7. Что представляет собой смета затрат на производство и реализацию продукции?

8. Что такое калькуляция? Какие виды калькуляции вы знаете?

9. Состав цеховых расходов?

10. Как определить экономию от снижения себестоимости продукции?

11. Что такое прибыль как экономическая категория?

12. В чем различия между валовой и чистой прибылью?

13. Что такое чистая прибыль?

14. В чем сущность показателя рентабельности?

15. Какие выделяют показатели рентабельности?

16. Каковы направления использования прибыли, остающейся в распоряжении предприятия?

Тема 5. Инновационная и инвестиционная политика предприятия

1. Дайте понятие инвестиций.

2. Назовите виды и источники инвестиций.

3. В чем состоит значение временного фактора для оценки эффективности инвестиций?

4. Дайте понятие чистого дисконтированного дохода.

5. Что такое «норма дисконтирования» и как она устанавливается?

6. Охарактеризуйте внутреннюю норму доходности проекта.

7. Как определяется срок окупаемости капитальных вложений?

8. В чем состоит особенность оценки инвестиционных проектов на действующем предприятии?

Тема 6. Понятие, содержание, функции менеджмента

1. Эволюция организации и принципов управления.

2. Характеристика системного подхода к управлению, его преимущества и недостатки.

3. Ситуационный подход к управлению. Характеристика факторов внешней и внутренней среды предприятия

4. Сущность и задачи менеджмента. Менеджмент как наука, практика и искусство

5. Характерные черты и стадии менеджмента

6. Вклад в менеджмент различных школ управления

7. Характеристика менеджмента как процесса.

8. Делегирование, ответственность и полномочия в менеджменте.

9. Сущность коммуникаций, виды коммуникаций. Коммуникационный процесс и повышение его эффективности.

10. Характеристика межличностных коммуникаций. Преграды и пути их преодоления.

11. Сущность и смысл контроля как функции управления. Виды контроля. Характеристика процесса контроля. Эффективность контроля.

12. Характеристика методов управления, область применения, эффективность их использования.

13. Организация как функция менеджмента. Какие факторы влияют на организационную структуру управления?

14. Суть и назначение основных функций управления. Характер функций аппарата управления

15. Виды и типы контроля. Эффективность контроля

16. Сущность, функции и выгоды стратегического планирования. Характеристика модели стратегического планирования.

17. Эволюция мотивации. Характеристика содержательных и процессуальных теорий мотивации.

Тема 7. Теория принятия управленческих решений. Эффективность менеджмента

1. Модель предприятия как открытой системы, основные подсистемы, их состав и характеристика

2. Информационное обеспечение менеджмента, совершенствование информационной системы

3. Модели и методы принятия решений. Алгоритм принятия рационального управленческого решения

4. Решение как продукт управленческого труда. Характеристика процесса принятия решения

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Предприятие как форма организации производства

1. Определение предприятия.
2. Основные задачи предприятия.
3. Внутренняя среда предприятия.
4. Внешняя среда предприятия
5. Формы объединения предприятий.
6. Производственная структура предприятия
7. Организационная структура предприятия
8. Бюрократические (механические) структуры
9. Дивизиональные структуры
10. Адаптивные (органические) структуры управления.

Тема 2. Основные и оборотные средства предприятия

1. Основные фонды.
2. Признаки классификации основных средств.
3. Виды стоимостной оценки основных средств
4. Воспроизводство основных средств.
5. Амортизация основных средств.
6. Фондоотдача
7. Фондоемкость
8. Фондовооруженность.
9. Лизинг.
10. Нематериальные активы.
11. Оборотные средства.
12. Состав и структура оборотных средств.
13. Кругооборот оборотных средств.

14. Коэффициент оборачиваемости
15. Длительность оборота.

Тема 3. Трудовые ресурсы предприятия. Нормирование и оплата труда

1. Промышленно-производственный персонал
2. Непромышленный персонал
3. Текучесть кадров
4. Эффективность использования персонала.
5. Производительность труда.
6. Трудоемкость.
7. Выработка.
8. Номинальная заработная плата
9. Реальная заработная плата
10. Тарифная система.
11. Основные формы и системы заработной платы.
12. Фонд оплаты труда.

Тема 4. Формирование основных результатов хозяйственной и финансовой деятельности предприятия

1. Себестоимость продукции.
2. Бухгалтерские издержки
3. Налоговые издержки
4. Прямые затраты
5. Косвенные затраты
6. Экономические элементы затрат
7. Условно-постоянные затраты
8. Переменные затраты
9. Смета затрат на производство и реализацию продукции

10. Калькуляция
11. Прибыль как экономическая категория
12. Валовая прибыль
13. Чистая прибыль
14. Рентабельность производства
15. Рентабельность продукции
16. Рентабельность продаж

Тема 5. Инновационная и инвестиционная политика предприятия

1. Инвестиции
2. Источники инвестиций.
3. Чистый дисконтированный доход
4. Норма дисконтирования
5. Внутренняя норма доходности проекта.
6. Срок окупаемости капитальных вложений

Тема 6. Понятие, содержание, функции менеджмента

1. Принципы управления.
2. Система
3. Системный подхода к управлению.
4. Ситуационный подход к управлению.
5. Делегирование
6. Ответственность и полномочия в менеджменте.
7. Методы управления.
8. Управленческое решение.
9. Планирование
10. Стратегическое планирование
11. Организация

12. Мотивация
13. Контроль
14. Лидерство
15. Власть
16. Влияние
17. Организационная структура управления
18. Иерархия

Тема 8. Теория принятия управленческих решений. Эффективность менеджмента

1. Коммуникации
2. Управленческое решение
3. Оптимальность
4. Эффективность

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 С ПРЕЗЕНТАЦИЕЙ

Одной из форм текущего контроля является доклад с презентацией, который представляет собой продукт самостоятельной работы студента.

Доклад с презентацией - 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 с презентацией является обязательной для обучающихся, если доклад презентацией указан в перечне форм текущего контроля успеваемости в рабочей программе дисциплины.

Доклад должен быть рассчитан на 7-10 минут.

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, структу-

рирования 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.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответна имеющиеся эталоны ответов. При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

1) готовясь к тестированию, проработать информационный материал по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

2) четко выяснить все условия тестирования заранее. Студент должен знать, сколько тестов ему будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т. д.;

3) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца нужно прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов; выбрать правильные (их может быть несколько); на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

- в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант;

- не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, нужно переходить к другим тестовым заданиям; к трудному вопросу можно обратиться в конце;

- обязательно необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине «*Экономика и менеджмент горного производства*» 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 «*Экономика и менеджмент горного производства*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

2. При изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса.

3. При изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *экзамене* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию).

4. Следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *экзамену* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

№ п/п	Наименование
1	Экономика предприятия : учебник / Л. И. Исеева, А. А. Федченко, Е. И. Рейшахрит [и др.]. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный университет, 2017. — 367 с. — ISBN 978-5-94211-788-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/78138.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2	Экономика предприятия : учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / В. Я. Горфинкель, О. В. Антонова, А. И. Базилевич [и др.] ; под редакцией В. Я. Горфинкель. — 6-е изд. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 663 с. — ISBN 978-5-238-02371-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/71241.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3	Герчикова, И. Н. Менеджмент : учебник для вузов / И. Н. Герчикова. — 4-е изд. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2017. — 511 с. — ISBN 978-5-238-01095-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/81661.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4	*Экономика горного предприятия*: учебное пособие / В. Е. Стровский [и др.] ; ред. В. Е. Стровский. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. – 340 с.
5	*Моссаковский Я. В.* Экономика горной промышленности : учебник / Я. В. Моссаковский ; Московский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Москва : МГГУ, 2006. - 525 с.
6	*Ганицкий В. И.* Менеджмент горного производства: учеб. пособие для вузов / Всеволод Иванович Ганицкий В. И., Владимир Иванович Велесевич В. И. - Москва : Изд-во МГГУ, 2004. - 357 с.
7	*Ляпцев Г. А.* Планирование на предприятиях горной промышленности: учебное пособие / Г. А. Ляпцев, К. Г. Мусина, В. Е. Стровский; ред. В. Е. Стровский; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., испр. и доп. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. - 175 с.
8	Беляева, О. В. Экономика предприятия (организации). Сборник задач : учебно-методическое пособие / О. В. Беляева, Ж. А. Беляева. — Саратов : Вузовское образование, 2017. — 52 с. — ISBN 978-5-4487-0009-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/64328.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
9	Экономика предприятия : учебно-методическое пособие / составители М. Ю. Мишланова, А. А. Калинина, С. Н. Шипова. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2019. — 62 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/99747.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей
10	Основы менеджмента : курс лекций / Ю. Н. Кулаков, А. В. Федосьина, Д. В. Князев, С. В. Горев. — 2-е изд. — Москва : Издательство МИСИ-МГСУ, 2017. — 120 с. — ISBN 978-5-7264-1774-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/89554.html — Режим доступа: для авторизир. пользователей

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: Таутер В. М., профессор кафедры электроники 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. Лятцев, 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 назв.

УДК 620.10

© Уральский государственный горный университет, 2008, 2012
© Мокрушин Н. В., Лятцев С. А., Чучманова Л. Д., Середа К. В., 2008, 2012

ISBN 978-5-8019-0185-5

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 аудиторных часов по курсу сопротивления материалов.

Восполнение появившихся в результате этого пробелов в знании студентами курса 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 пособие 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 σ_{adm} – допускаемое нормальное напряжение материала стержня, МПа.

Абсолютная деформация Δl однородного участка (постоянные сечение и материал) определяется **по закону Гука**:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}\ , \tag{1.3}$$

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.

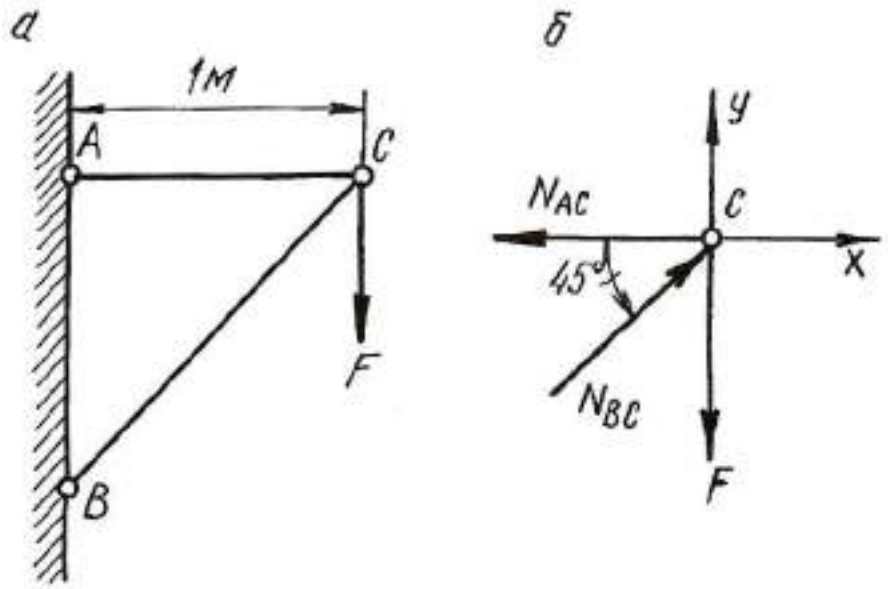


Рис. 1.1.

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.

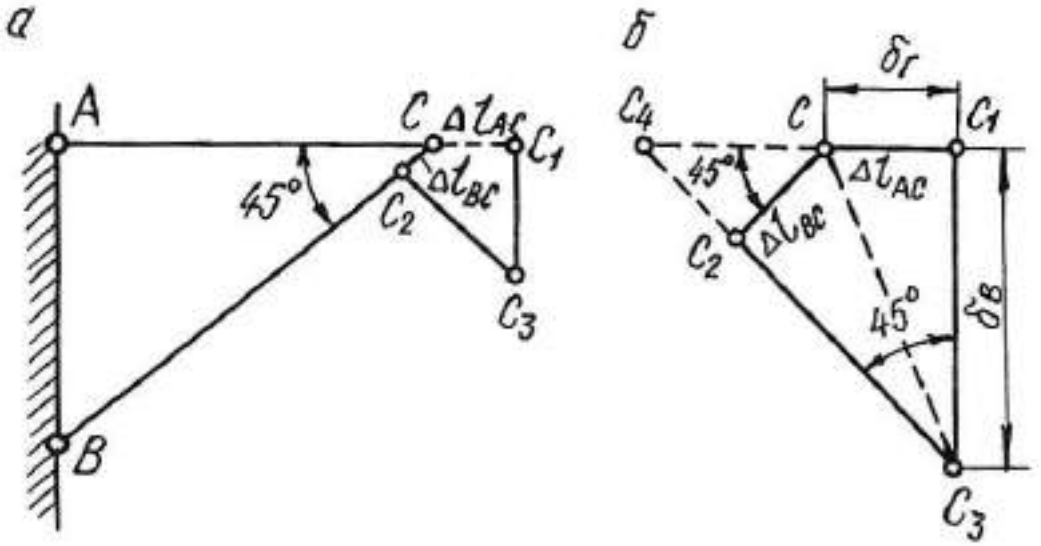


Рис. 1.2.

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; ρ – плотность материала, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2; A – площадь поперечного сечения бруса, м^2; x – расстояние от нижнего конца стержня, м.

Напряжение от собственного веса определяется по формуле:

$$\sigma_x = \frac{N_x}{A} = \rho g x. \tag{1.5}$$

По формулам (1.4) и (1.5) строятся эпюры N и σ 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.

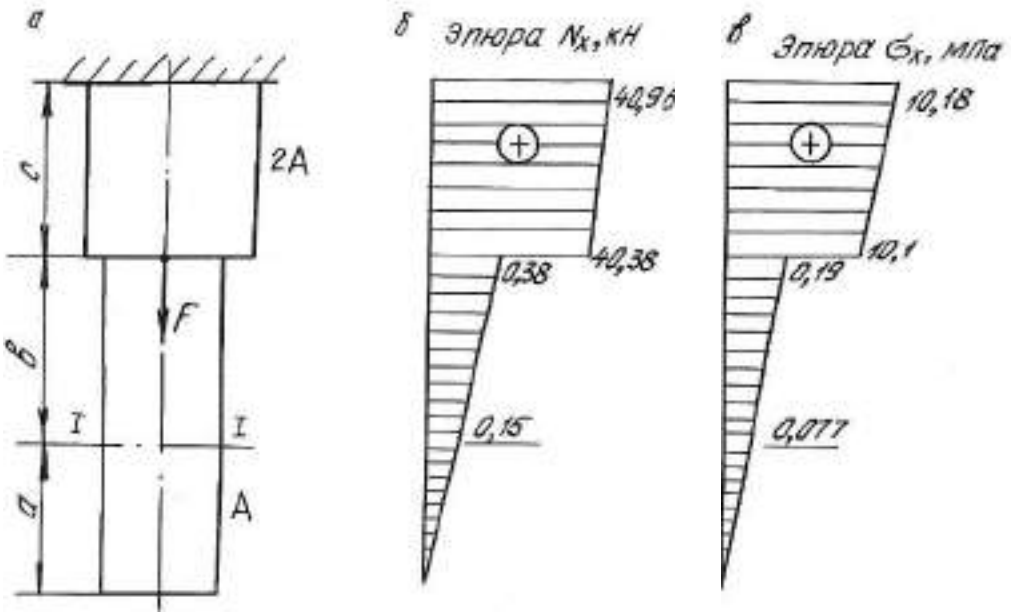


Рис. 1.3.

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 σ_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: σ_x, σ_y, σ_z, а касательные: τ_{xy}, τ_{yx}, τ_{zy}, τ_{yz}, τ_{xz}, τ_{zx}. Двойной индекс при касательных напряжениях указывает на направление и плоскость, где они действуют. Например, индексы при напряжении τ_{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 α, 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 α положительный, если он отсчитан в направлении от оси x к оси y по кратчайшему угловому пути, против хода часовой стрелки.

Нормальное напряжение σ_α считается положительным, если его направление совпадает с направлением внешней нормали к наклонной площадке. Положительное направление τ_α образовано поворотом внешней нормали к наклонной площадке на угол 90^o по ходу часовой стрелки.

Противоположные направления σ_α и τ_α 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 α_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 σ_α и касательных τ_α напряжений, действующих на площадках, нормаль, к которой составляет угол α с горизонтальной осью x. Показать на чертеже заданный элемент и направление соответствующих напряжений.

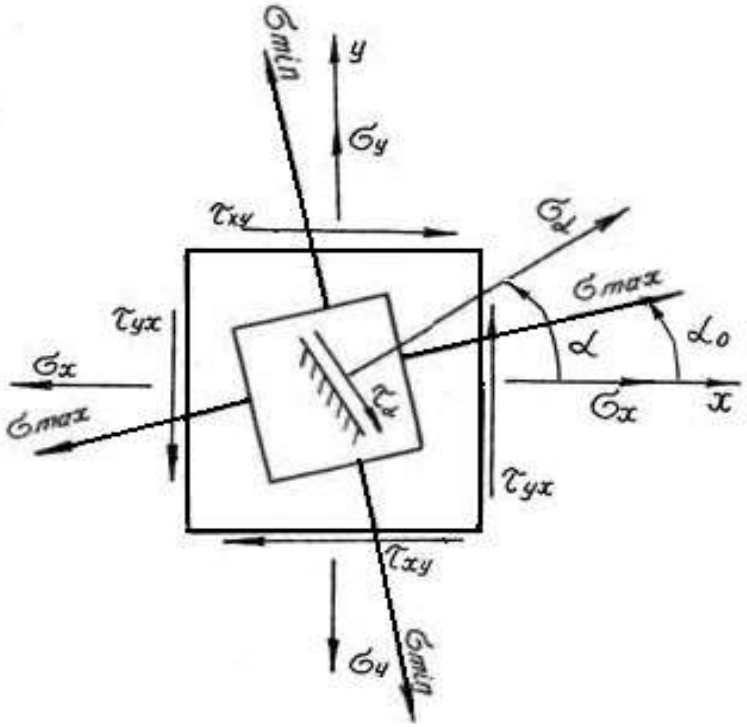


Рис. 1.4.

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

$$\operatorname{tg}2\alpha_0 = -\frac{2\tau_{yx}}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{-2\cdot(-10)}{80-20} = 0,333; \qquad 2\alpha_0 = 18^{\circ}24'; \qquad \alpha_0 = 9^{\circ}12'.$$

Определим аналитически величины σ_α и τ_α, действующие на площадке, нормаль к которой составляет угол 30° 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 σ_{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.

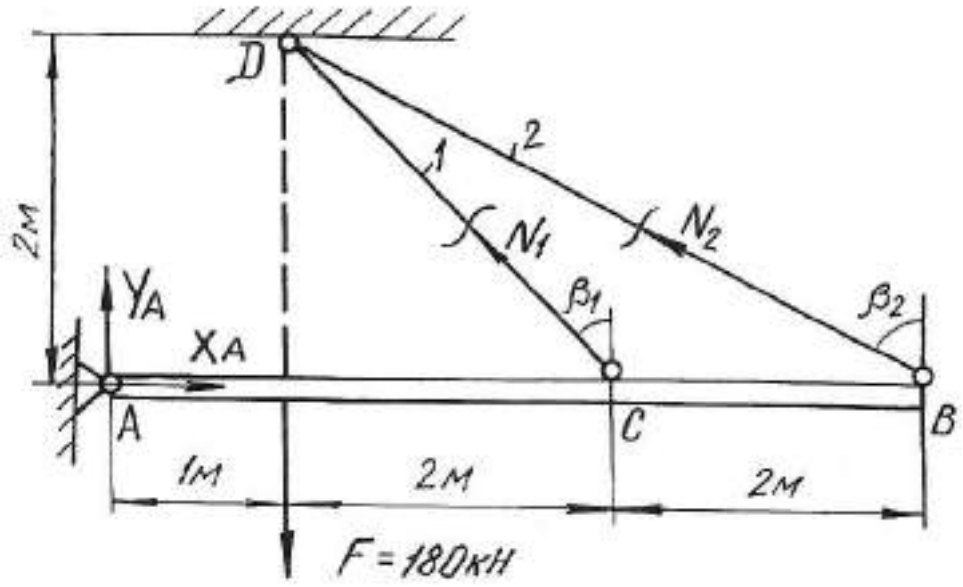


Рис. 1.5.

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:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{CC_1}{BB_1} = \frac{3}{5}.$$

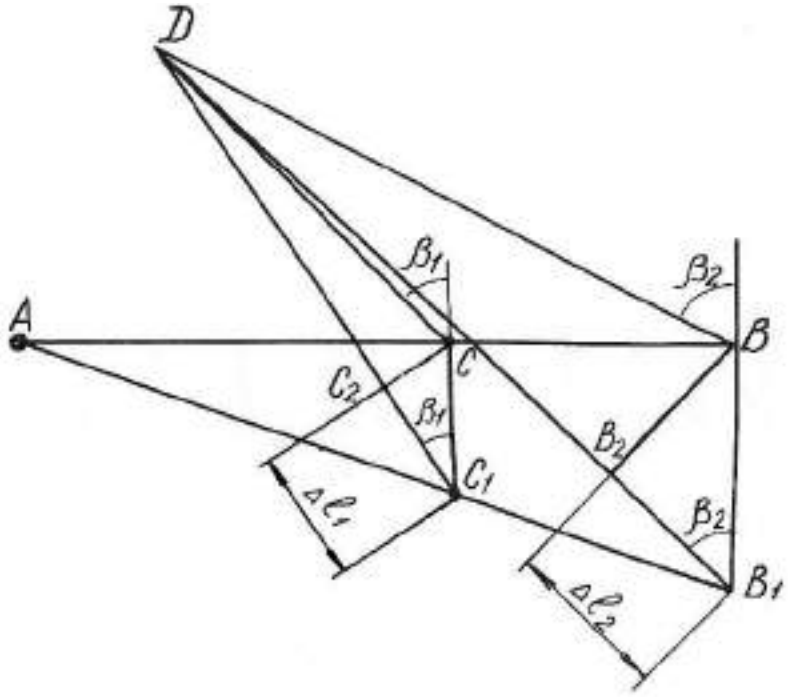


Рис. 1.6.

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

$$\sum M_A = 0; \qquad -N_1' \cdot \cos\beta_1 \cdot 3 + N_2' \cdot \cos\beta_2 \cdot 5 = 0;$$

$$-2{,}12 N_1' + 2{,}25 N_2' = 0. \qquad (1.21)$$

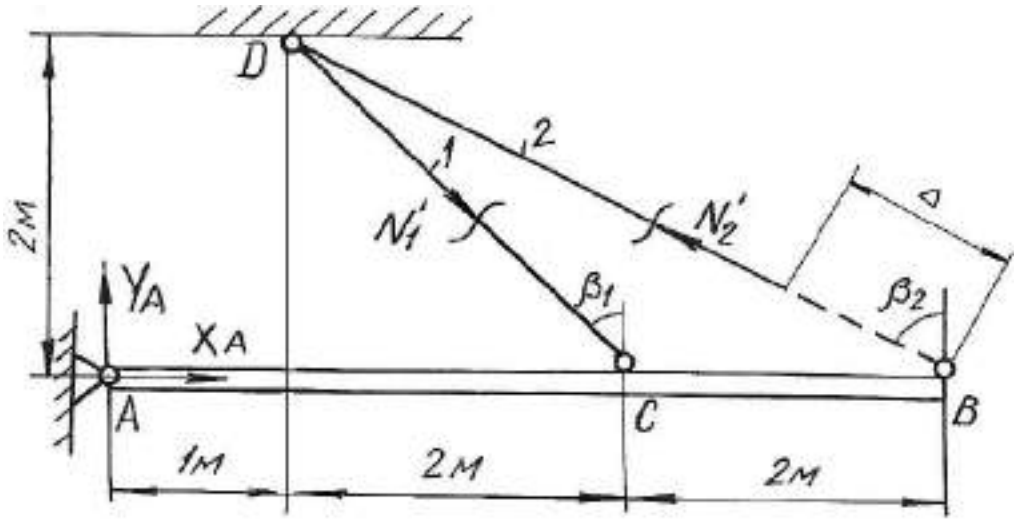


Рис. 1.7.

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 $\frac{AC}{AB}=\frac{C_1C}{B_1B}=\frac{3}{5}$.

Учитывая соотношение $C_1C=\frac{CC_2}{\cos\beta_1}=\frac{\Delta l_1}{\cos\beta_1}$; $B_1B=\frac{B_2B}{\cos\beta_2}=\frac{\Delta-\Delta l_2}{\cos\beta_2}$,

получаем $\frac{\Delta l_1}{0{,}707}=\frac{3}{5}\cdot\frac{\Delta-\Delta l_2}{0{,}45}$; $\Delta l_1=0{,}94(\Delta-\Delta l_2)$. (1.22)

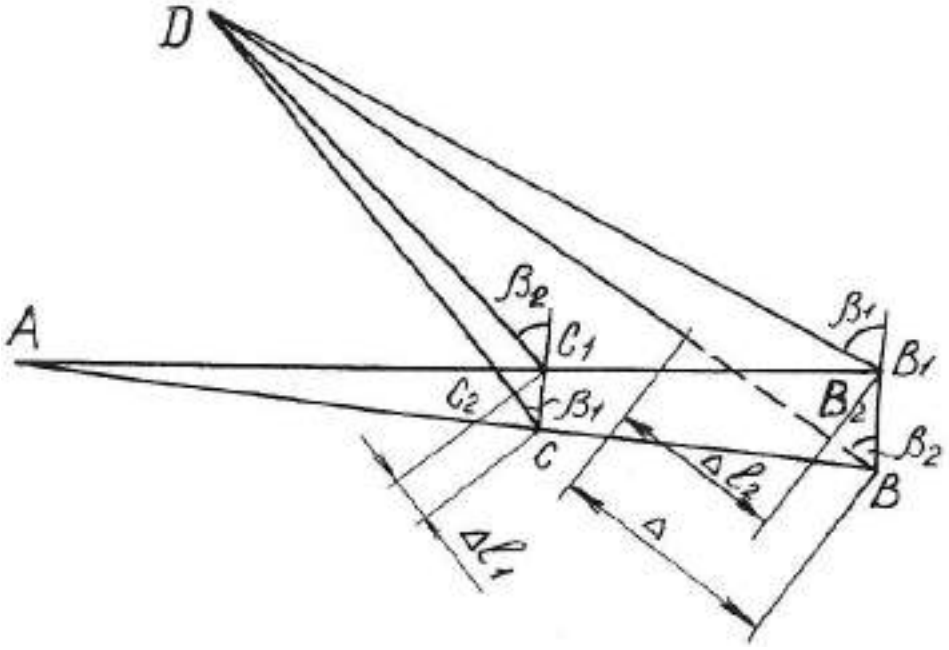


Рис. 1.8.

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 σ_{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

$$\sigma^{(3)} = \frac{N_3}{A} = -\frac{137,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -137,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = -137,5 \text{ МПа}.$$

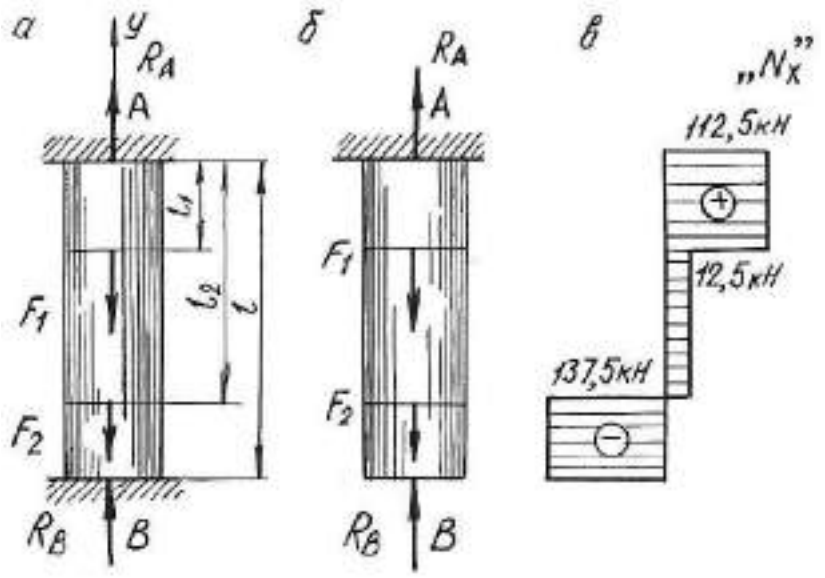


Рис. 1.9.

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

$$A_м = \frac{\pi(50\cdot10^{-3})^2}{4} = 1963\cdot10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$A_a = \frac{\pi(40\cdot10^{-3})^2}{4} = 1257\cdot10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$A_c = \frac{\pi(30\cdot10^{-3})^2}{4} = 707\cdot10^{-6} \text{ м}^2.$$

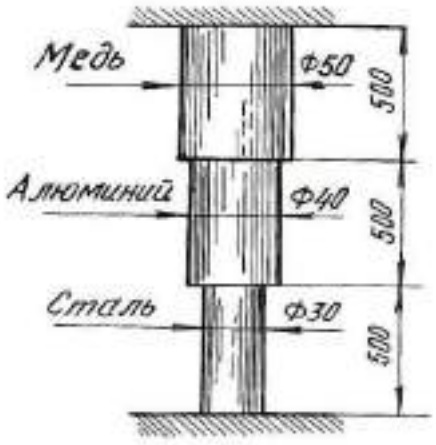


Рис. 1.10.

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°

$$\sigma_{\text{м}} = -\frac{N}{A_{\text{м}}} = -\frac{84800}{1963 \cdot 10^{-6}} = -43 \cdot 10^{6} \text{ Па} = -43 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{а}} = -\frac{N}{A_{\text{а}}} = -\frac{84800}{1257 \cdot 10^{-6}} = -67{,}5 \cdot 10^{6} \text{ Па} = -67{,}5 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{с}} = -120 \text{ МПа}.$$

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 ρ=7850 кг/см^3; ускорение силы тяжести g = 9,81 м/с^2, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

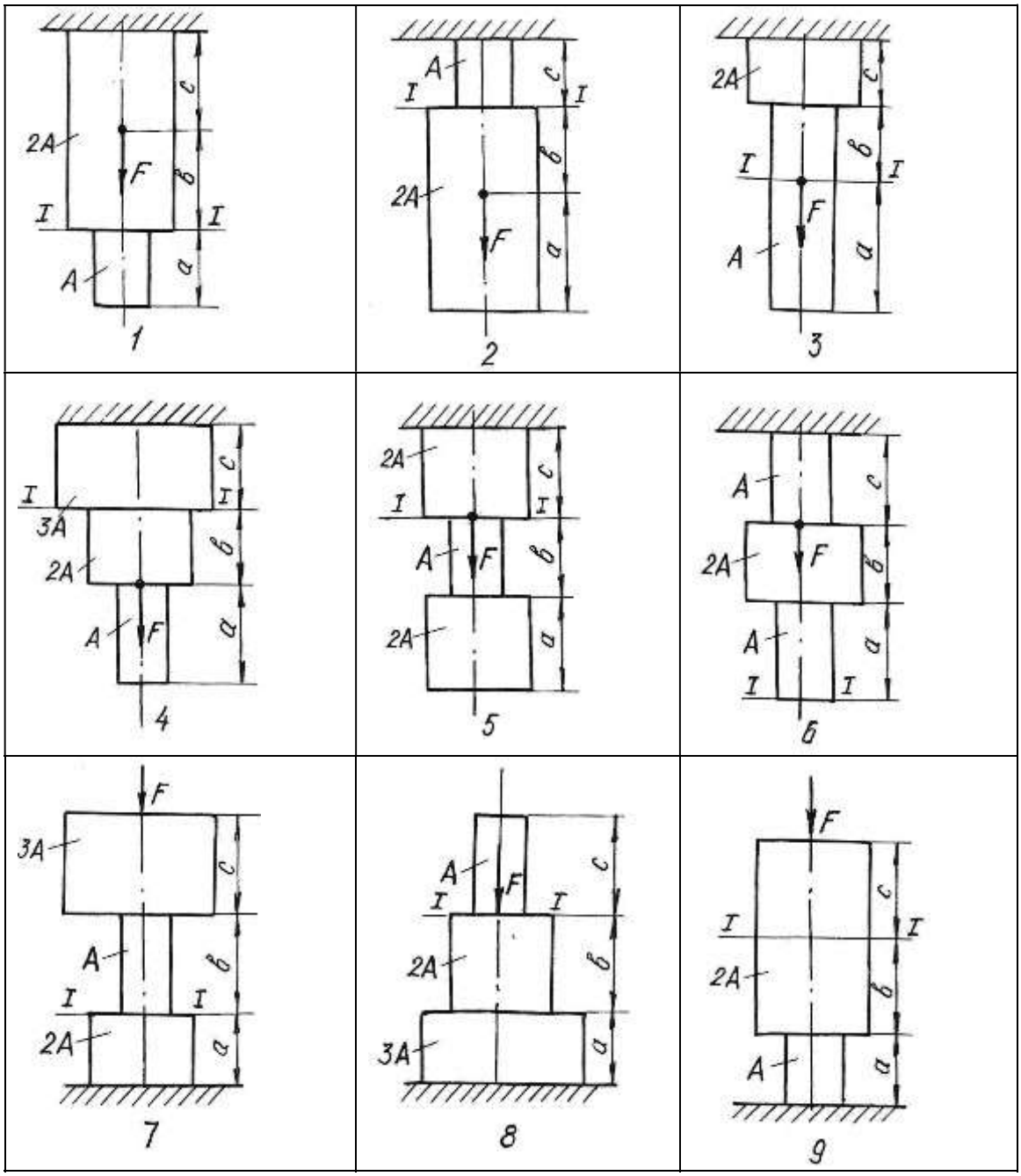
3. Определить перемещение сечений I-I.

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.

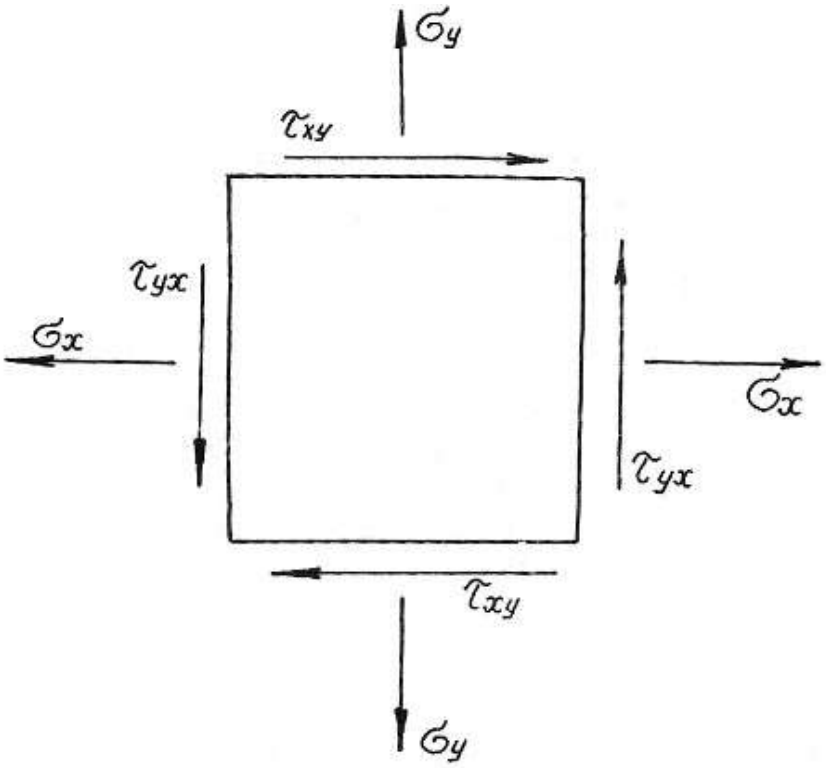


Рис. 1.11.

Требуется найти:

1. Главные напряжения и положение главных площадок.
2. Максимальные касательные напряжения.
3. Определить аналитически величины нормальных σ_α и касательных напряжений τ_α , действующих на площадках, нормаль к которым составляет угол α с горизонтальной осью x.

Данные приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Номер варианта	σ_x , МПа	σ_y , МПа	τ_{xy} , МПа	α, 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:

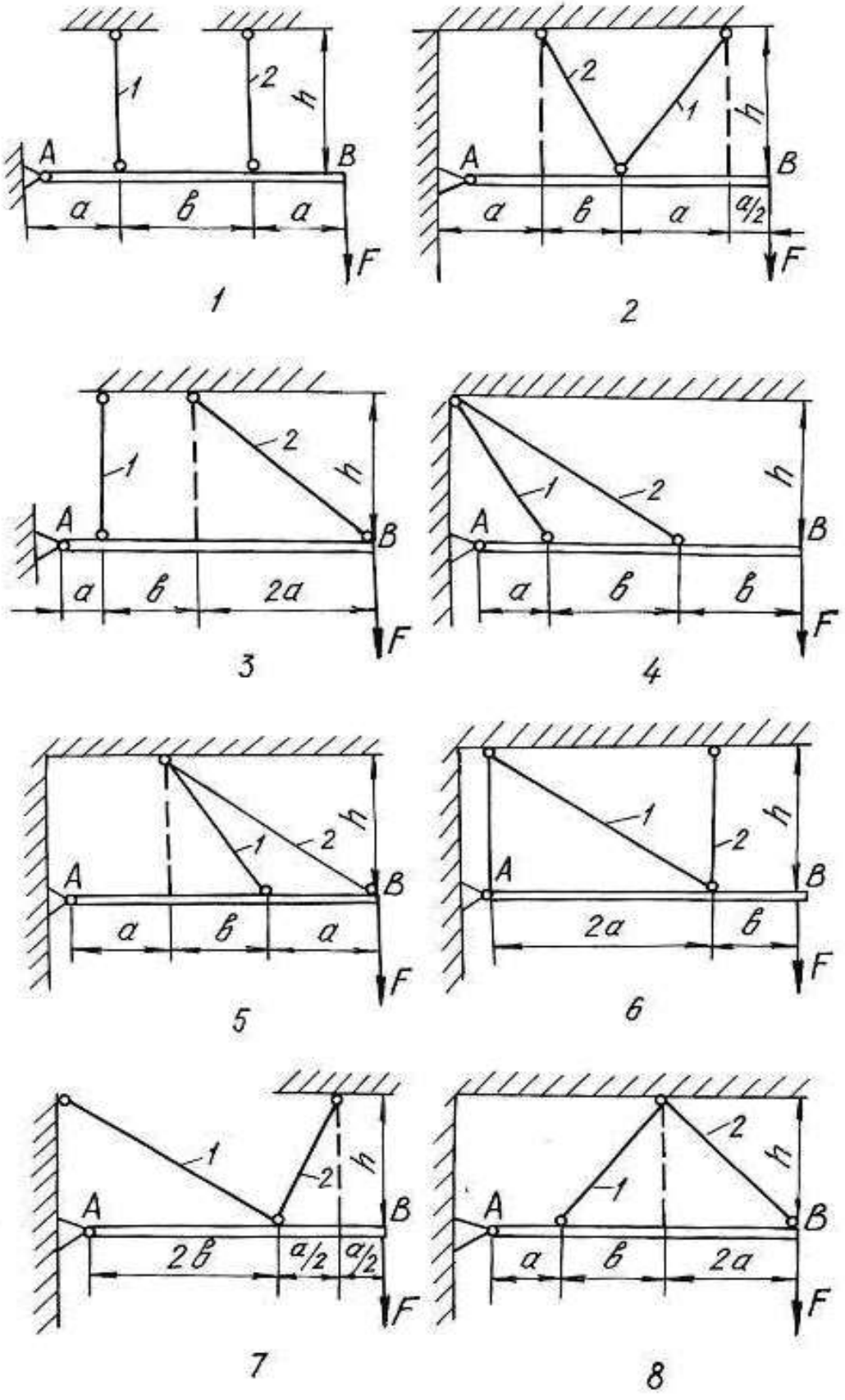
1. Определить усилия, возникающие в стержнях от действия нагрузки F;
2. Подобрать сечение стержней из двух равнобоких уголков каждое по ГОСТ 8509-93 (см. табл. П. 3).
3. Определить дополнительные усилия в стержнях конструкции, если стержень 2 изготовлен короче проектного размера на $\Delta = 5 \cdot 10^{-3}$ м.

При расчетах принять $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; σ_{adm}=160 МПа, остальные данные приведены в табл. 1.4. Расчетные схемы приведены в табл. 1.5.

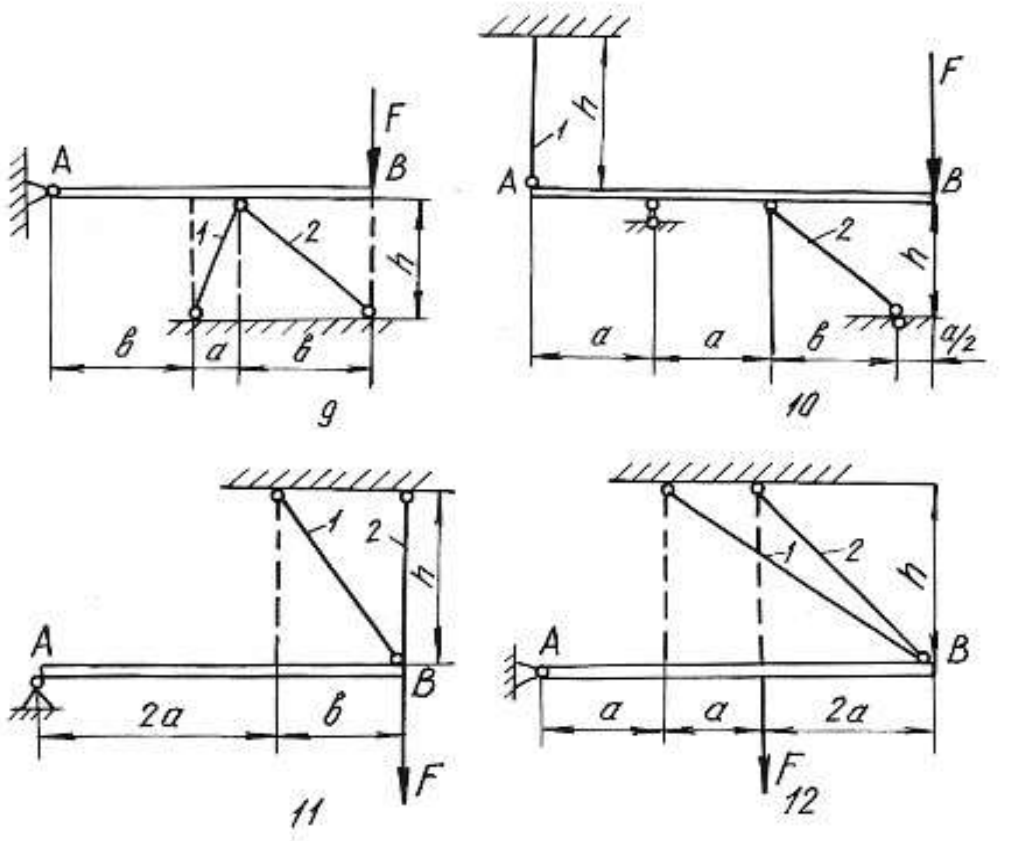
Таблица 1.4

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
h
A
B
a
в
a
F
1
2
2
1
h
A
B
a
в
a
a/2
F
2
1
2
h
A
B
a
в
2a
F
3
1
2
h
A
B
a
в
в
F
4
1
2
h
A
B
a
в
a
F
5
1
2
h
A
B
2a
в
F
6
1
2
h
A
B
2в
a/2
a/2
F
7
1
2
h
A
B
a
в
2a
F
8

Окончание табл. 1.5



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° 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 α_0, откладываемый против хода часовой стрелки.

9. Проводятся главные оси на чертеже под углом α_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.

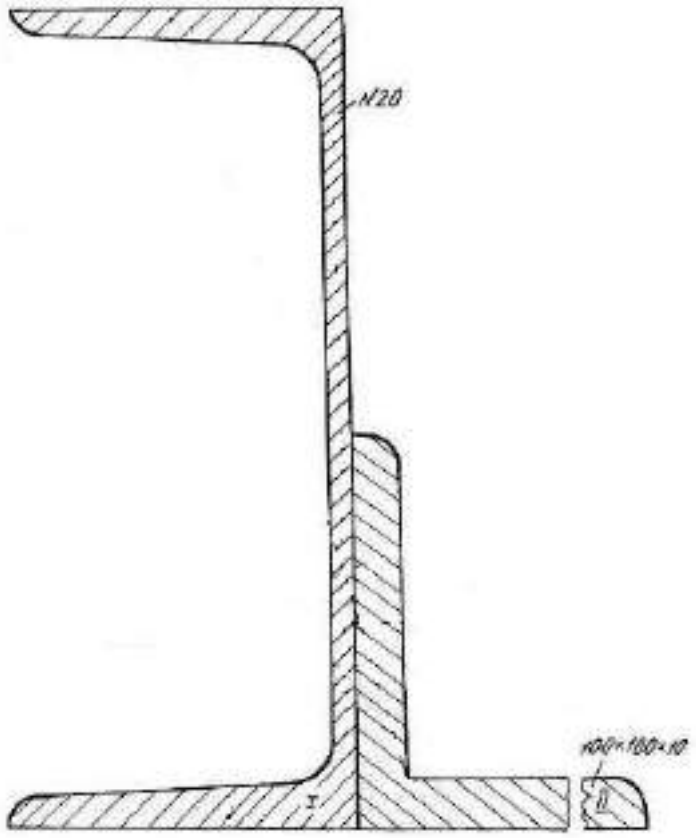


Рис. 2.1.

Решение.

1. Проводим временные оси $x_{\text{вр}}$ и $y_{\text{вр}}$ через левый нижний угол сечения (рис. 2.2) и разбиваем сечение на две фигуры: швеллер I и уголок II.

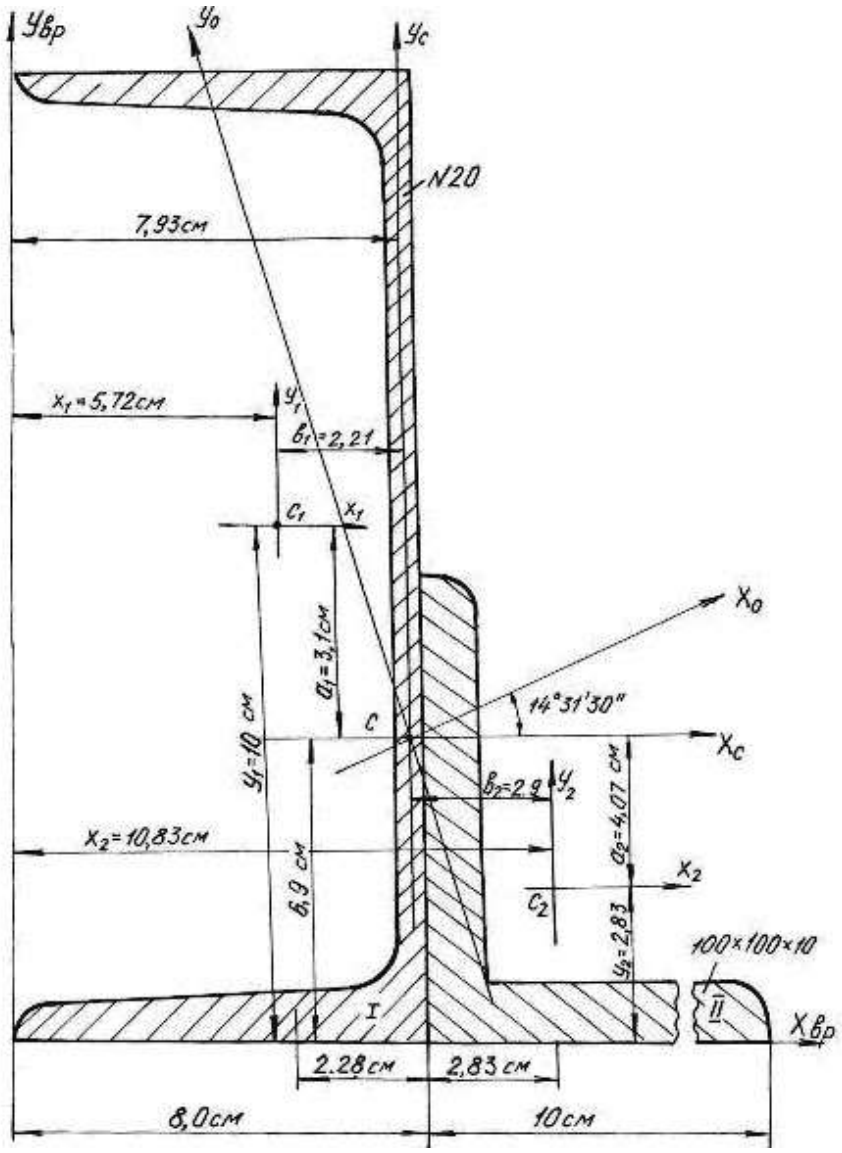


Рис. 2.2.

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.

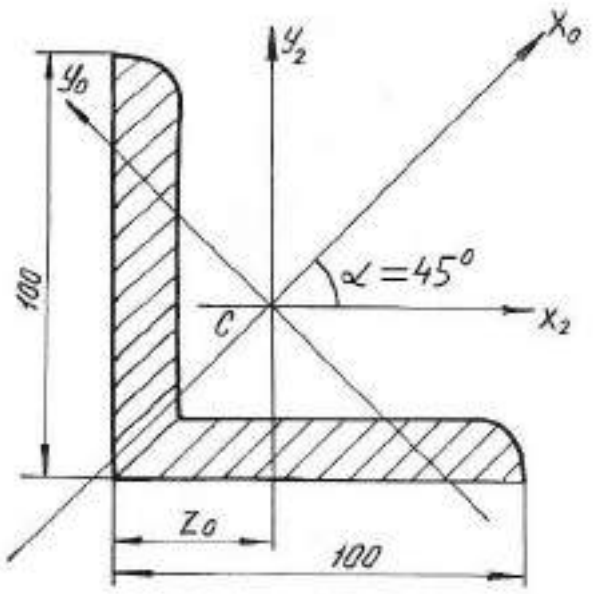


Рис. 2.3.

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 α 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.

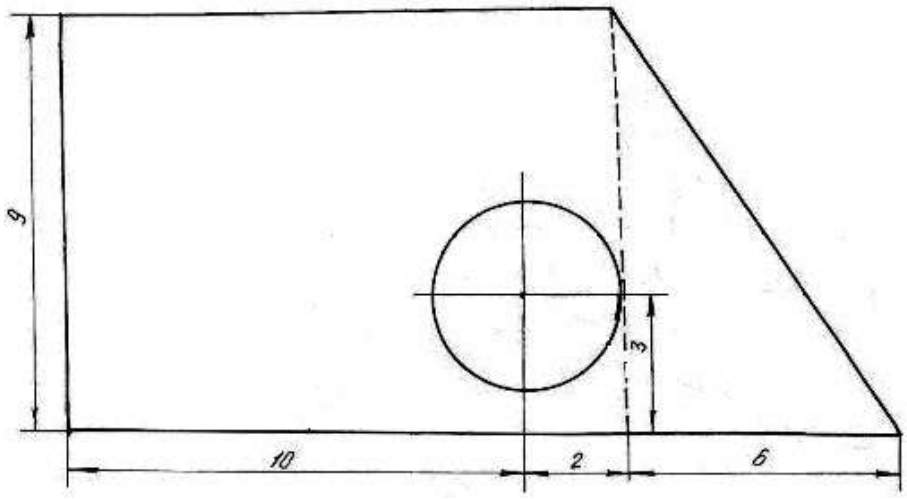


Рис. 2.4.

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

$$C_1\begin{cases} x_1 = 6 \text{ см}; \\ y_1 = 4{,}5 \text{ см}; \end{cases} \qquad C_2\begin{cases} x_2 = 14 \text{ см}; \\ y_2 = 3 \text{ см}; \end{cases} \qquad C_3\begin{cases} x_3 = 10 \text{ см}; \\ y_3 = 3 \text{ см}. \end{cases}$$

$$A_1 = 108 \text{ см}^2, \qquad A_2 = 27 \text{ см}^2, \qquad A_3 = 12{,}56 \text{ см}^2.$$

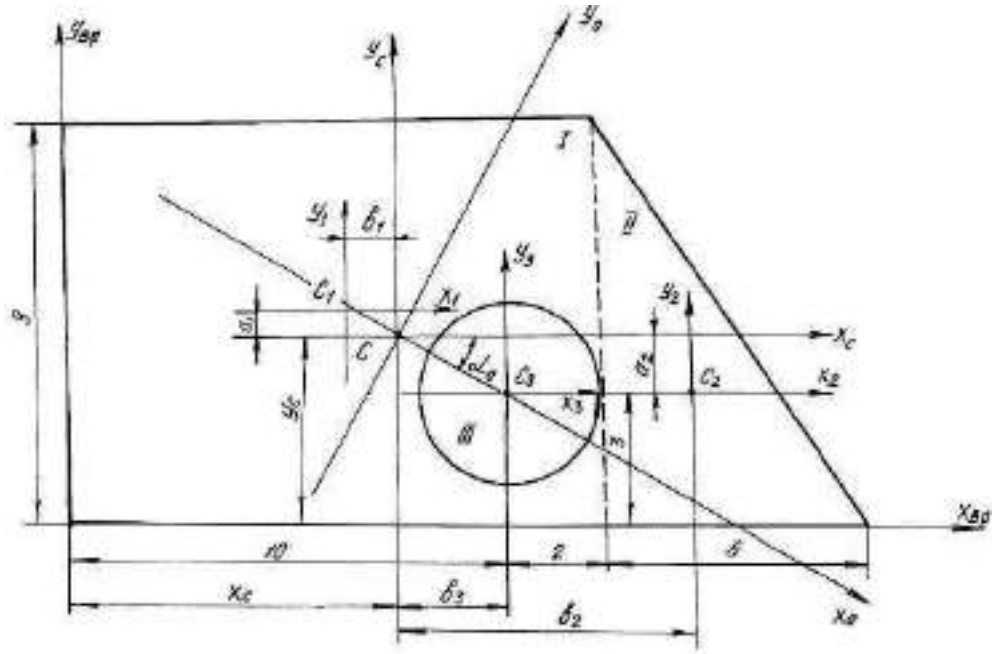


Рис. 2.5.

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 $\left(C_1,\ C_2,\ C_3\right)$ 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

$$J_{x_c}=\left(J_{x_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{x_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{x_c}\right)^{\text{III}}=\left(J_{x_1}+A_1a_1^2\right)+\left(J_{x_2}+A_2a_2^2\right)-\left(J_{x_3}+A_3a_3^2\right)=$$

$$=\left(729+0{,}18^2\cdot 108\right)+\left(121{,}5+\left(-1{,}32\right)^2\cdot 27\right)-\left(12{,}56+\left(-1{,}32\right)^2\cdot 12{,}56\right)=866{,}6\text{ см}^4;$$

$$J_{y_c}=\left(J_{y_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{y_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{y_c}\right)^{\text{III}}=\left(J_{y_1}+A_1b_1^2\right)+\left(J_{y_2}+A_2b_2^2\right)-\left(J_{y_3}+A_3b_3^2\right)=$$

$$=\left(1296+\left(-1{,}35\right)^2\cdot 108\right)++\left(54+6{,}65^2\cdot 27\right)-\left(12{,}56+2{,}65^2\cdot 12{,}56\right)=1093{,}32\text{ см}^4;$$

$$J_{x_cy_c}=\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{III}}=$$

$$=\left(J_{x_1y_1}+a_1b_1A_1\right)+\left(J_{x_2y_2}+a_2b_2A_2\right)-\left(J_{x_3y_3}+a_3b_3A_3\right)=$$

$$=\left(0+0{,}18\cdot\left(-1{,}35\right)\cdot 108\right)+\left(-40{,}5+\left(-1{,}32\right)\cdot 6{,}65\cdot 27\right)-\left(0+\left(-1{,}32\right)\cdot 2{,}56\cdot 12{,}56\right)=$$

$$=-259{,}82\text{ см}^4.$$

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 α_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

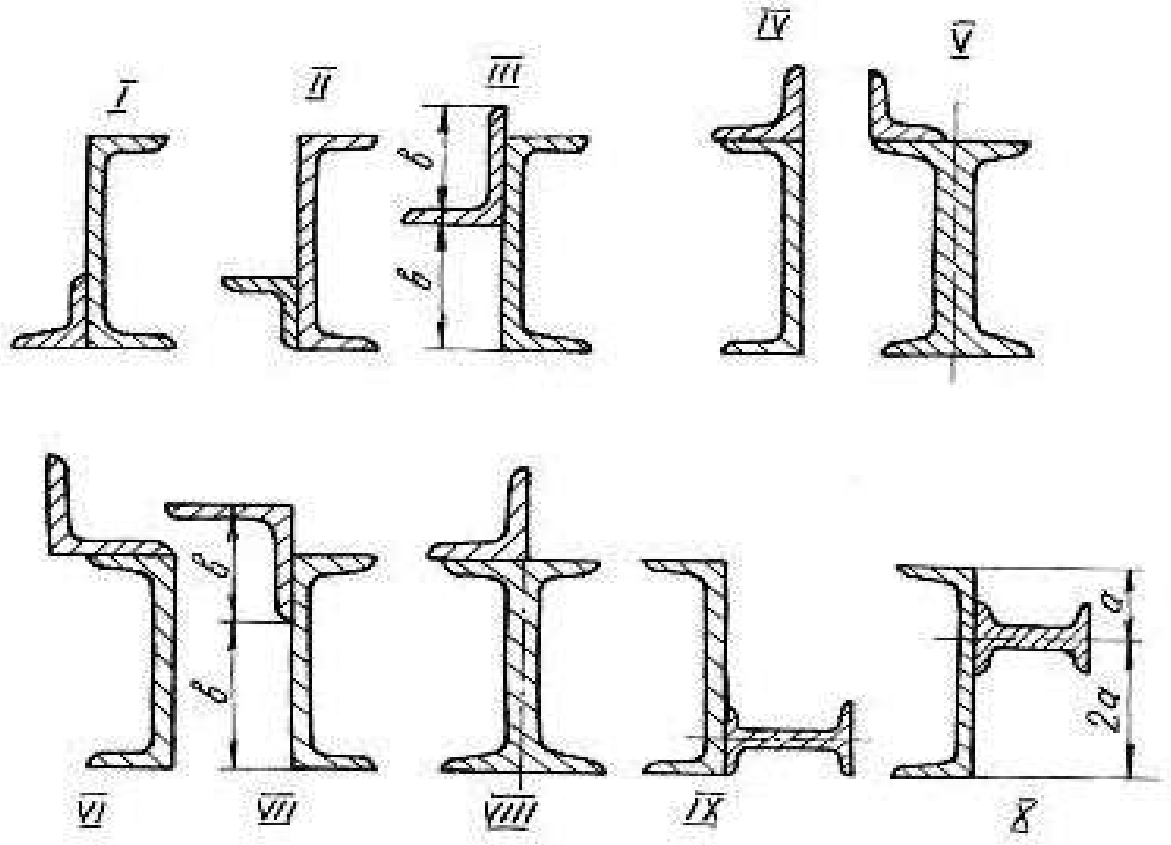
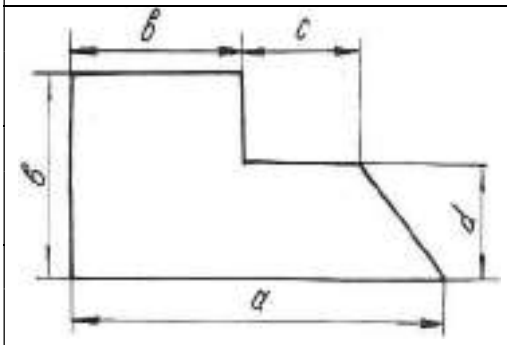
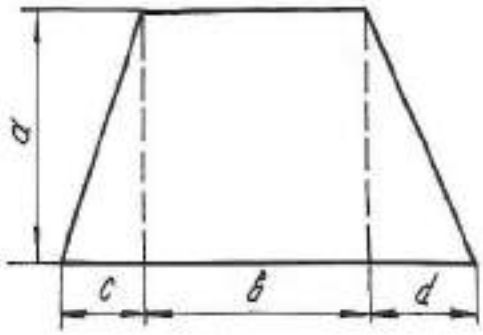
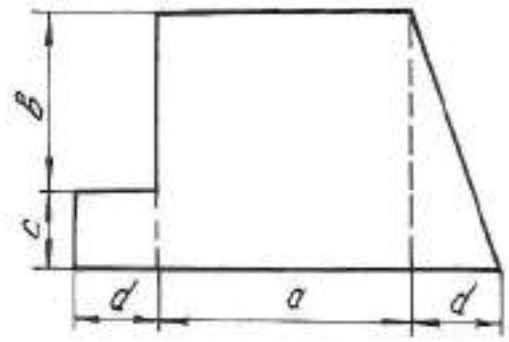
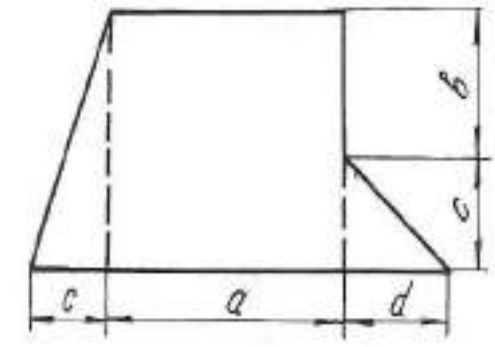
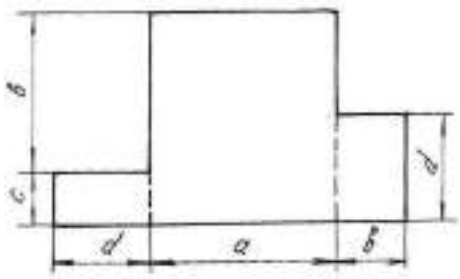
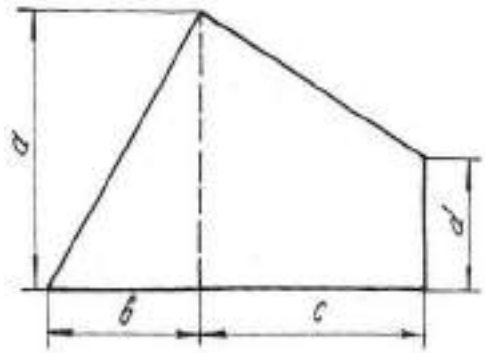
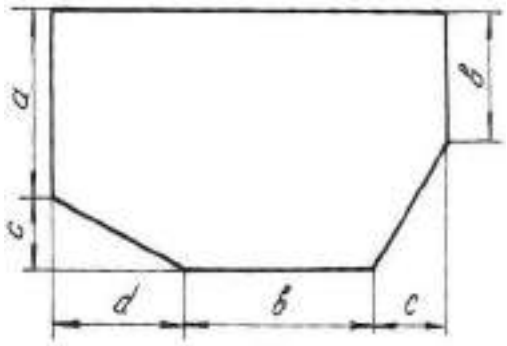
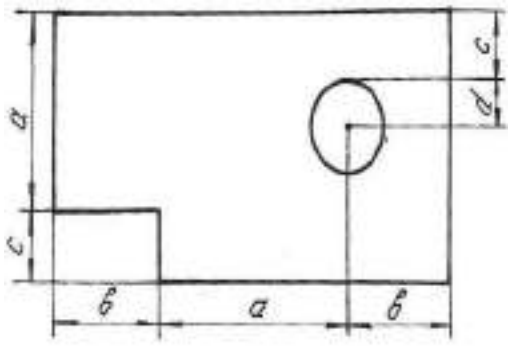


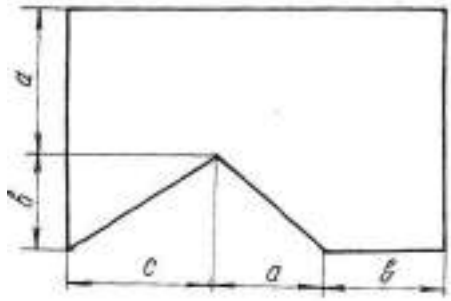
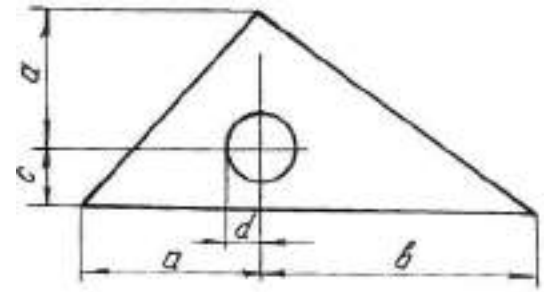
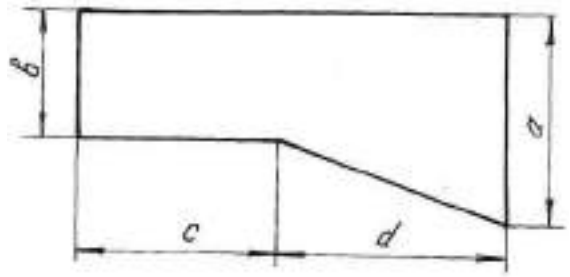
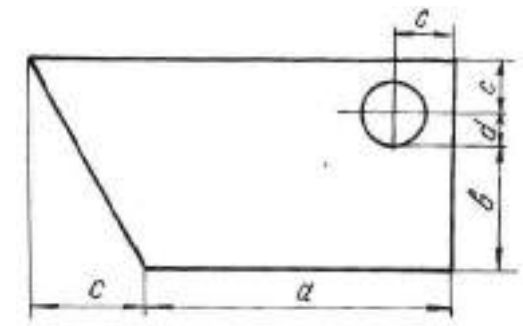
Таблица 2.3

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

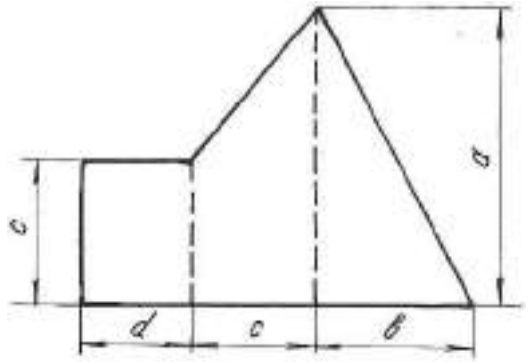
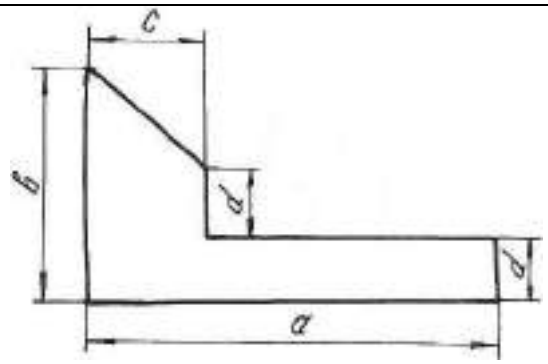
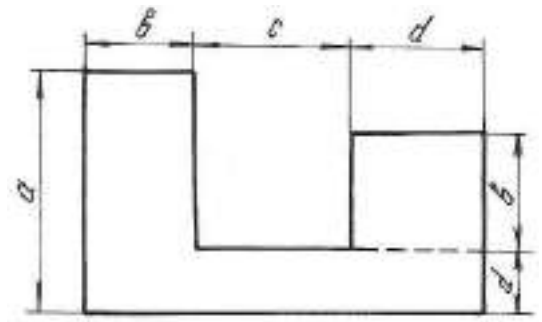
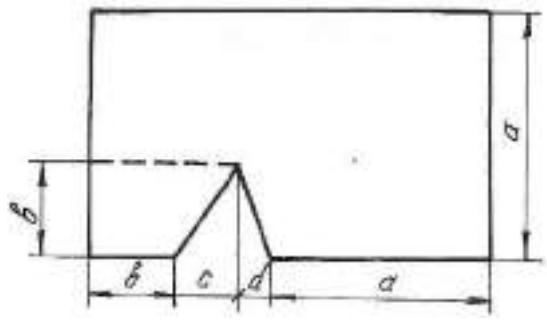
Продолжение табл. 2.3

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 τ_{max} – максимальное касательное напряжение, φ_{max} – максимальный угол закручивания вала.

Для определения максимального касательного напряжения и максимального угла закручивания необходимо иметь представление о том, как изменяется величина крутящего момента по длине вала. Текущие значения крутящих моментов определяются графиками их изменения, называемыми эпюрами. Вал по длине делится на участки вертикальными линиями, проведенными через те сечения, где приложены моменты пар сил. На каждом участке крутящий момент имеет постоянное значение и равен алгебраической сумме моментов относительно продольной оси, приложенных слева от сечения, проведенного условно на данном участке, или же приложенных справа от этого сечения.

Правило знаков: момент в сечении считается положительным, если, смотря на торцевое крайнее правое сечение вала, момент направлен по ходу часовой стрелки. Параллельно продольной оси вала проводится нулевая линия, от которой положительные моменты откладываются вверх, отрицательные – вниз в выбранном масштабе. Эпюра штрихуется вертикальными линиями. Диаметр сечения вала определяется из условия прочности

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{W_p} \le \tau_{adm}, \tag{3.1}$$

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; φ − 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 τ_{adm} определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его величину до ближайшего большого, соответственно равного 30, 35,40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм.

4. Построить эпюру углов закручивания.

5. Найти наибольший относительный угол закручивания и проверить вал на жесткость при $\theta_{\text{adm}} = 1{,}5\,\text{град}/\text{м}$.

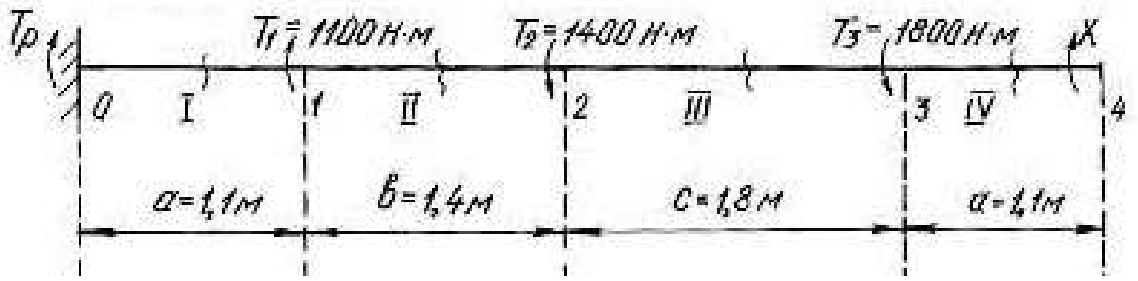


Рис. 3.1.

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 φ_1 – угол закручивания вала на участке 0-1 под действием момента T_1; φ_2 – угол закручивания вала на участке под действием момента T_2; φ_3 – угол закручивания вала на участке под действием момента T_3; φ_4 – угол закручивания вала на участке 3-4 под действием неизвестного момента *X*.

При этом

$$\varphi_1 = \frac{T_1 a}{GJ_p}; \quad \varphi_2 = -\frac{T_2 (a+b)}{GJ_p}; \quad \varphi_3 = -\frac{T_3 (a+b+c)}{GJ_p}; \quad \varphi_4 = \frac{X(2a+b+c)}{GJ_p}.$$

$$\sum \varphi = \frac{T_1 a}{GJ_p} - \frac{T_2 (a+b)}{GJ_p} - \frac{T_3 (a+b+c)}{GJ_p} + \frac{X(2a+b+c)}{GJ_p} =$$

$$= T_1 a - T_2 (a+b) - T_3 (a+b+c) + X(2a+b+c) = 0.$$

Подставив данные, получим

$$1100 \cdot 1{,}1 - 1400 \cdot 2{,}5 - 1800 \cdot 4{,}3 + X \cdot 5{,}4 = 0 ;$$

откуда $X = \dfrac{-1210 + 3500 + 7740}{5{,}4} = 1857$ Н·м.

Реактивный момент находим из уравнения статики:

$$T_p = -T_1 + T_2 + T_3 - X;$$

$$T_p = -1100 + 1400 + 1800 - 1857 = 243 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Для построения эпюры моментов (рис. 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.

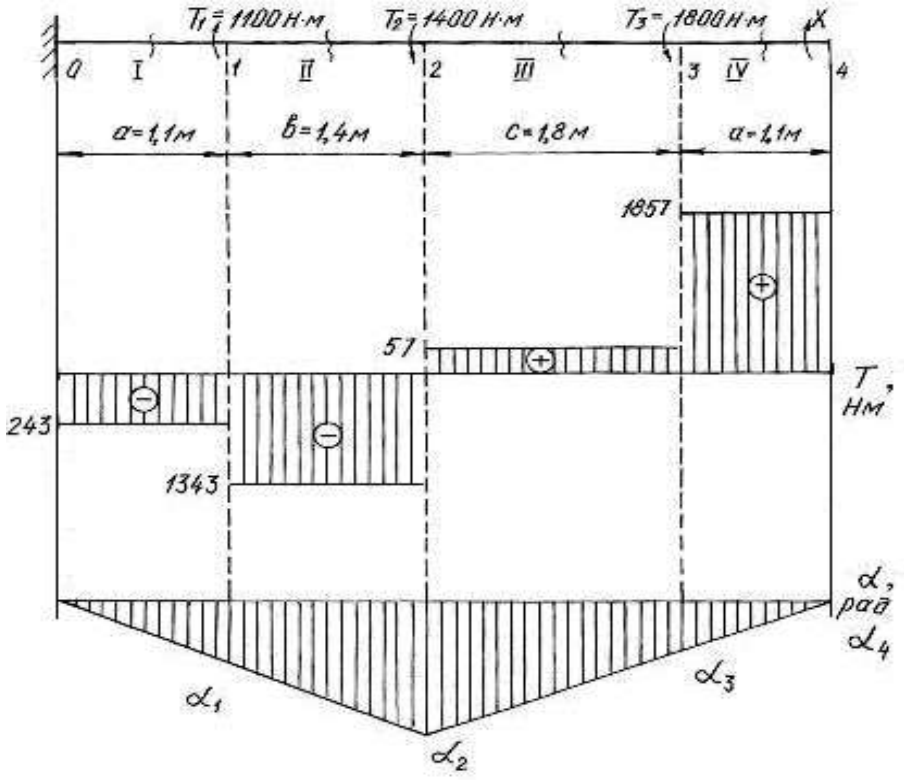


Рис. 3.2.

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.

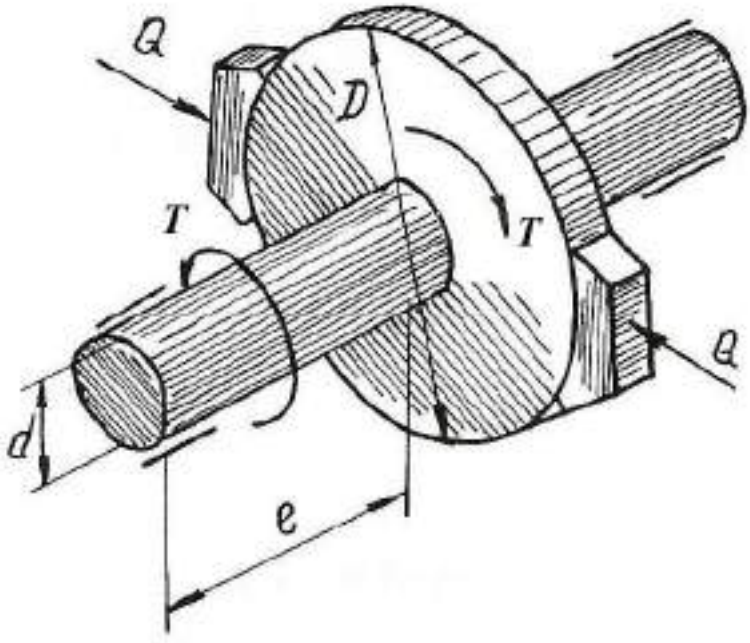


Рис. 3.3.

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*).

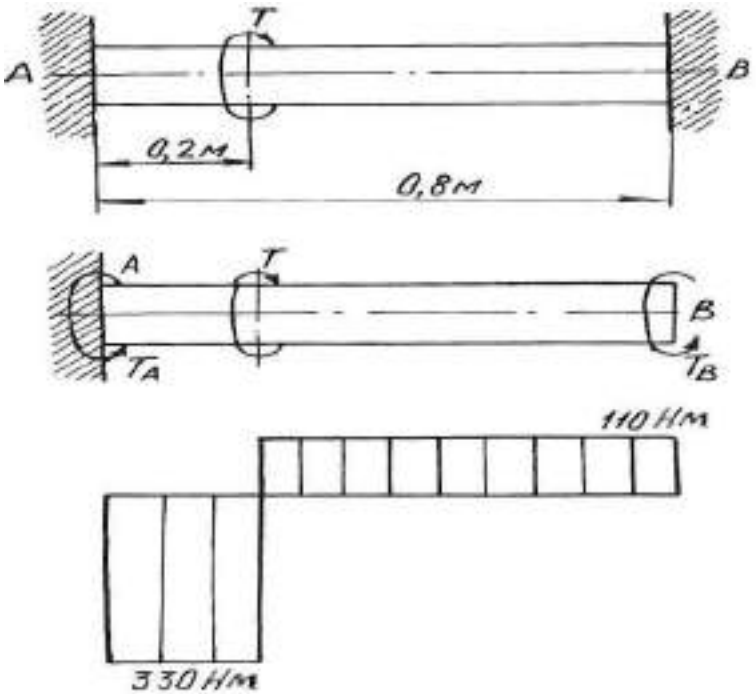


Рис. 3.4.

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 φ' и φ'' – 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 φ'' 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 τ_{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.

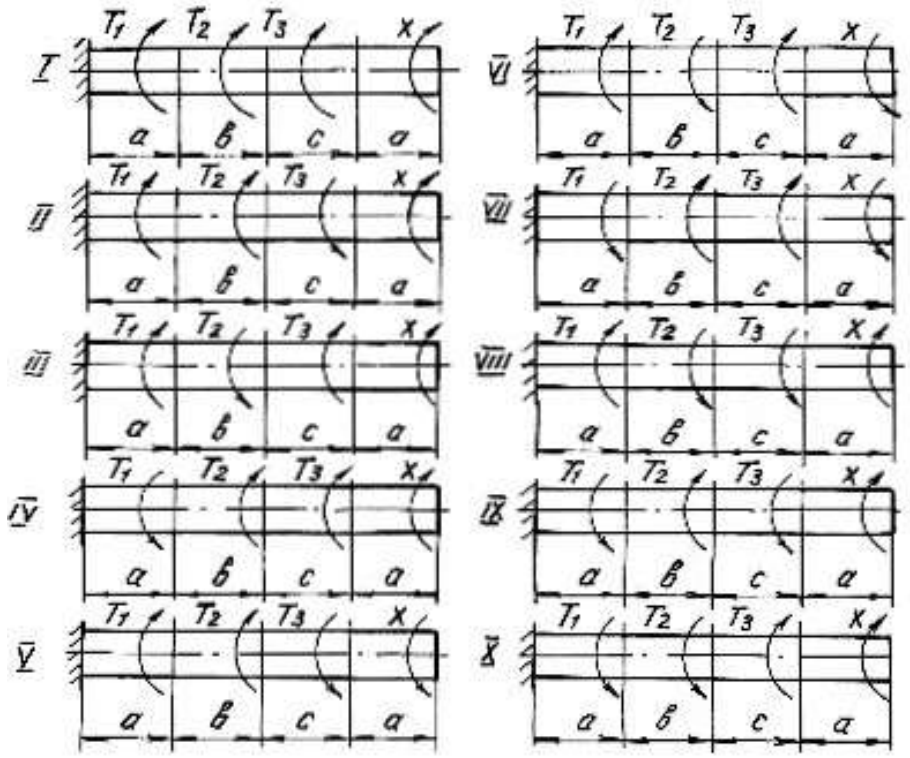


Рис. 3.5.

Таблица 3.1

Номер варианта	Номер схемы	Расстояние, м			Момент, Н·м			τ_{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; σ_{adm} − допускаемое нормальное напряжение для материала балки.

После подбора поперечного сечения производится полная проверка балки на прочность по следующим напряжениям:

а) по рабочим нормальным напряжениям

$$\sigma_{\text{раб.}} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{н.о.}}} \le \sigma_{\text{adm}},$$

где $W_{\text{н.о.}}$ − момент сопротивления выбранного поперечного сечения.

б) по максимальным касательным напряжениям

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_{\text{н.о.}}}{J_{\text{н.о.}} b} \le \tau_{\text{adm}},$$

где $Q_{\max}$ − наибольшая поперечная сила, взятая из эпюры Q_x; $S_{\text{н.о.}}$ − статический момент части площади выбранного поперечного сечения, находящейся выше или ниже нейтральной оси, относительно этой оси; b − ширина сечения на уровне нейтральной оси; $J_{\text{н.о.}}$ − момент инерции выбранного сечения относительно нейтральной оси.

в) по главным напряжениям:

проверка проводится для балок, ширина сечений которых не постоянна. При этой проверке на основании эпюр 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.

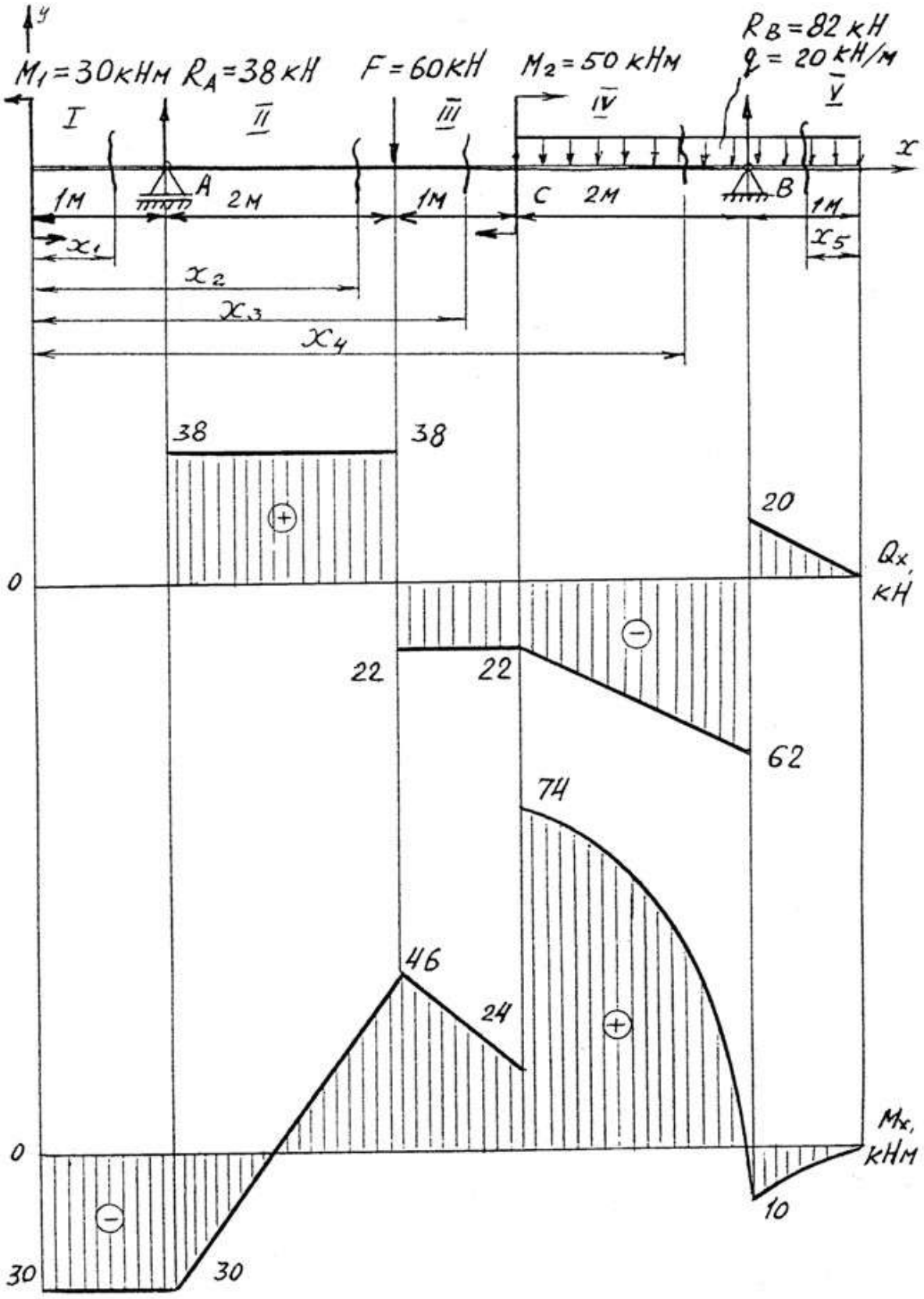

y
M1 = 30кНм
RA = 38 кН
F = 60кН
M2 = 50 кНм
RB = 82 кН
q = 20 кН/м
I
II
III
IV
V
x
A
B
C
1м
2м
1м
2м
1м
x1
x2
x3
x4
x5
38
38
20
0
Qx, кН
22
22
62
74
46
24
0
Mx, кНм
10
30
30

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).

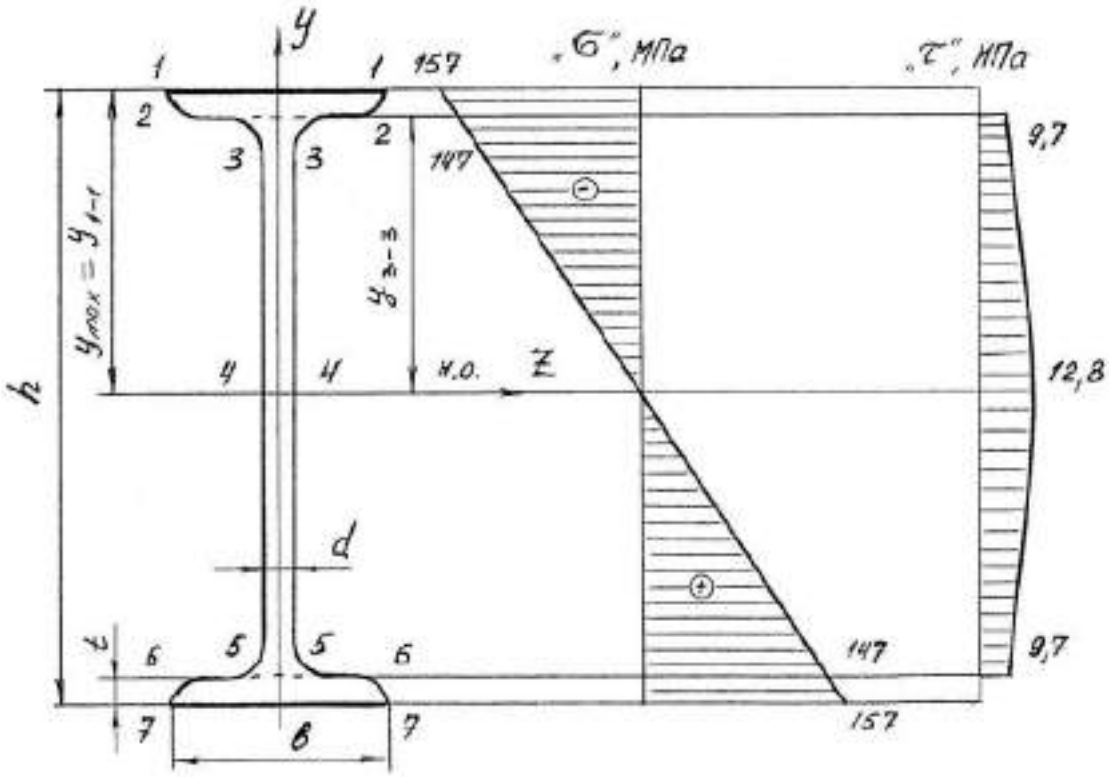


Рис. 4.2.

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) $\sum M_A = 0; \quad -M_A + M - q \cdot 1 \cdot 2,5 + F \cdot 3 = 0;$

$M_A = M - q \cdot 1 \cdot 2,5 + F \cdot 3 = 6 - 10 + 24 = 20$ кН·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 $x_{вр}$.

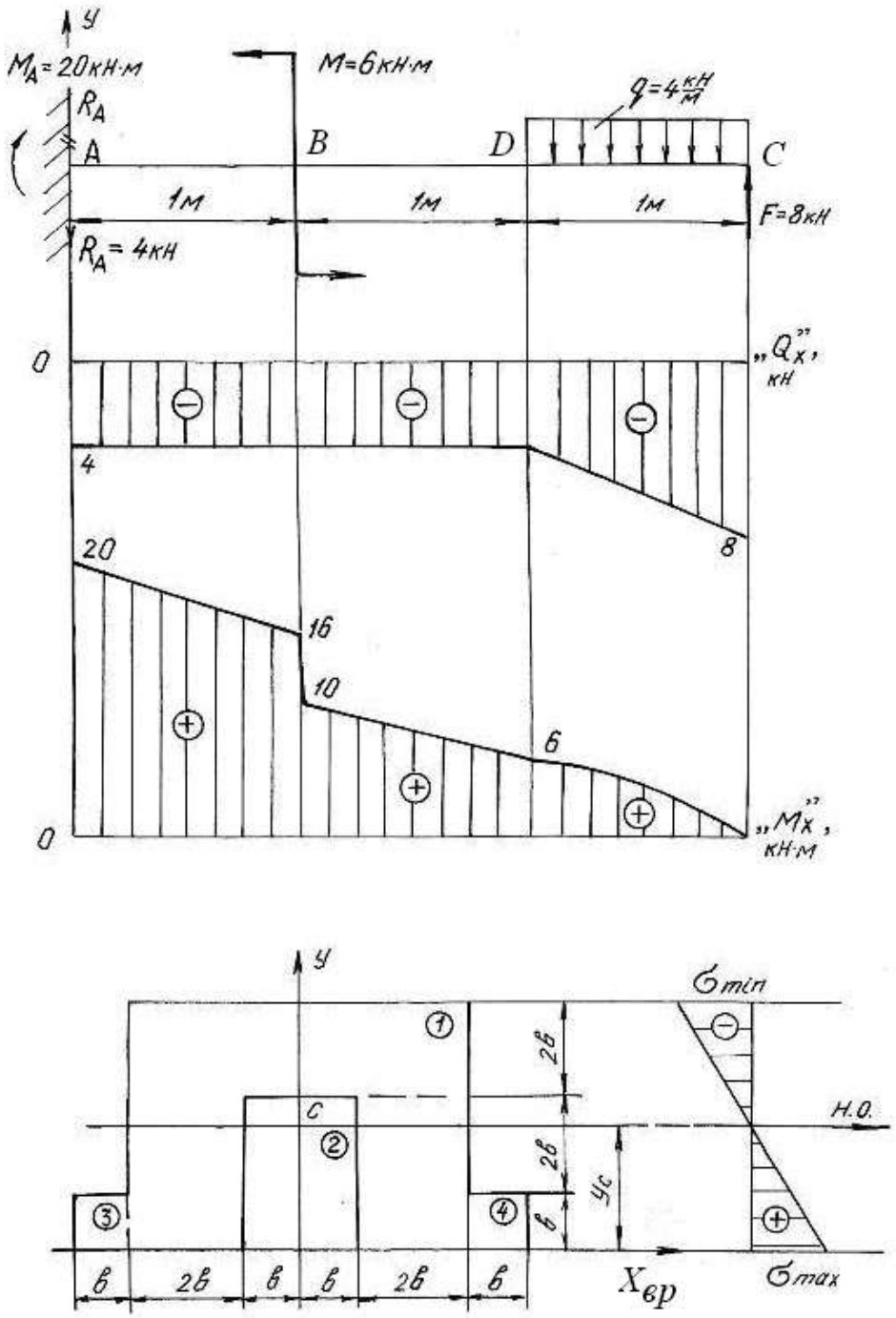


Рис. 4.3.

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 σ_{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:

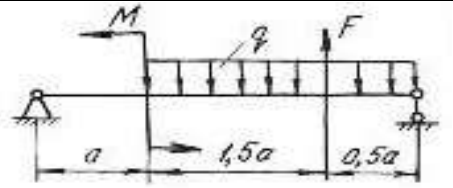
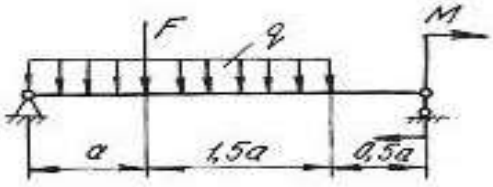
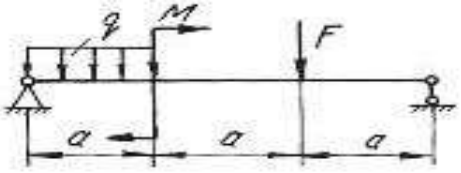
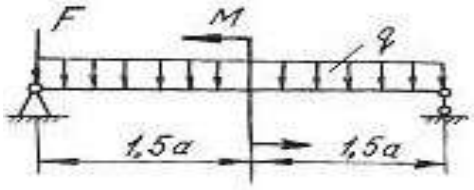
а) прямоугольного профиля, полагая, что балка деревянная при $\sigma_{adm} = 10$ МПа; соотношение между размерами сечения принять равными $b:h = 1:2$;

б) двутаврового профиля (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа, $\tau_{adm} = 96$ МПа.

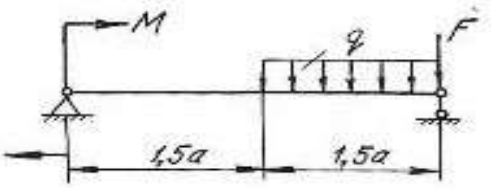
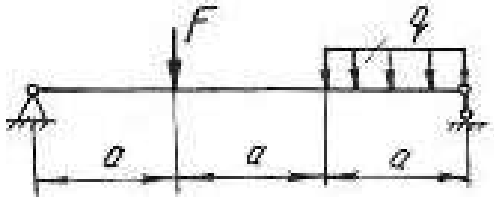
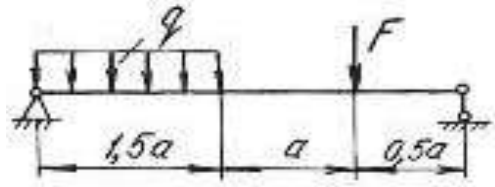
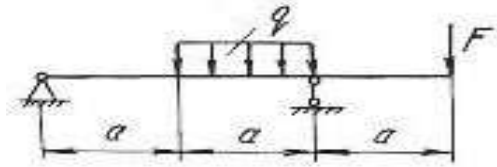
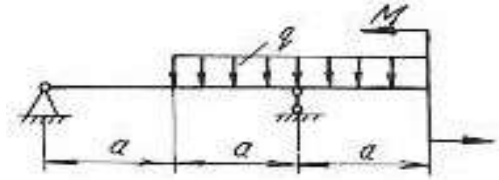
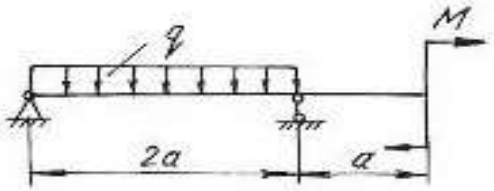
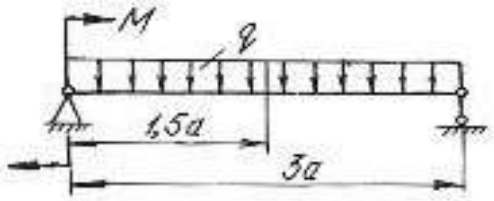
3. Провести полную проверку стальной двутавровой балки на прочность.

Данные для расчета приведены в табл. 4.1.

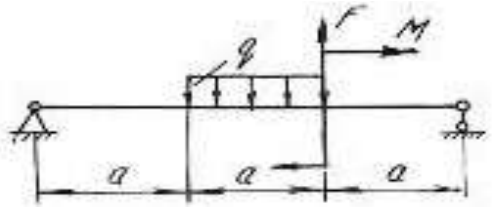
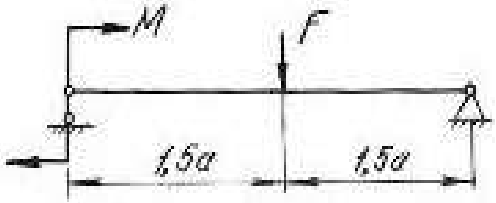
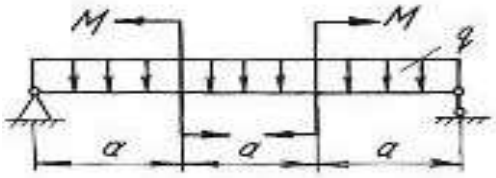
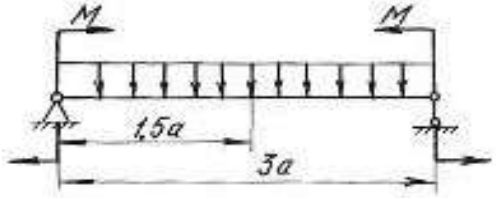
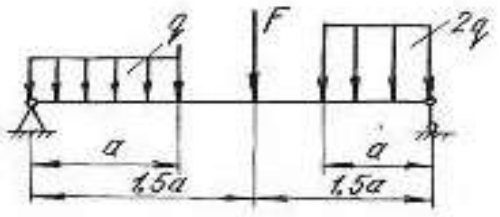
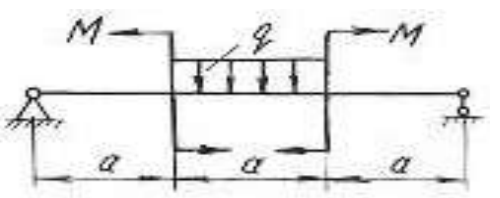
Таблица 4.1

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

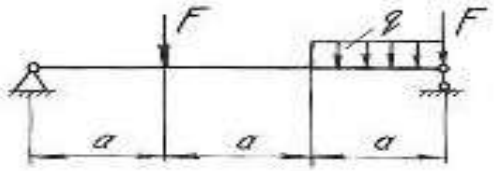
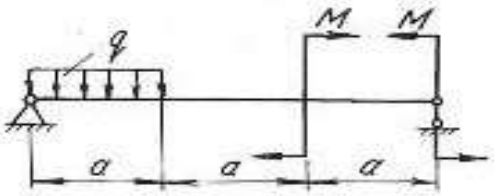
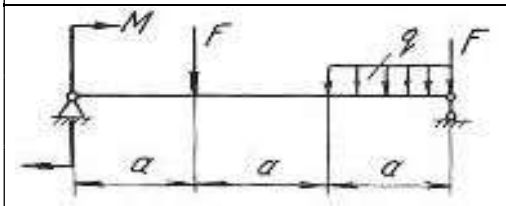
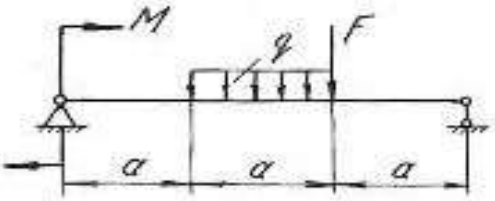
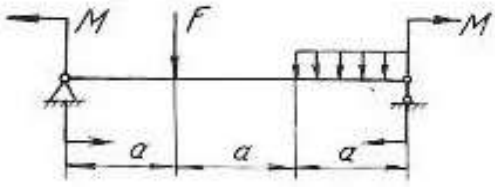
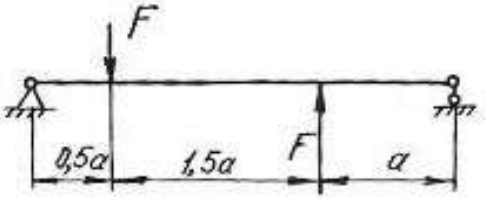
Продолжение табл. 4.1

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	–

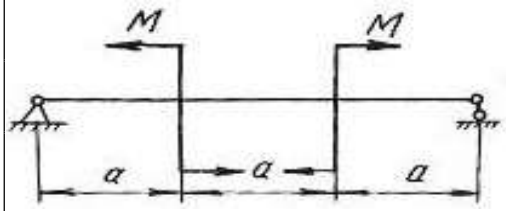
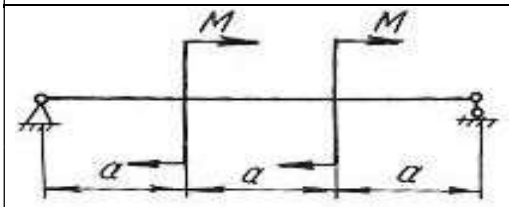
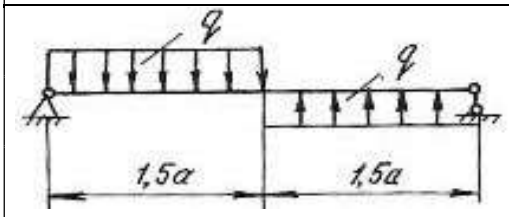
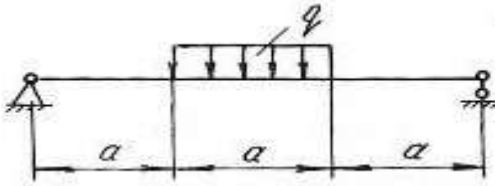
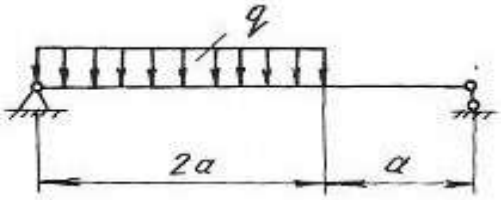
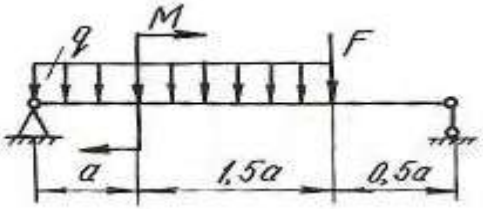
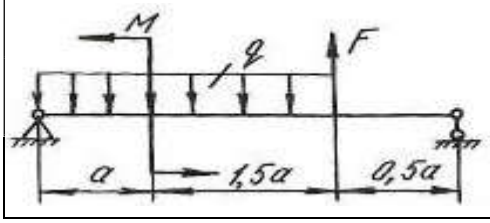
Продолжение табл. 4.1

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	–

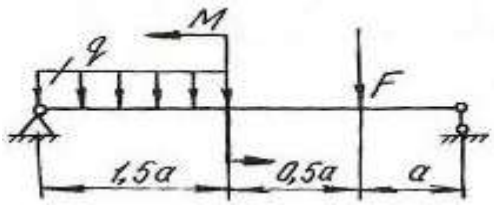
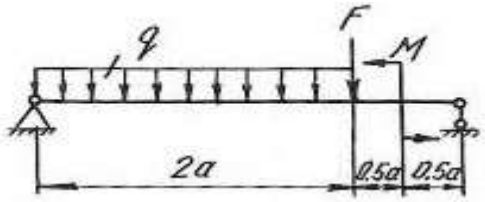
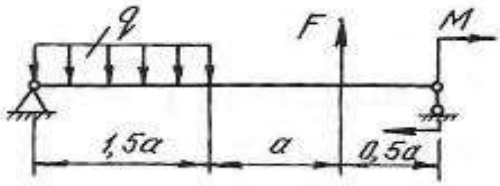
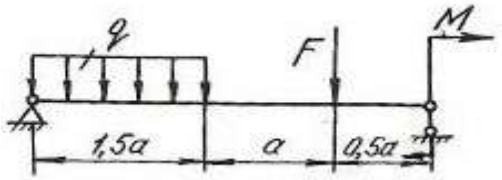
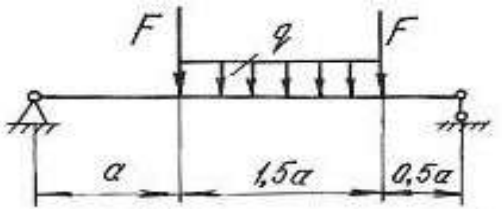
Продолжение табл. 4.1

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

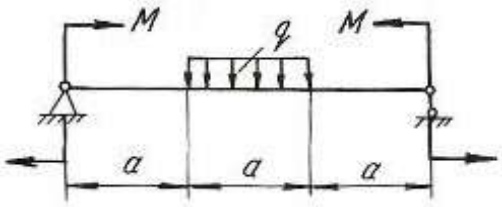
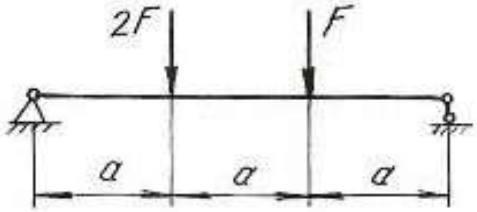
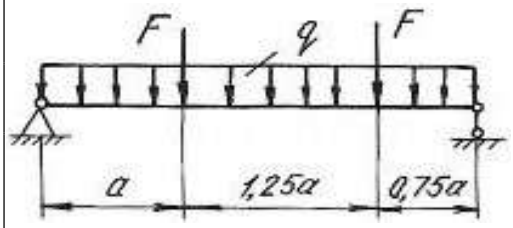
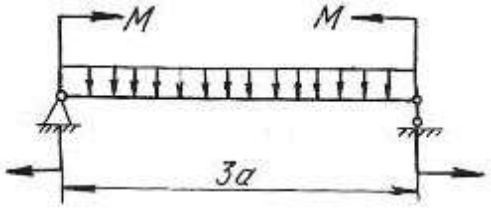
Продолжение табл. 4.1

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_{adm} – допускаемый прогиб; θ_{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 θ – угол поворота в исследуемом сечении; y – прогиб в исследуемом сечении; y_0 – прогиб в начале координат; θ_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 θ_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.

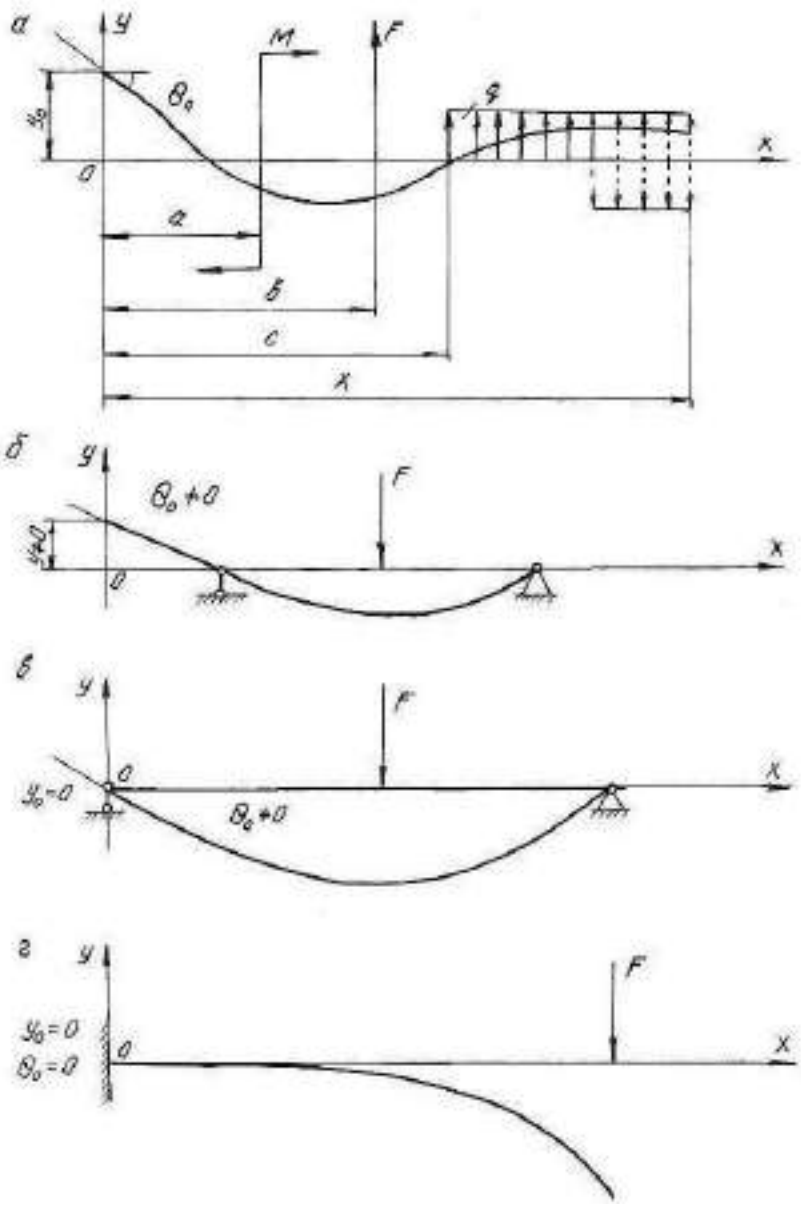


Рис. 4.4.

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.

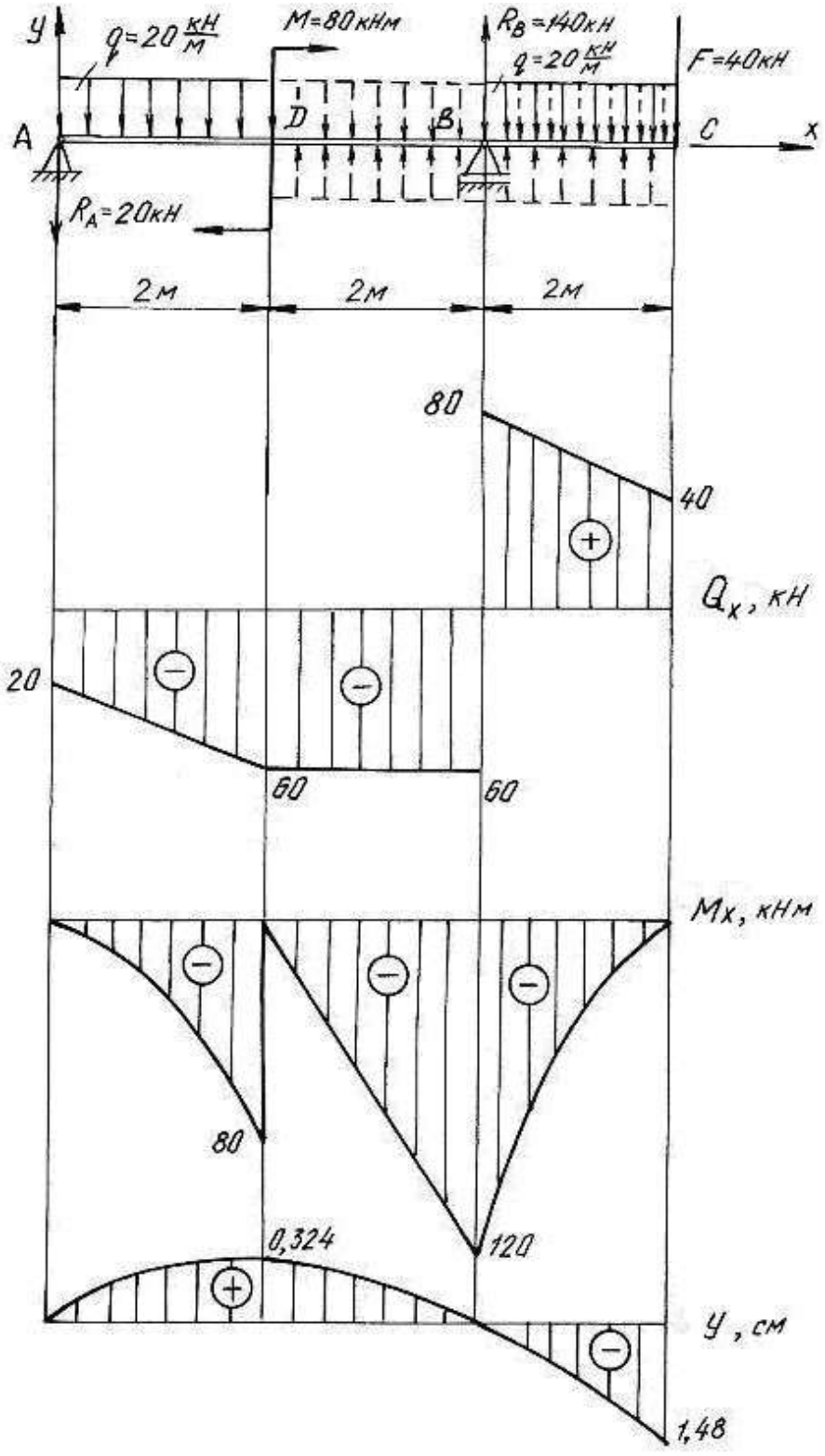

y
q=20 кН/м
M=80 кНм
R_B=140кН
q=20 кН/м
F=40кН
A
D
B
C
x
R_A=20кН
2м
2м
2м
80
40
Q_x, кН
20
60
60
M_x, кНм
80
120
0,324
y, см
1,48

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

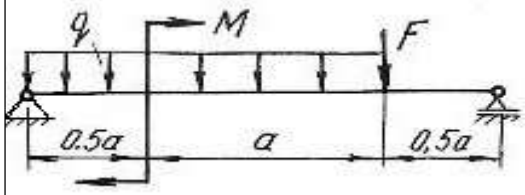
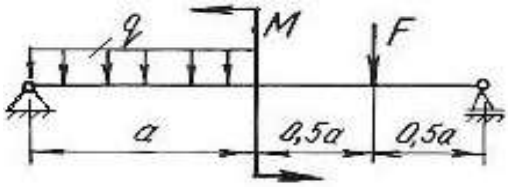
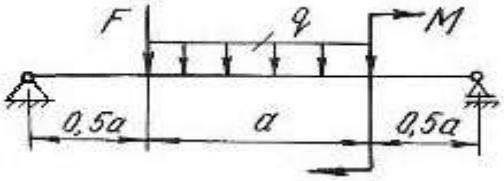
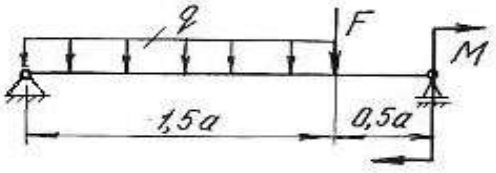
Для расчетной схемы (табл. 4.2) необходимо:

1. Построить по длине балки эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

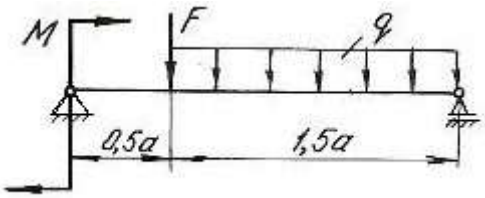
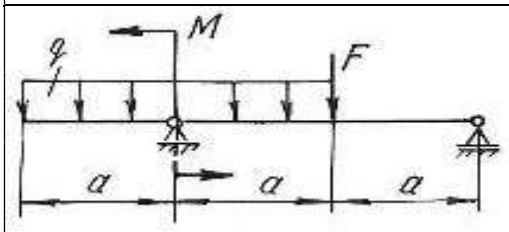
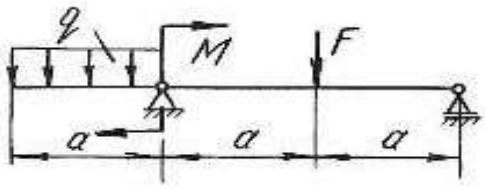
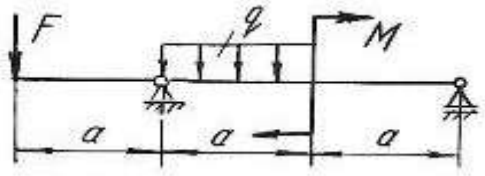
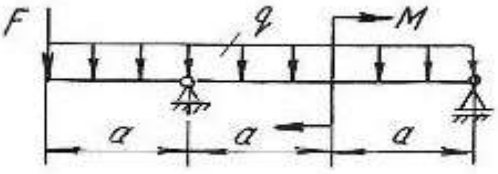
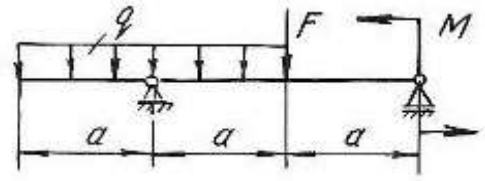
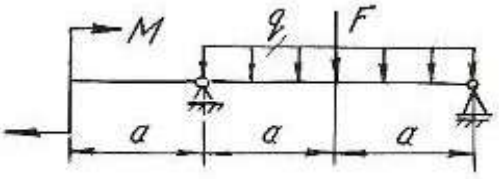
2. Подобрать поперечное сечение балки двутаврового профиля (см. табл. П. 1), материал – сталь при $\sigma_{adm} = 160$ МПа.

3. Определить по методу начальных параметров величину прогибов балки в характерных сечениях и провести проверку балки на жесткость, приняв $y_{adm} = (1/100)l$.

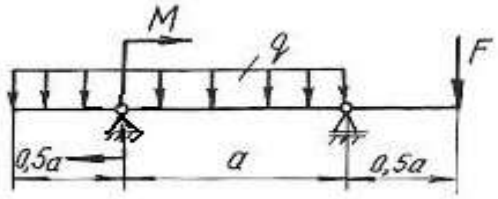
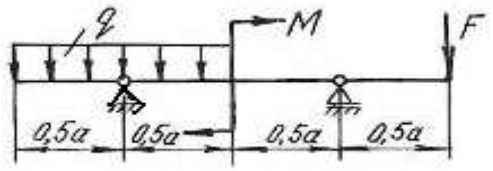
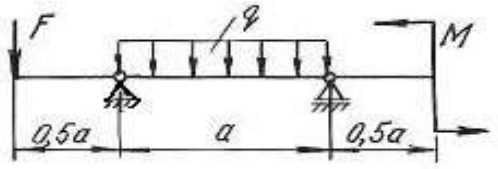
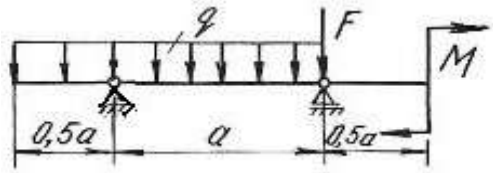
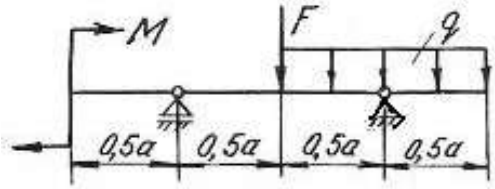
Таблица 4.2

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

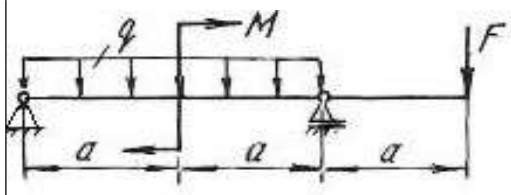
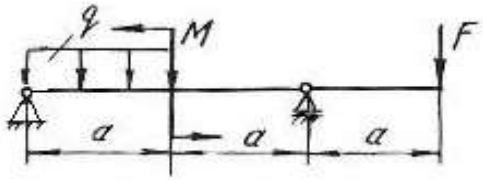
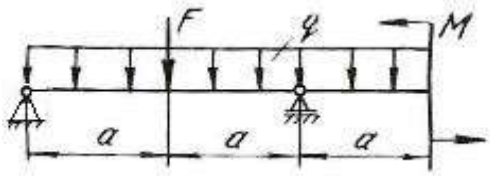
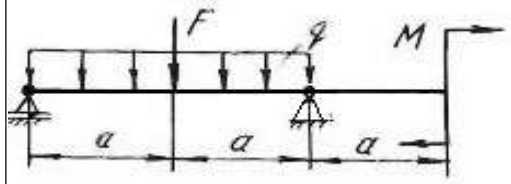
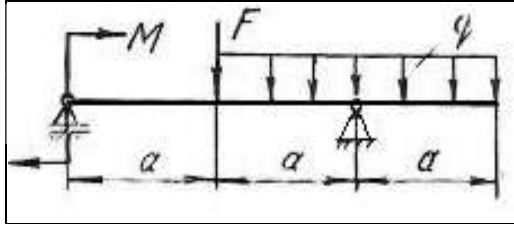
Продолжение табл. 4.2

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 Δ_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; Δ_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.

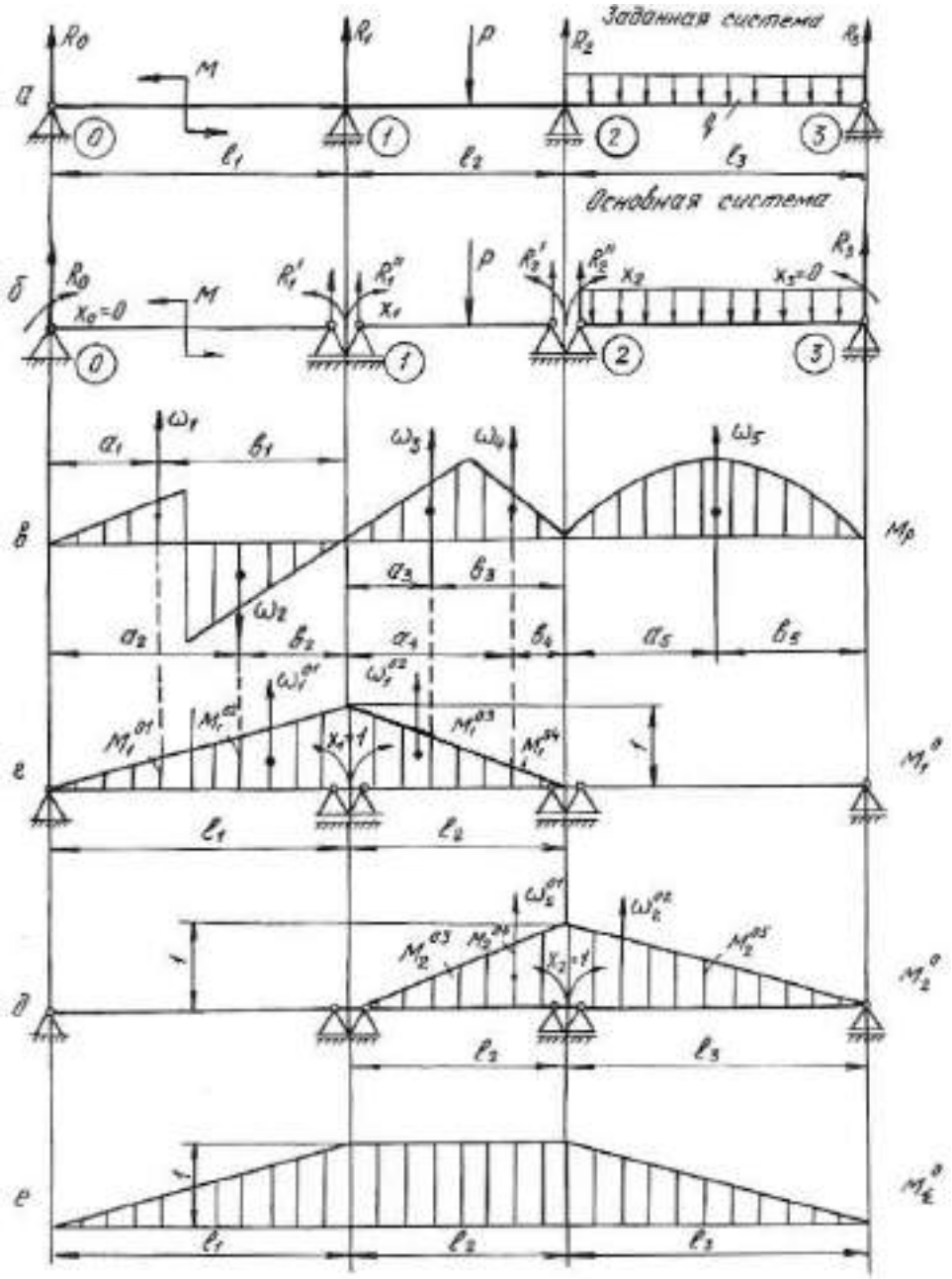


Рис. 5.1.

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:

δ_{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;

δ_{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;

Δ_{1p} – возможное перемещение от всех внешних нагрузок по направлению «лишней» неизвестной X_1.

Коэффициенты канонических уравнений с одинаковыми числовыми индексами δ_{11}, δ_{22} называются *главными коэффициентами***.** Они всегда положительны. Коэффициенты с разными числовыми индексами δ_{21}, δ_{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 Δ_{1p}, и Δ_{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*.

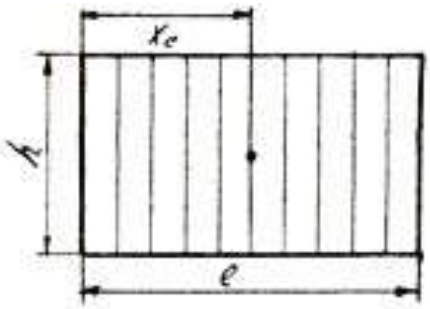
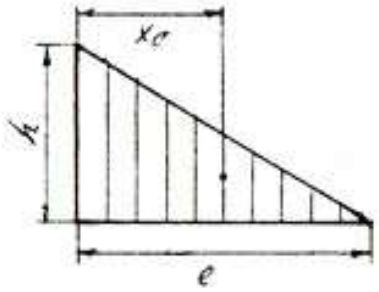
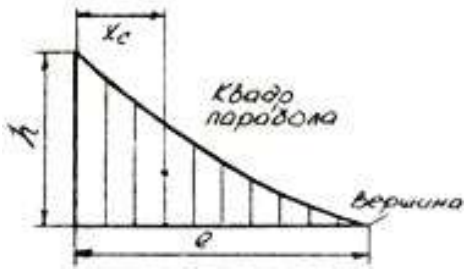
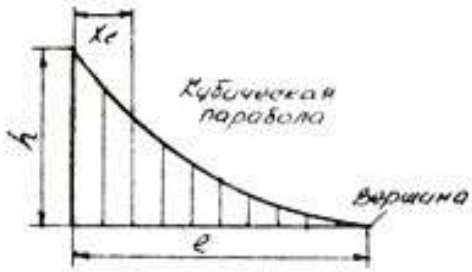
Коэффициенты уравнений и свободные члены находим путем перемножения эпюр по формуле Верещагина (или по формуле Симпсона)

$$\delta = \frac{1}{EJ}\sum \omega M_c^0, \tag{5.3}$$

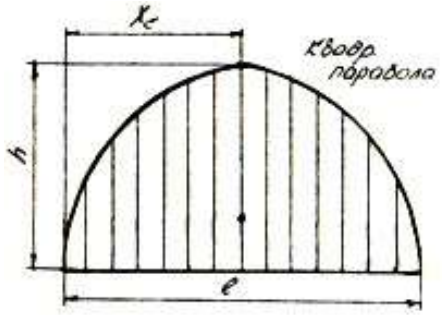
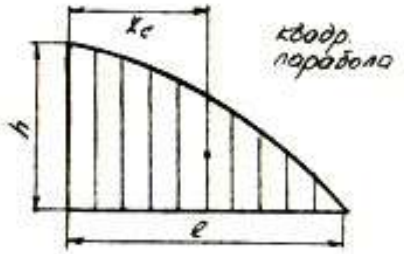
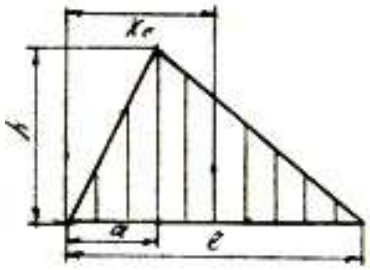
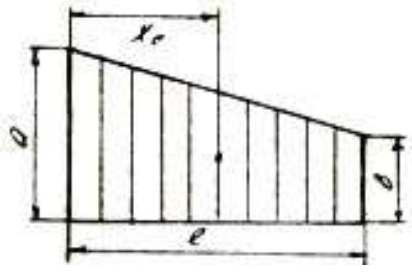
где ω – площадь эпюры изгибающих моментов; M_c^0 – ордината из единичной эпюры напротив центра тяжести грузовой эпюры; EJ – жесткость балки при изгибе.

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 δ_{11} и δ_{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 δ_{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_Σ^0.

При умножении по правилу Верещагина суммарной единичной эпюры M_{Σ}^{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_{Σ}^{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_{Σ}^{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_Σ^0 (рис. 5.2, *е*). Грузовые эпюры M_p представлены на рис. 5.2, *в*.

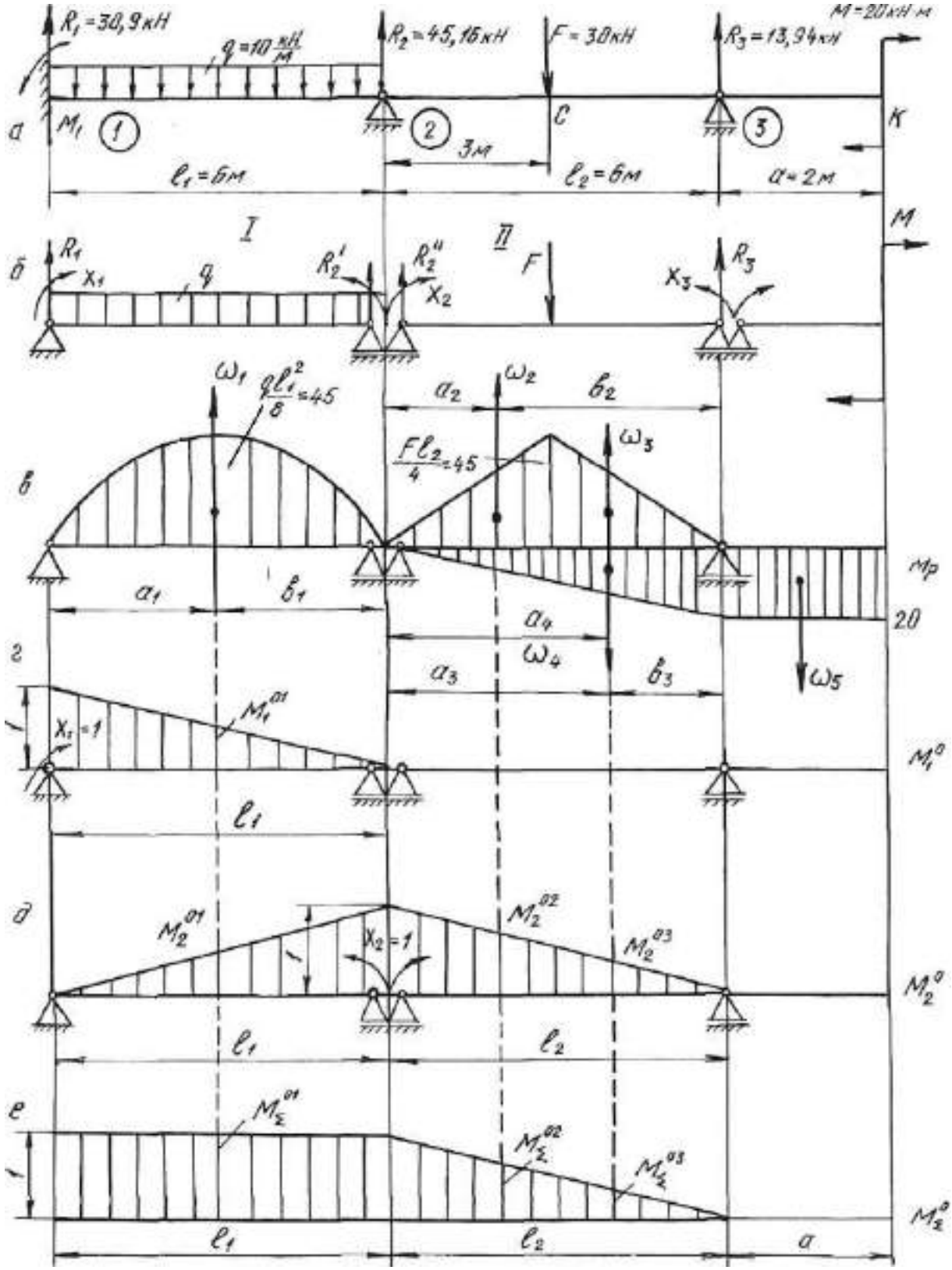

R1 = 30,9 кН
q = 10 кН/м
R2 = 45,16 кН
F = 30 кН
R3 = 13,94 кН
M = 20 кН м
а
M1
1
2
3
C
K
3м
ℓ1 = 6м
ℓ2 = 6м
a = 2м
I
II
б
R1
X1
q
R2'
R2''
X2
F
X3
R3
M
ω1
ql1²/8 = 45
a2
ω2
b2
Fℓ2/4 = 45
ω3
в
Mр
a1
b1
a4
ω4
20
г
a3
b3
ω5
X1 = 1
M1^01
M1^0
ℓ1
д
M2^01
M2^02
M2^03
X2 = 1
M2^0
ℓ2
е
Mz^01
Mz^02
Mz^03
Mz^0
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:

$$\omega_1=\frac{2}{3}h_1l_1=\frac{2}{3}\cdot 4{,}5\cdot 10^4\cdot 6=18\cdot 10^4\ \text{Н·м}^2;$$

$$\omega_2=\omega_3=\frac{1}{2}h_2\frac{l_2}{2}=\frac{1}{2}\cdot 4{,}5\cdot 10^4\cdot 3=6{,}75\cdot 10^4\ \text{Н·м}^2;$$

$$\omega_4=\frac{1}{2}\cdot 20\cdot 10^3\cdot 6=6\cdot 10^4\ \text{Н·м}^2.$$

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 ω:

$$\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1M_2^{01}+\omega_2M_2^{02}+\omega_3M_2^{03}-\omega_4M_2^{04}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(18\cdot 10^4\cdot\frac{1}{2}\cdot 1-6\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{4}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}\right)=$$

$$=\frac{15{,}75\cdot 10^4}{EJ}-\frac{2\cdot 10^4}{EJ}=\frac{13{,}75\cdot 10^4}{EJ},$$

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 ω_1, ω_2, ω_3, ω_4.

Производим проверку правильности определения коэффициентов и свободных членов уравнений, для чего строим суммарную единичную эпюру M_Σ^0.

Построчная проверка. Перемножая суммарную единичную эпюру M_{Σ}^{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_{Σ}^{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_{Σ}^{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_{Σ}^{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.

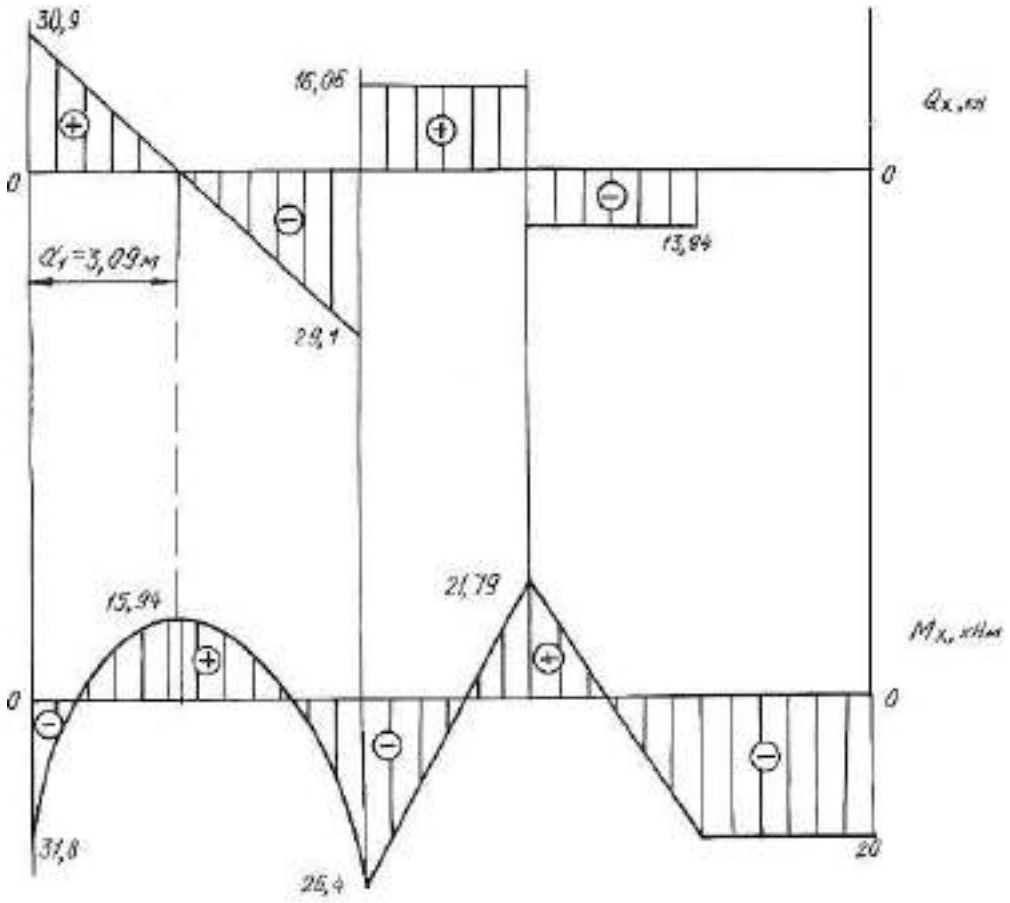


Рис. 5.3.

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.

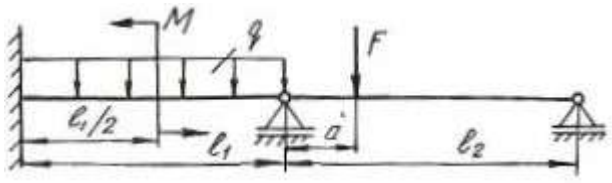
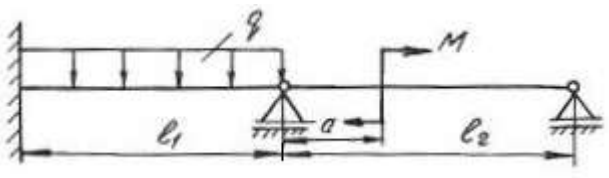
Принимаем двутавр № 20а, для которого $W_{н.о.} = W_x^{табл.} = 203$ см^3, $J_{н.о.} = J_x^{табл.} = 2030$ см^4, $A = 28{,}9$ см^2.

5.2. Задания для расчета статически неопределимых балок

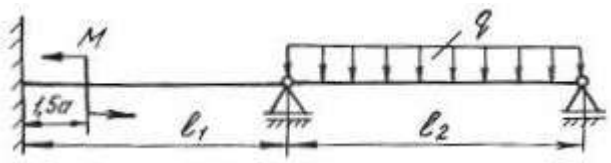
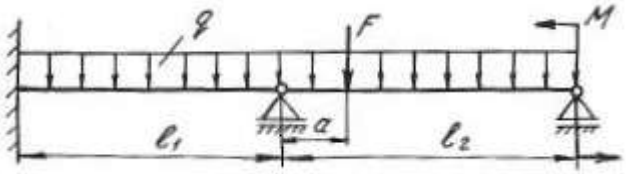
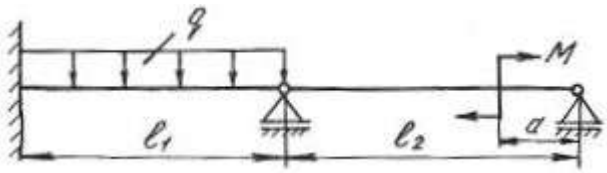
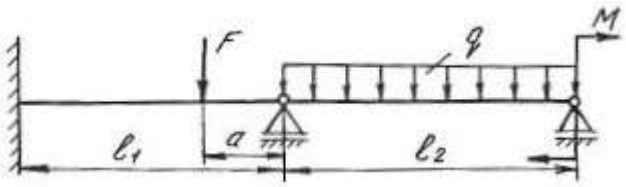
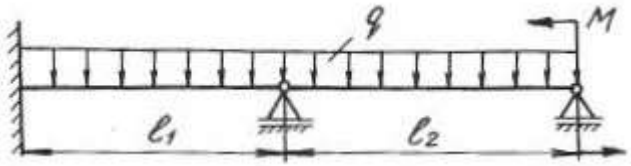
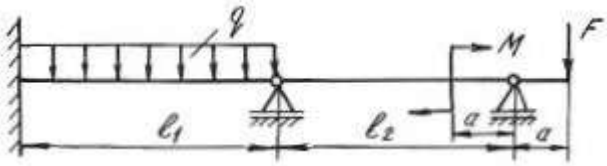
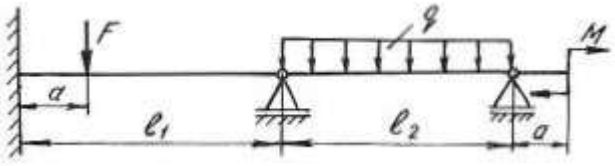
Для заданной схемы неразрезной балки при заданных значениях длин и нагрузок в соответствии с указанным номером варианта требуется:

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.

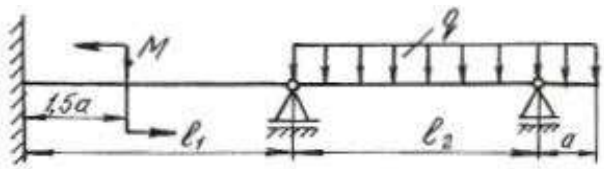
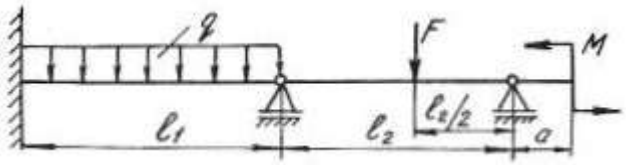
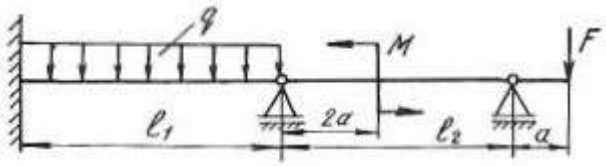
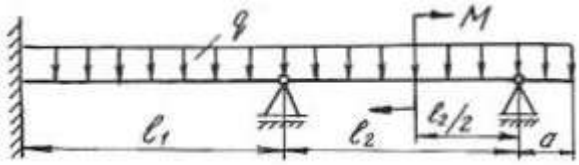
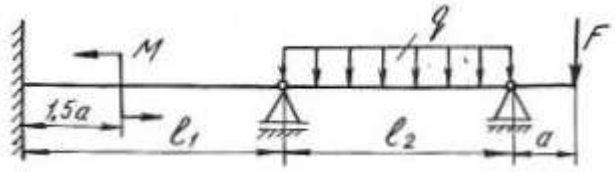
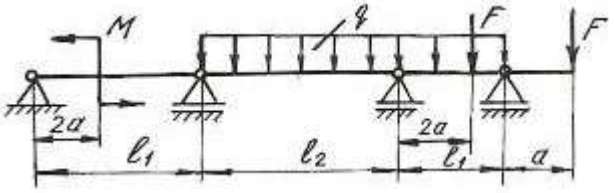
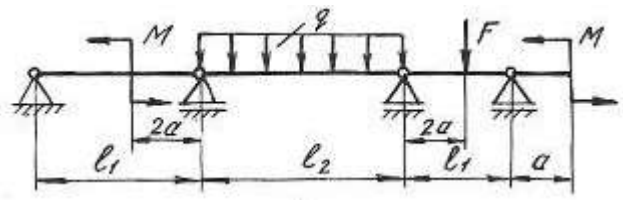
Таблица 5.2

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

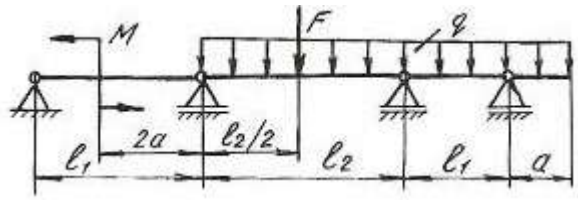
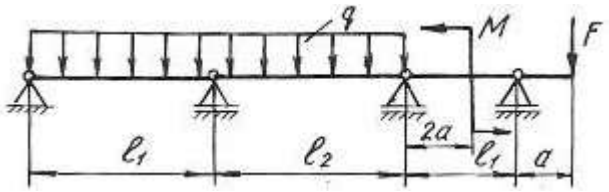
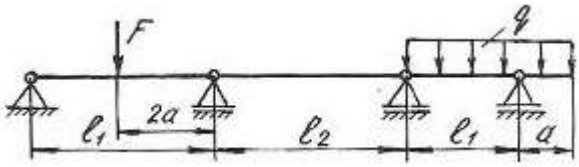
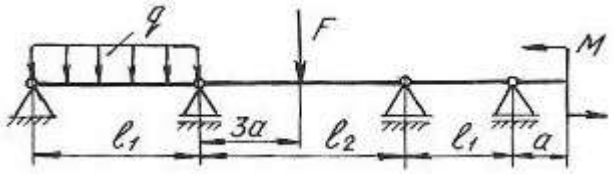
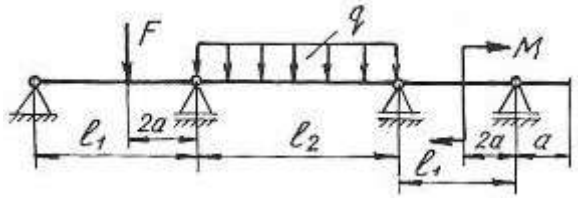
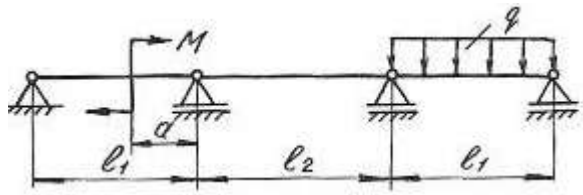
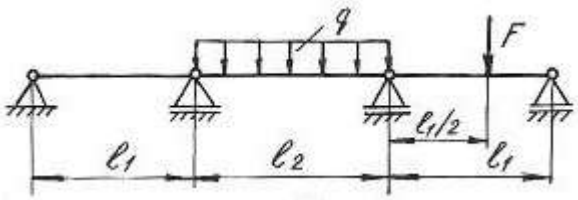
Продолжение табл. 5.2

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

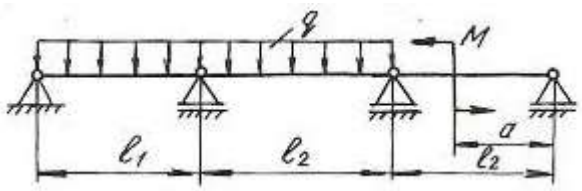
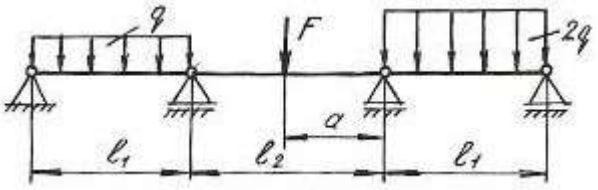
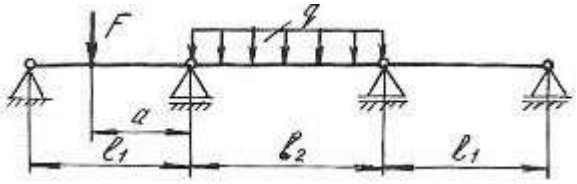
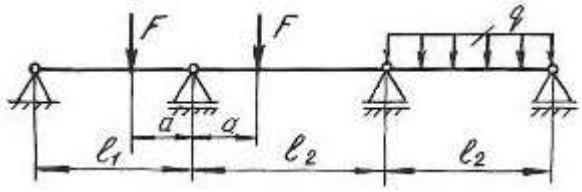
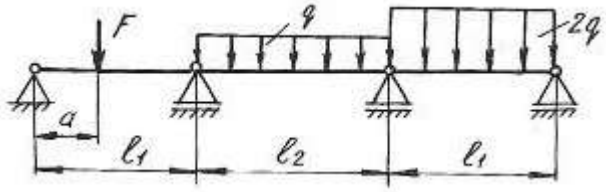
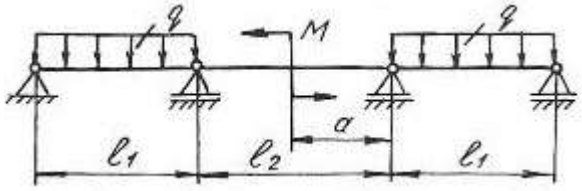
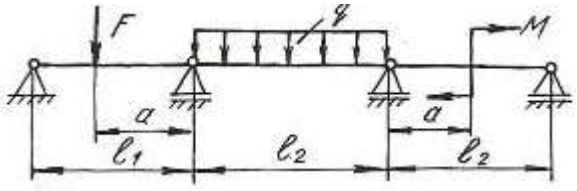
Продолжение табл. 5.2

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

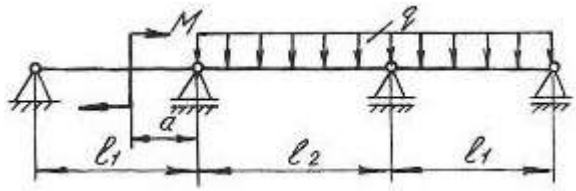
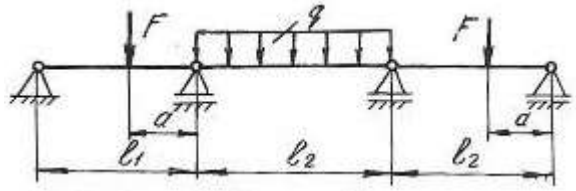
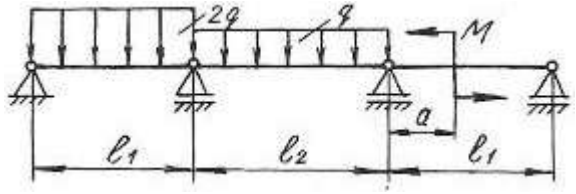
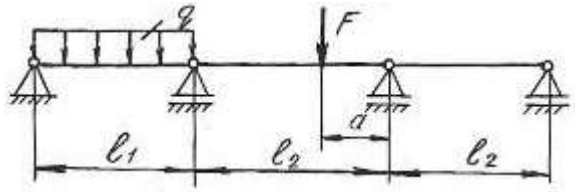
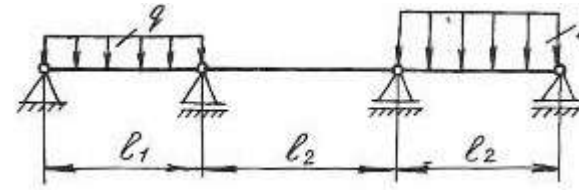
Продолжение табл. 5.2

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*.

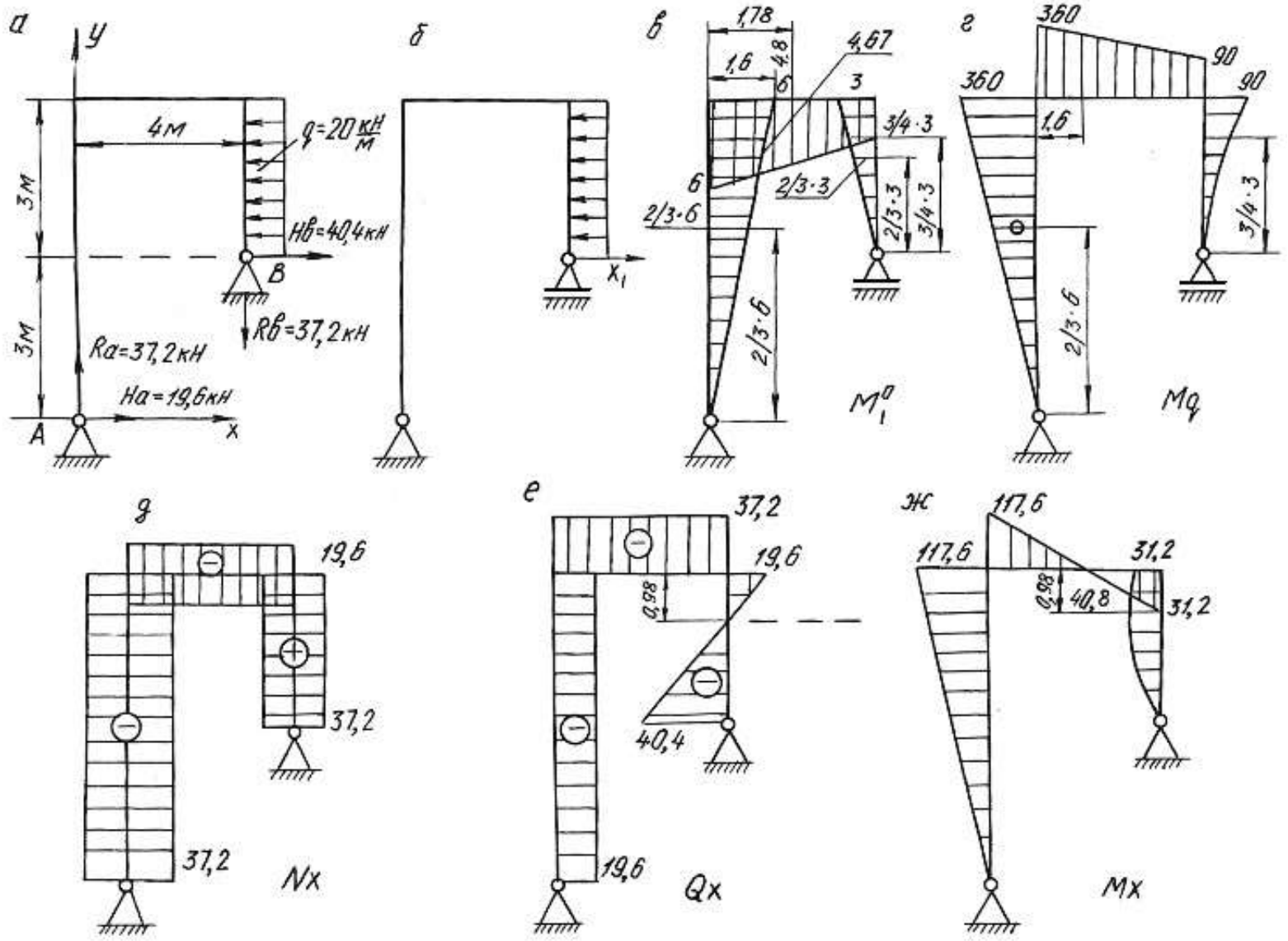

а
y
4м
q=20 кН/м
3м
HB=40,4кН
B
3м
RB=37,2кН
Ra=37,2кН
Ha=19,6кН
A
x
б
x1
в
1,78
1,6
4,8
4,67
6
3
3/4·3
6
2/3·3
2/3·6
2/3·3
3/4·3
2/3·6
M1q
г
360
90
90
360
1,6
3/4·3
2/3·6
Mq
д
19,6
37,2
37,2
Nx
е
37,2
19,6
0,98
40,4
19,6
Qx
ж
117,6
117,6
31,2
0,98
40,8
31,2
Mx

Рис. 5.4.

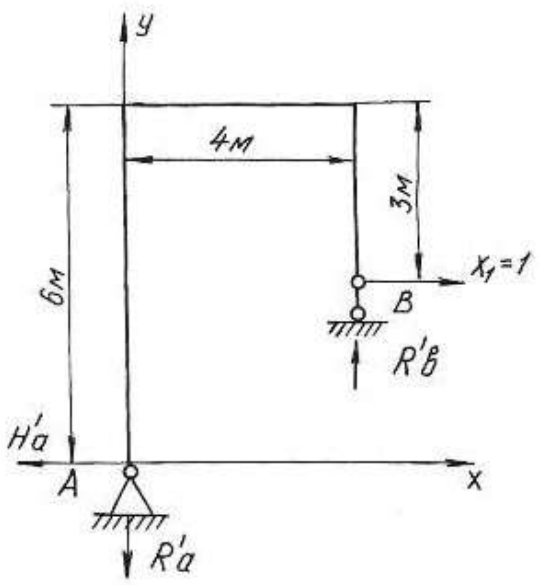


Рис. 5.5.

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 δ_{11} определяется перемножением единичной эпюры самой на себя

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_1^0 M_{c1}^0}{EJ},$$

где ω_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 ω_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 $3:4=x:2,22$.

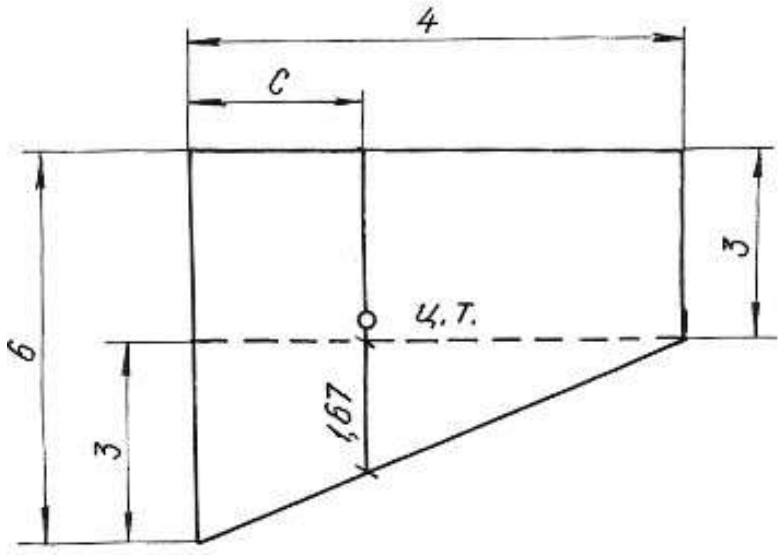


Рис. 5.6.

Перемещение Δ_{1p} получаем перемножением грузовой эпюры M_q на единичную M_1^0

$$\Delta_{1p}=\sum\frac{\omega_p M_{c1}^0}{EJ},$$

где ω_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 δ_{11} и Δ_{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.

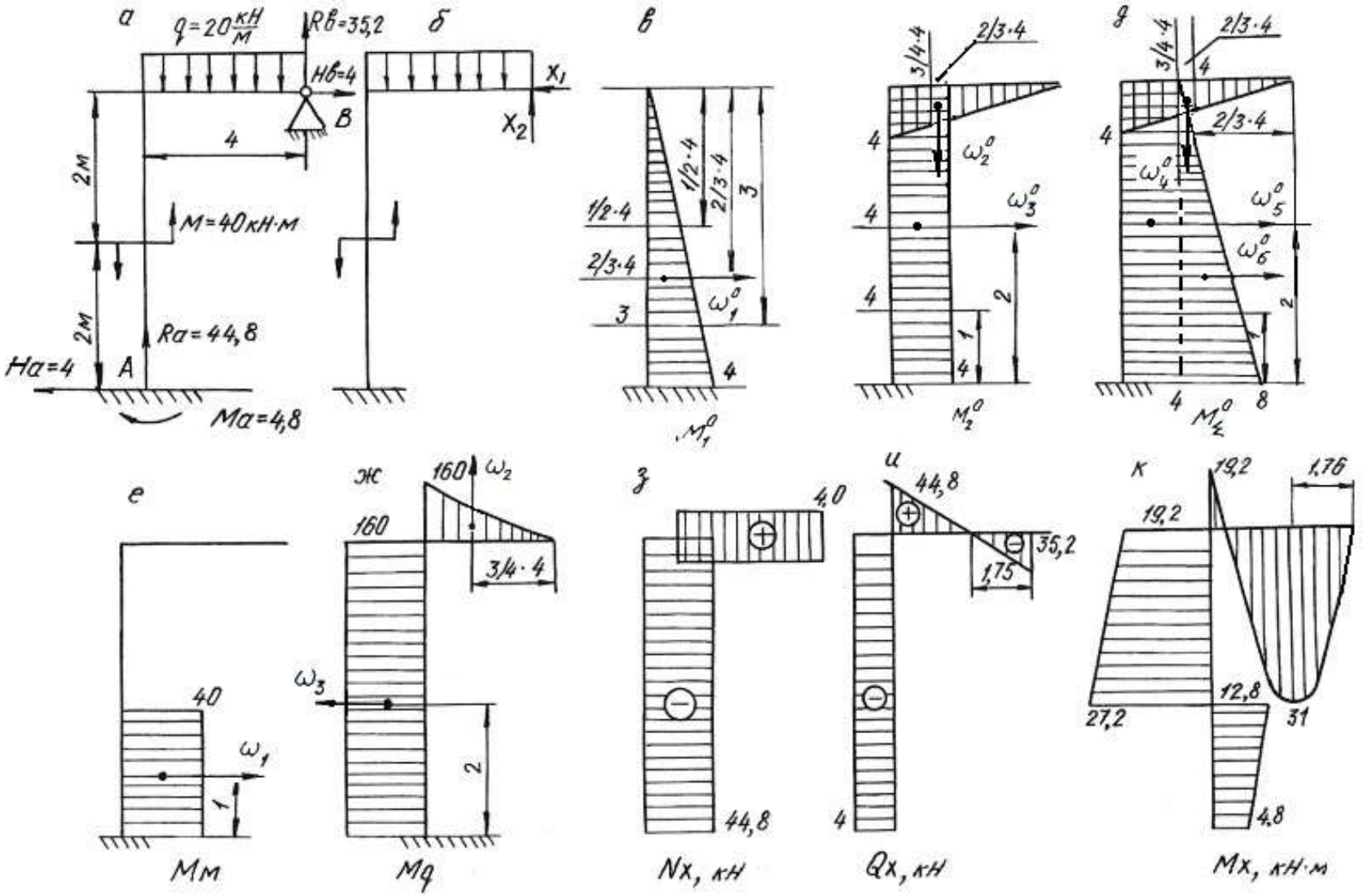

а
q=20 кН/м
RB=35,2
б
HB=4
B
X1
X2
4
2м
M=40кН·м
2м
Ra=44,8
Ha=4
A
Ma=4,8
в
1/2·4
2/3·4
1/2·4
2/3·4
3
3
4
ω1°
M1°
г
3/4·4
2/3·4
4
4
4
4
ω2°
ω3°
2
1
4
M2°
д
3/4·4
2/3·4
4
2/3·4
4
ω4°
ω5°
ω6°
2
1
4
8
M4°
е
40
ω1
1
Мм
ж
160
ω2
160
3/4·4
ω3
2
Mq
з
4,0
44,8
Nx, кН
и
44,8
35,2
1,75
4
Qx, кН
к
19,2
1,76
19,2
12,8
27,2
31
4,8
Mx, кН·м

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_Σ^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

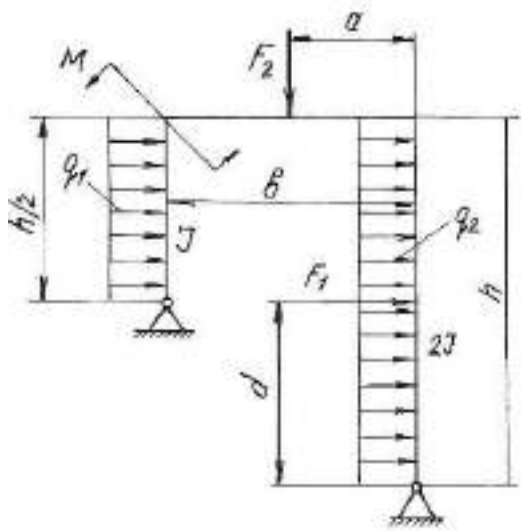
Для расчетной схемы статически неопределимой рамы при заданных значениях длин и нагрузок, определяемых в соответствии с указанным номером варианта, требуется:

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.

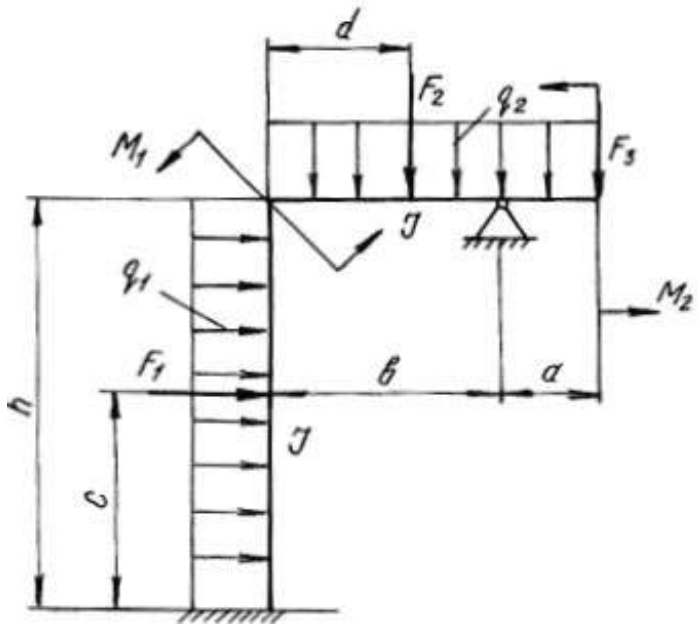
Таблица 5.3

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	–	–



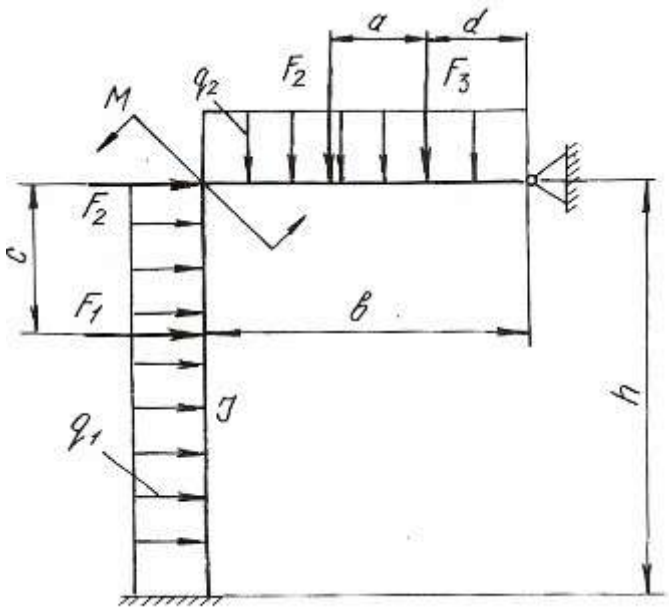
Продолжение табл. 5.3

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	–



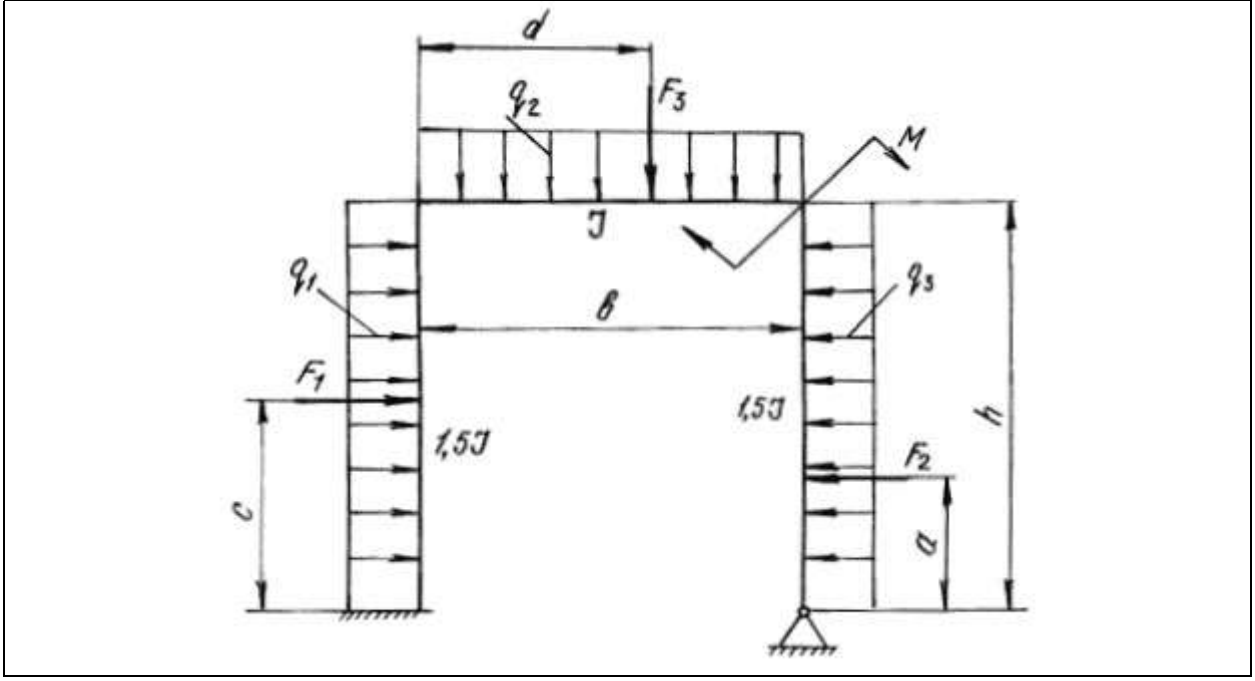
Продолжение табл. 5.3

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



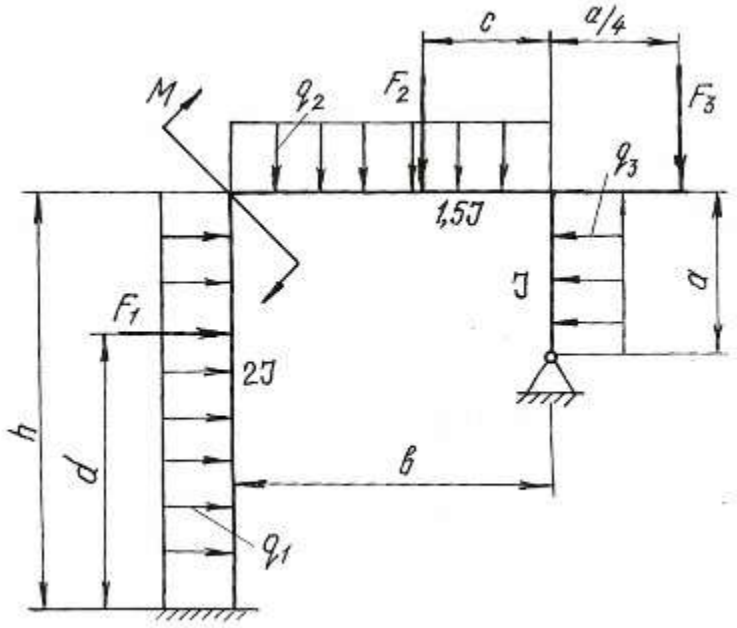
Продолжение табл. 5.3

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	–	–	–



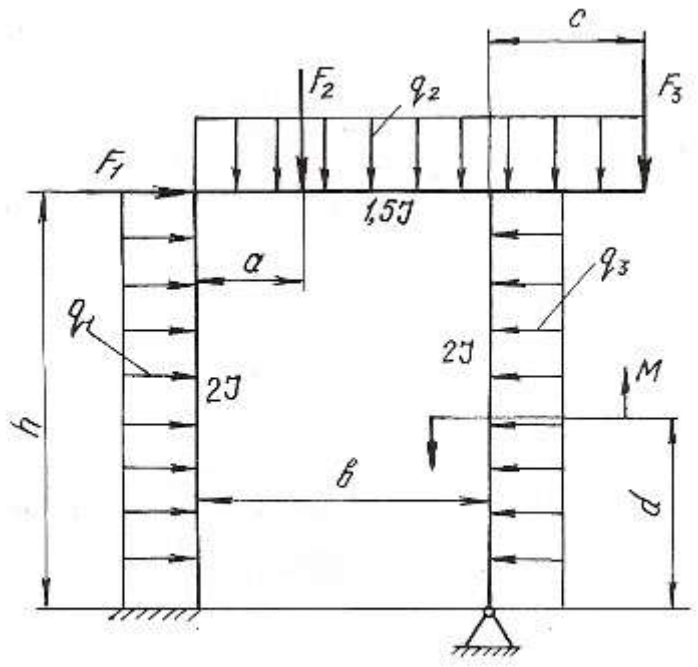
Продолжение табл. 5.3

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	–	–



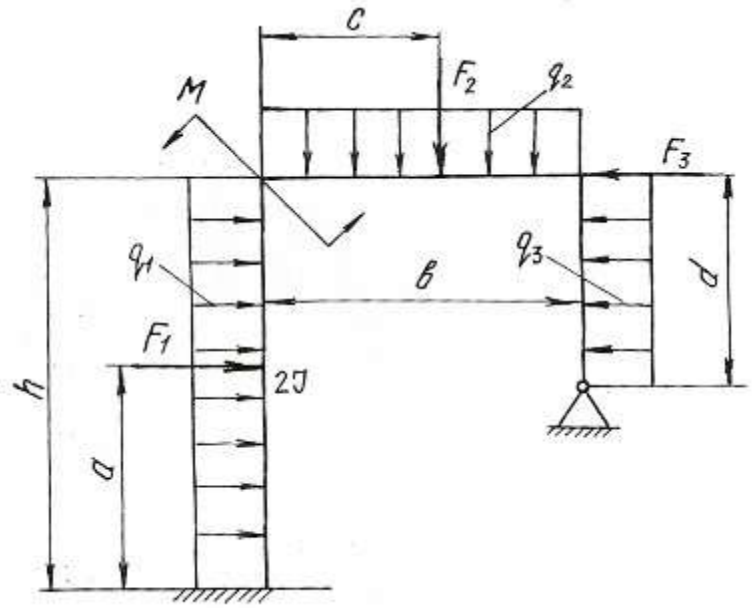
Продолжение табл. 5.3

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	–	–



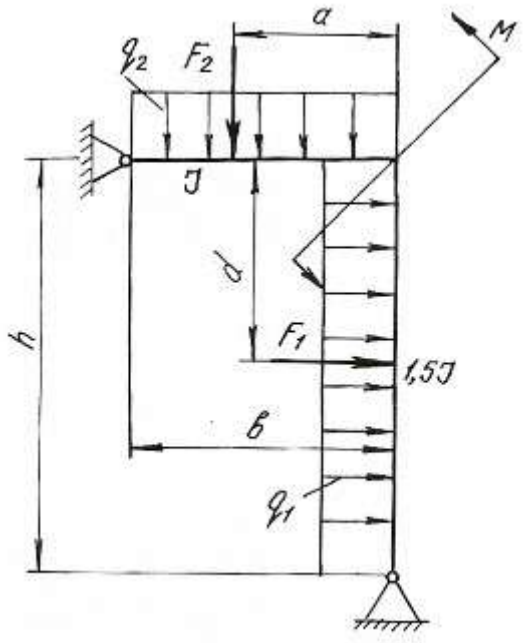
Продолжение табл. 5.3

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	–	–	–



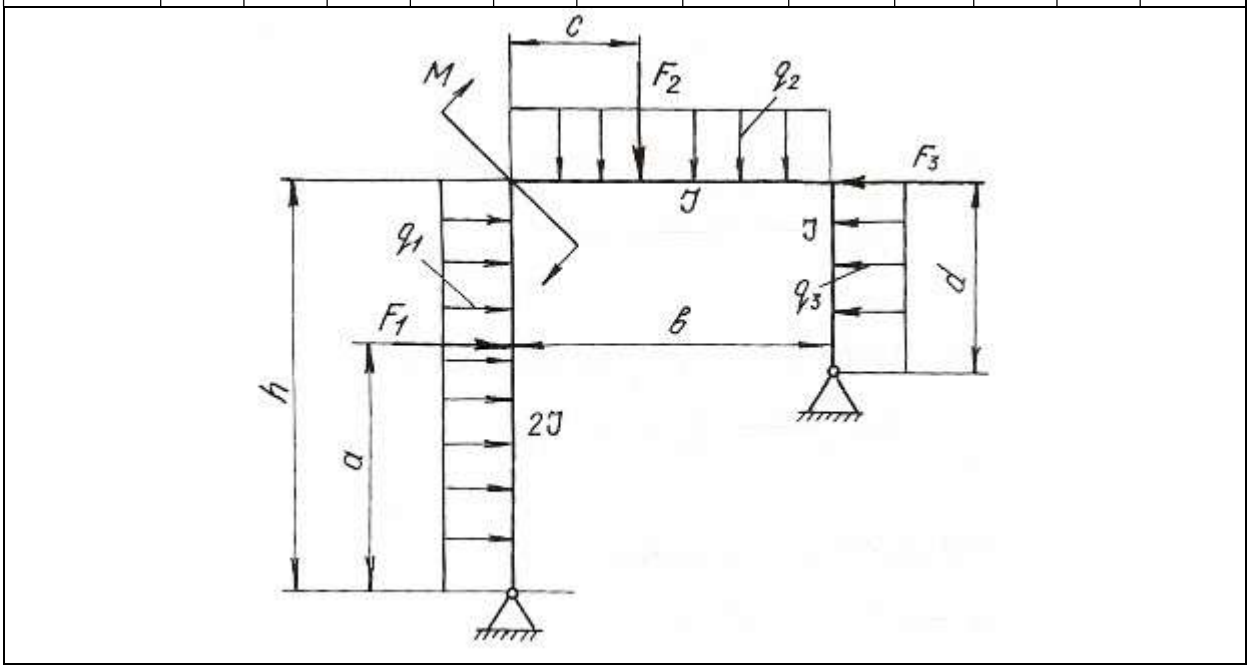
Продолжение табл. 5.3

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	–	–



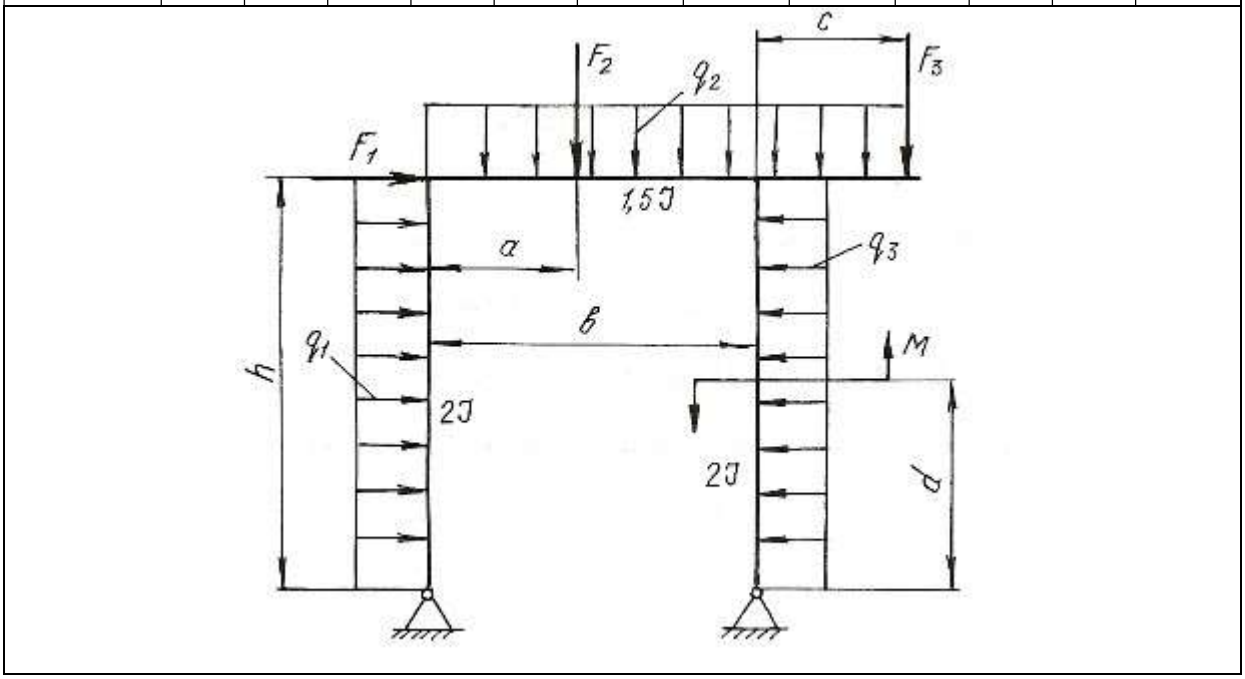
Продолжение табл. 5.3

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:

$$\sigma = \frac{M^{в}}{J_z} y + \frac{M^{г}}{J_y} z, \tag{6.1}$$

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:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{M^{г}}{M^{в}} \cdot \frac{J_z}{J_y}, \tag{6.2}$$

где α - 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 φ – 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 θ 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; θ_z и θ_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, $\varphi = 15^{o}$.

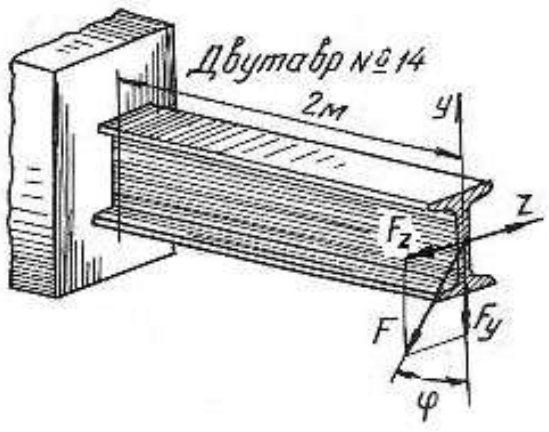


Рис. 6.1.

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

$$\sigma_{\max} = 47 + 90,4 = 137,4 \text{ МПа}; \qquad \sigma_{\min} = -47 - 90,4 = -137,4 \text{ МПа}.$$

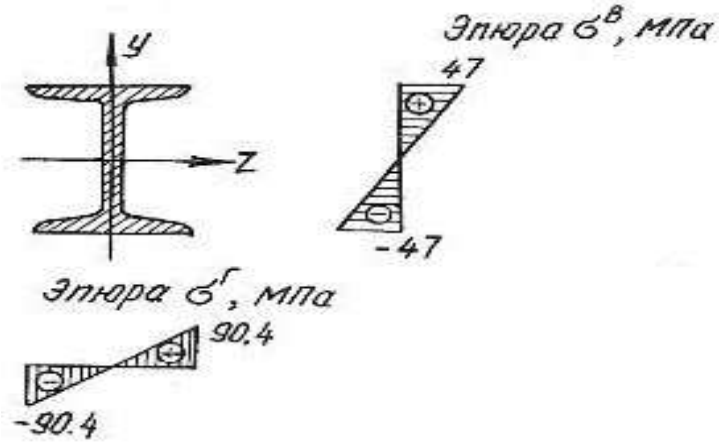


Рис. 6.2.

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 σ_{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.

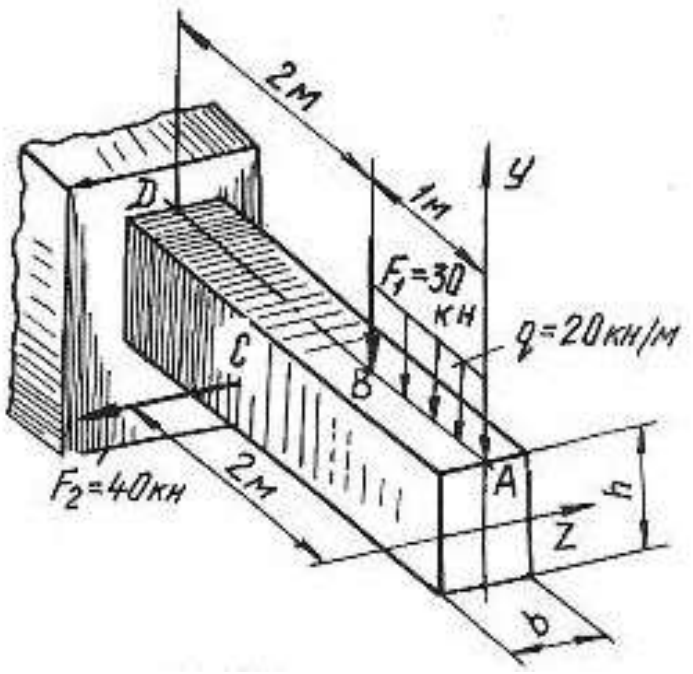


Рис. 6.3.

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:

$$M_{\max}^{\text{в}} = M_D^{\text{в}} = 110 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_{\max}^{\text{г}} = M_D^{\text{г}} = 40 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

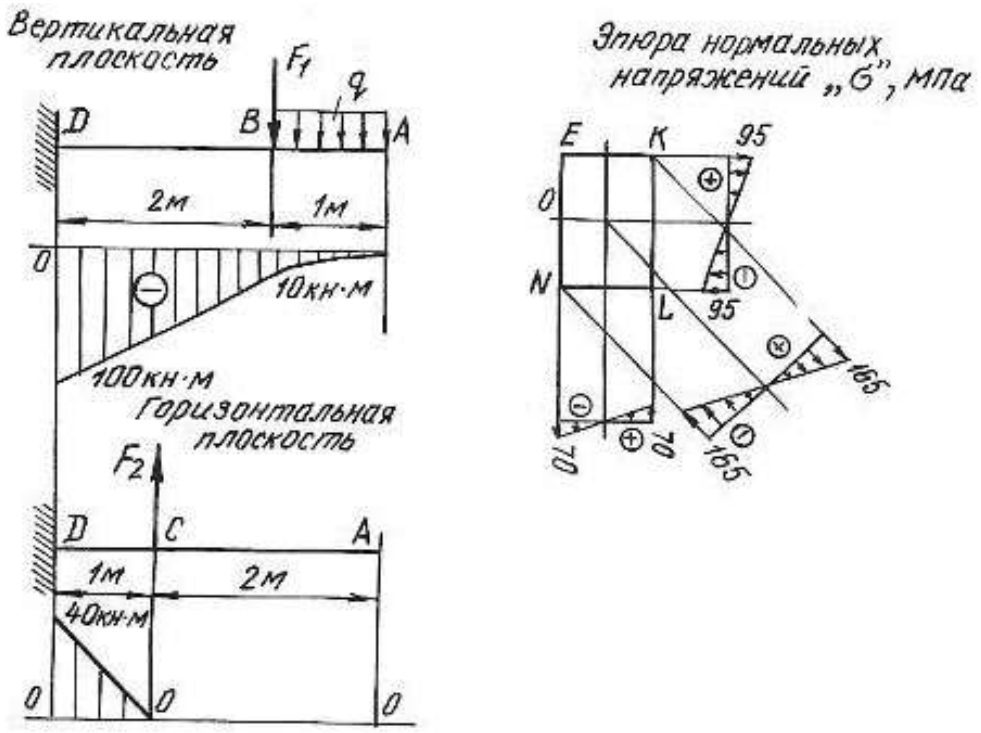


Рис. 6.4.

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

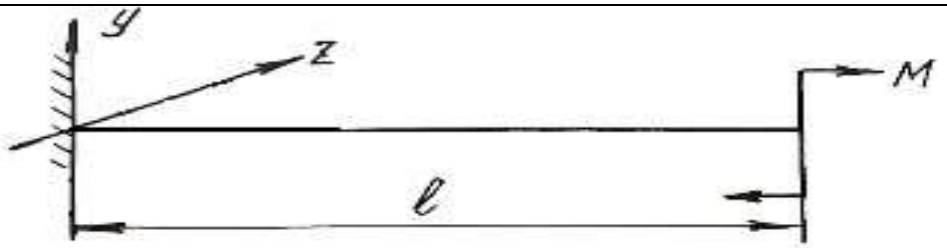
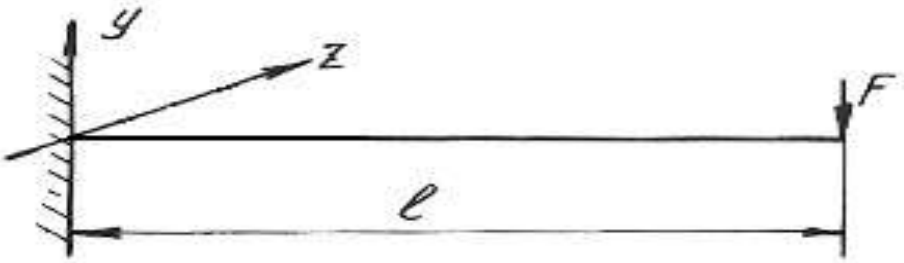
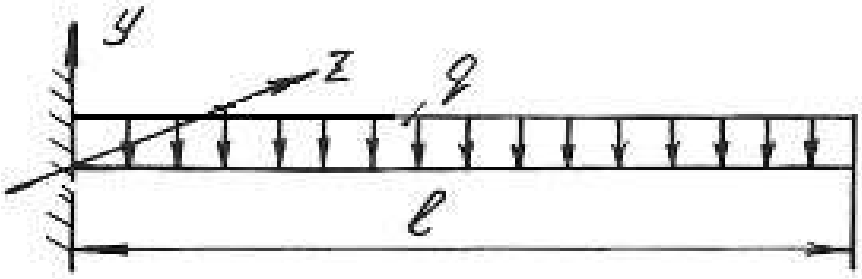
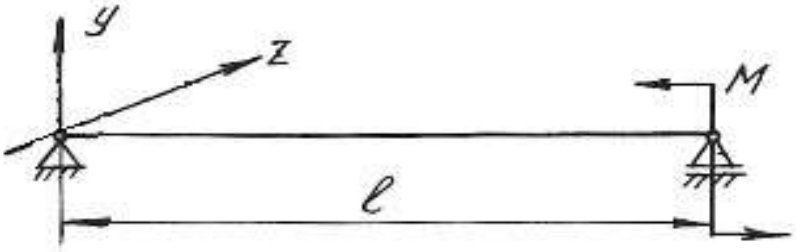
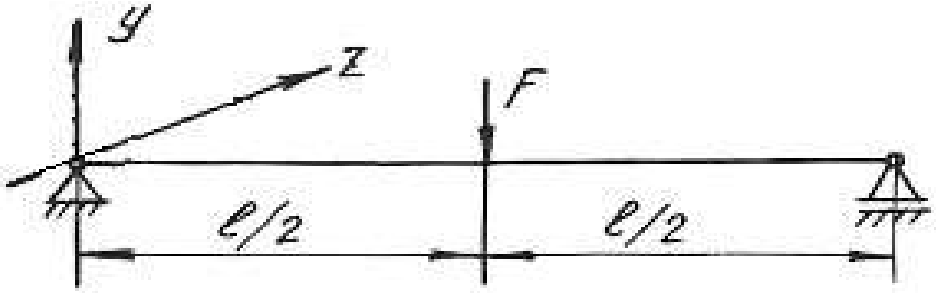
Схема балки	Схема сечения	Материал	Пролет l, м	Размеры сечения,см	Угол φ, град	Нагрузка		
						F, кН	M, кН·м	q, кН/м
9	А	дерево	2,5	$b \times h$=17×27	–	4	–	30
	Б	Ст 3	4	двутавр № 30	–	6	–	20
	В	Ст 3	3	швеллер № 27	–	5	–	40
	Г	Ст 3	5	2 швеллера № 14	–	7	–	50
	Д	Ст 3	6	2 швеллера № 16	–	8	–	60
	Е	Ст 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

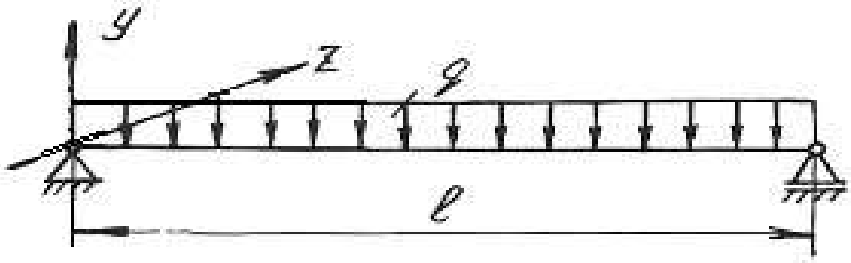
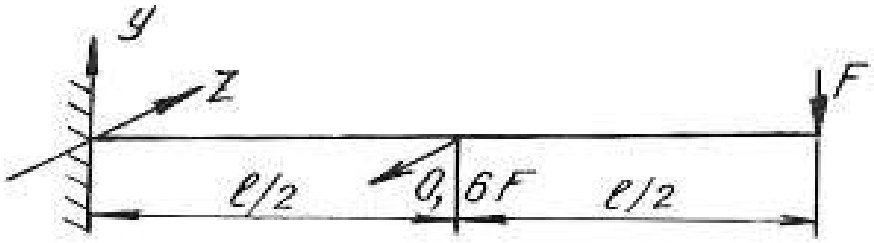
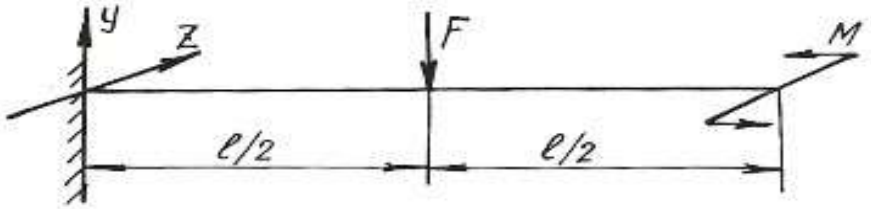
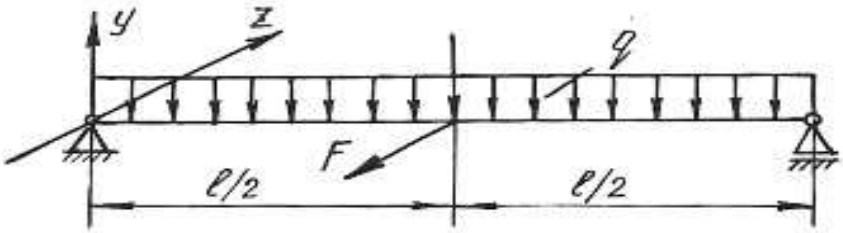
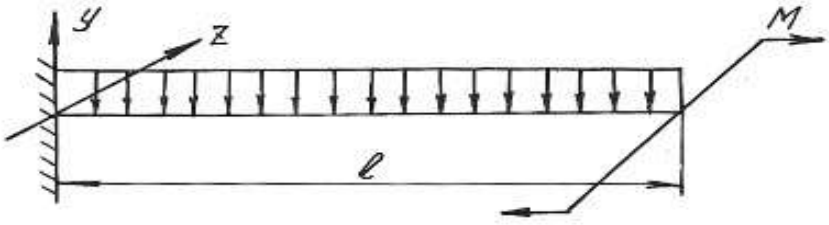
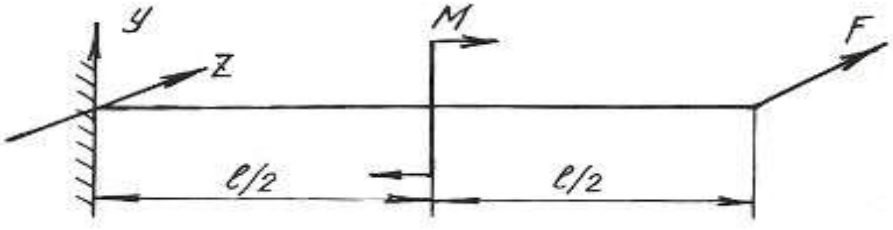
Схема балки	Схема сечения	Материал	Пролет l,м	Размеры сечения, см	Угол φ, град	Нагрузка		
						F, кН	M, кН·м	q, кН/м
13	А	дерево	1,5	$b \times h$=18×32	–	3	–	10
	Б	Ст 3	1,6	двутавр № 36	–	4	–	20
	В	Ст 3	1,7	швеллер № 36	–	5	–	30
	Г	Ст 3	1,8	2 швеллера № 18	–	6	–	40
	Д	Ст 3	1,9	2 швеллера № 20	–	7	–	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

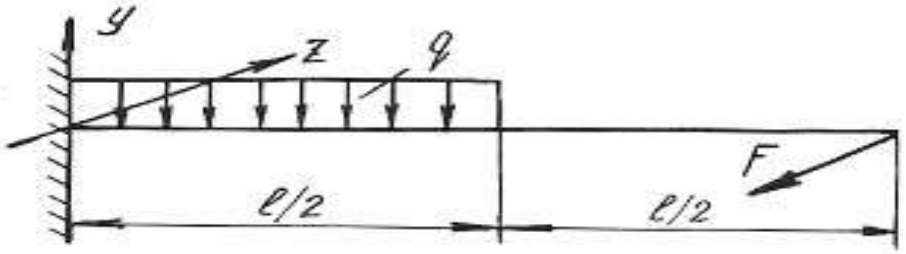
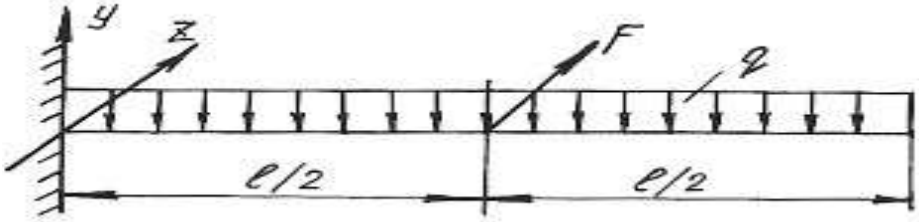
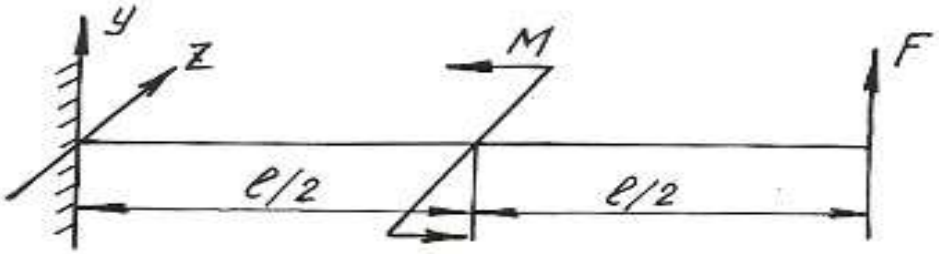
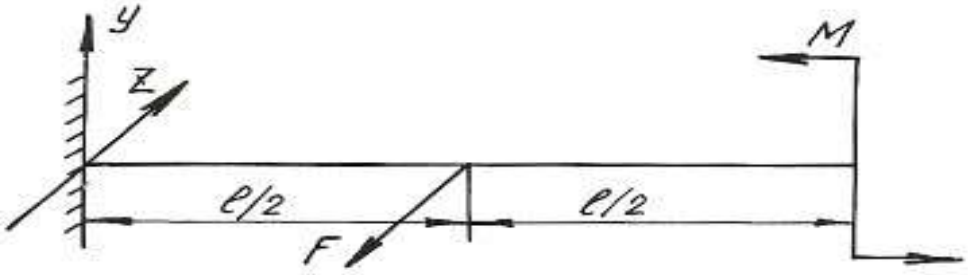
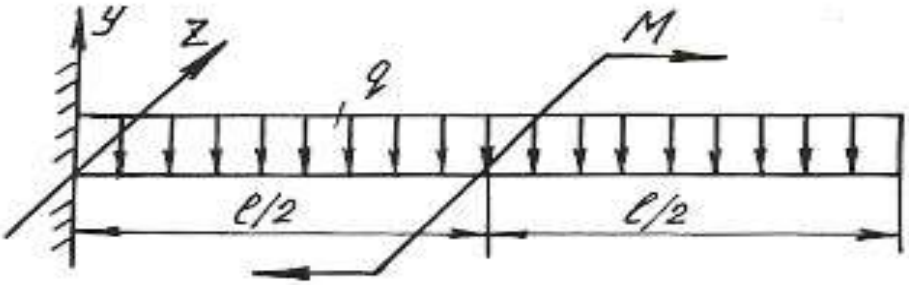
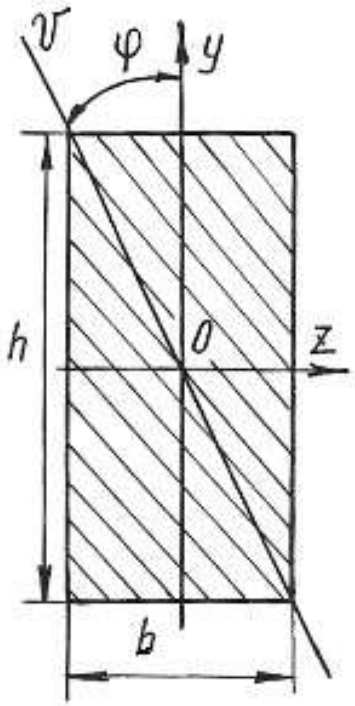
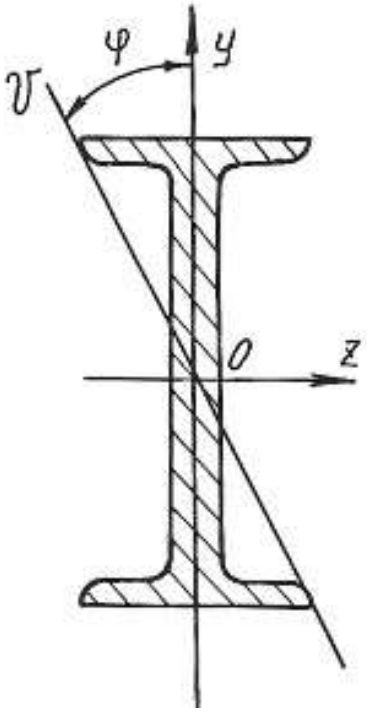
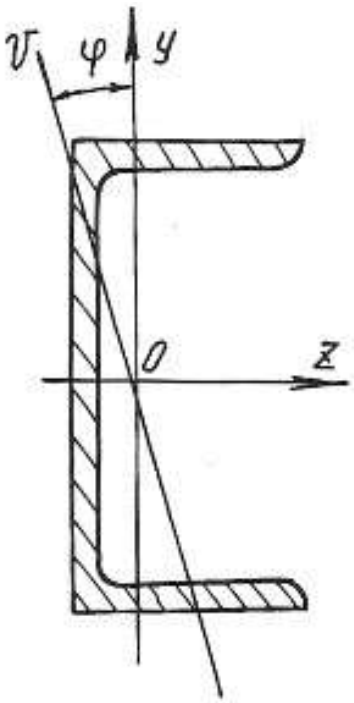
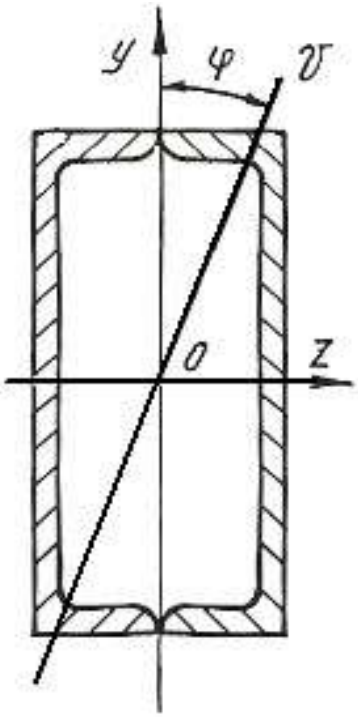
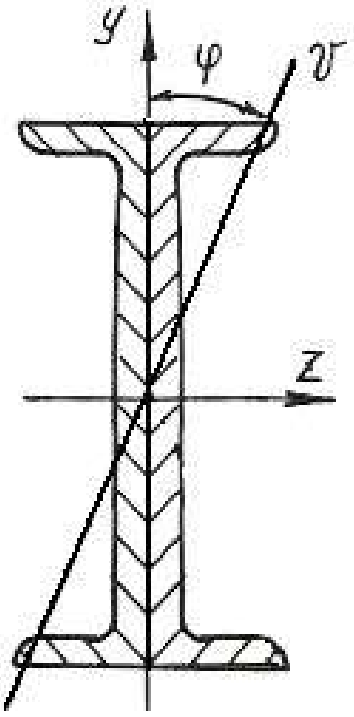
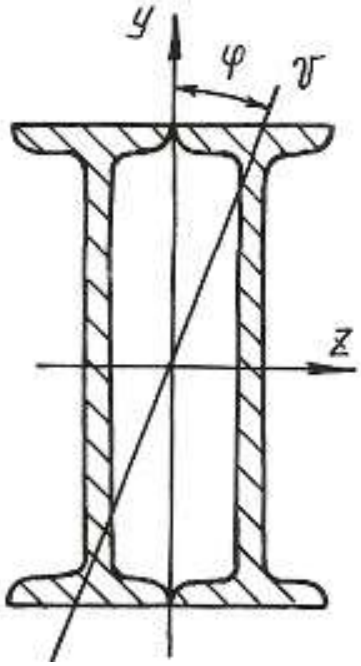
Номер схемы	Схема балки
12	
13	
14	
15	
16	

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).

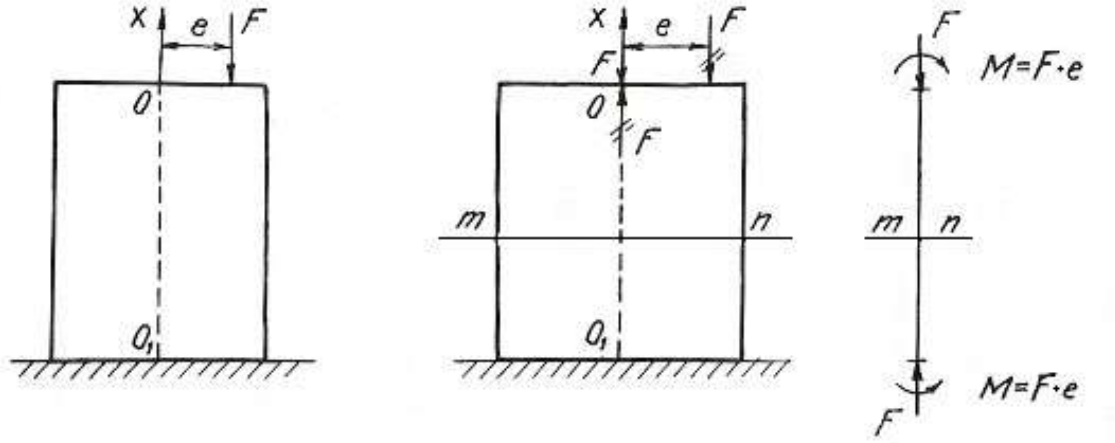


Рис. 6.5.

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.

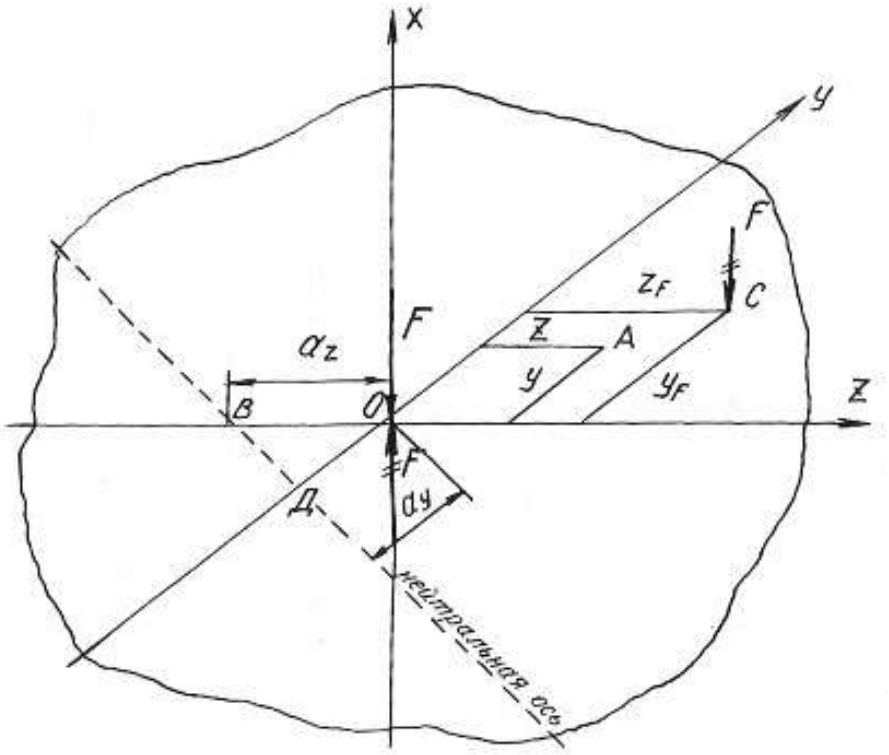


Рис. 6.6.

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:

$$\sigma_{max} = F\left(\pm\frac{1}{A} \pm z_F \frac{z_{max}}{J_y} \pm y_F \frac{y_{max}}{J_z}\right) \le \sigma_{adm}, \qquad (6.9)$$

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 σ^{c}_{adm} и на растяжение σ^{p}_{adm}: $\sigma^{c}_{adm} = 110$ МПа, $\sigma^{p}_{adm} = 24$ МПа.

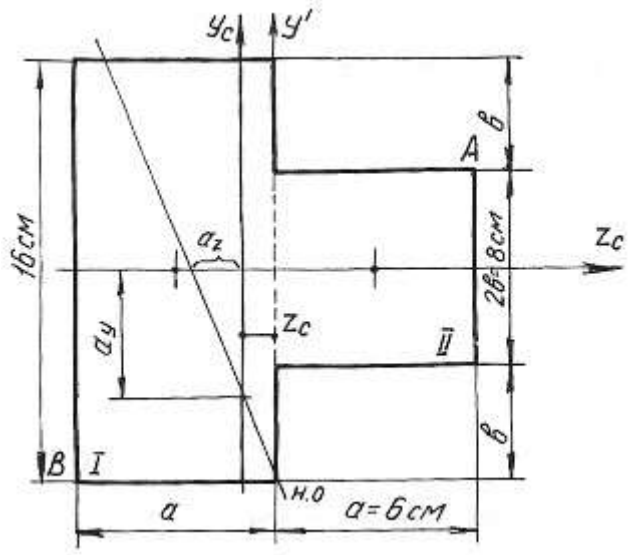


Рис. 6.7.

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

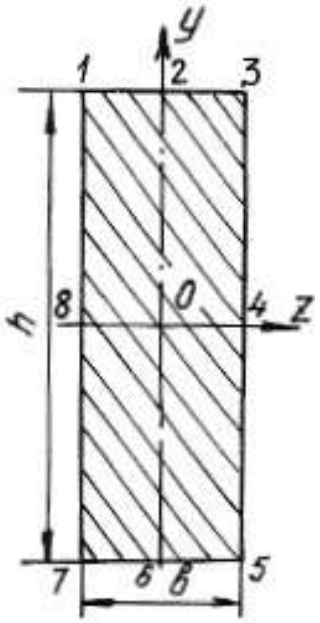
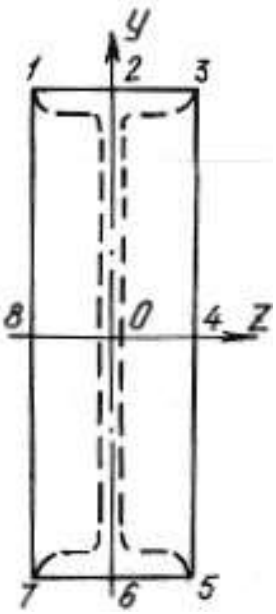
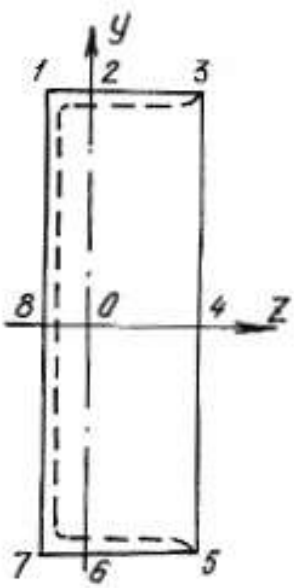
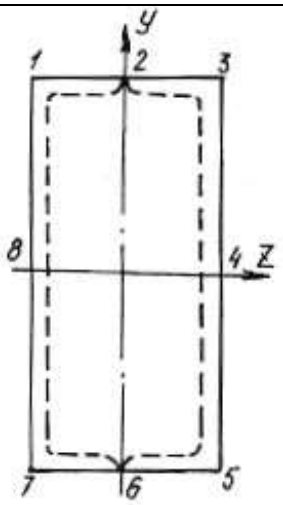
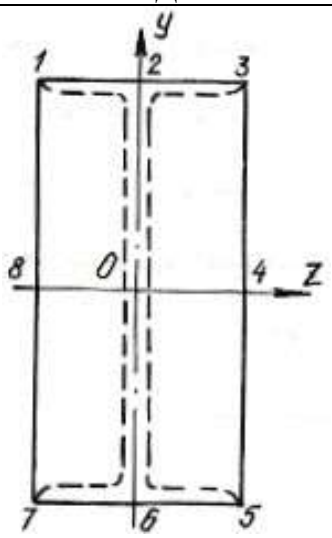
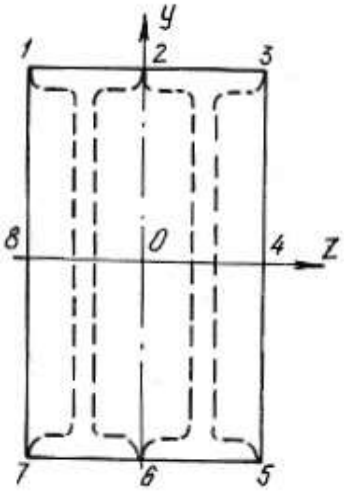
Вариант	Схема сечения	Материал	Размеры сечения	Точка приложения силы F	Нагрузка F, кН
3	А	дерево	b x h = 17 x 28	3	30
	Б	Ст 3	двутавр № 14	4	40
	В	Ст 3	швеллер № 20	5	48
	Г	Ст 3	2 швеллера № 14	6	52
	Д	Ст 3	2 швеллера № 16	7	62
	Е	Ст 3	2 двутавра № 18	8	72
	Ж	чугун	b = 32	1	60
	З	чугун	b x h = 24 x 32, 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

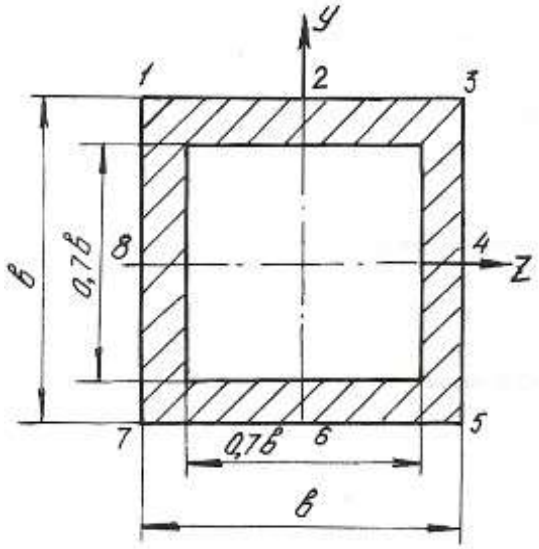
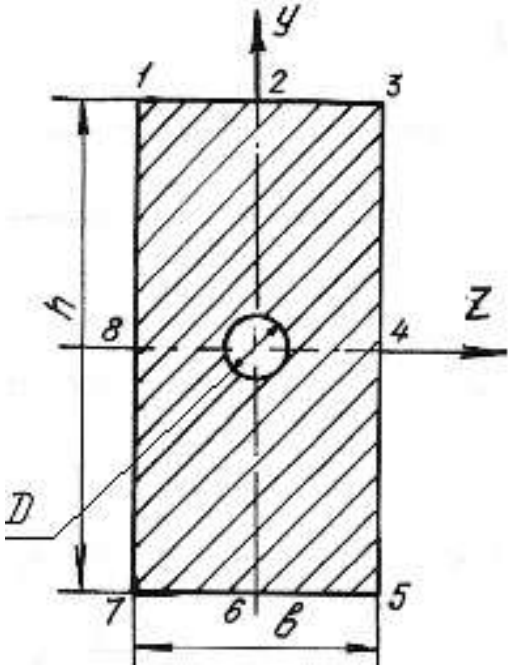
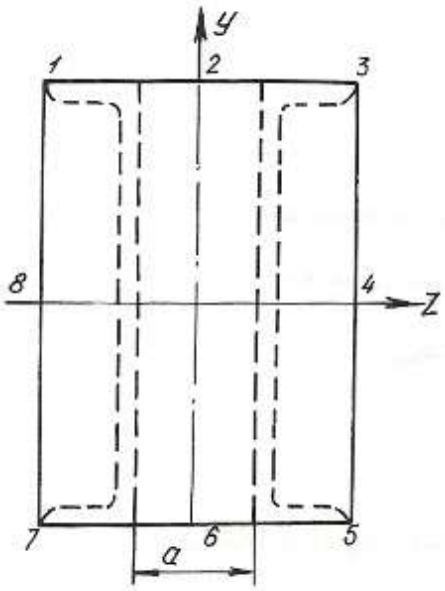
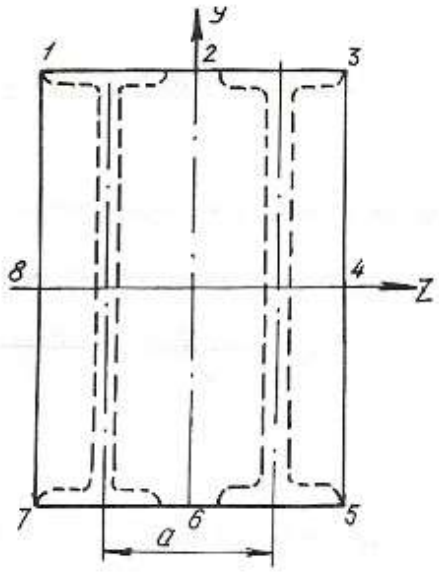
Вариант	Схема сечения	Материал	Размеры сечения, см	Точка приложения силы F	Нагрузка F, кН
6	А	дерево	b x h = 22 x 38	6	36
	Б	Ст 3	двутавр № 22	7	46
	В	Ст 3	швеллер № 22	8	48
	Г	Ст 3	2 швеллера № 22	1	68
	Д	Ст 3	2 швеллера № 20	2	72
	Е	Ст 3	2 двутавра № 22	3	74
	Ж	чугун	b = 24	4	50
	З	чугун	b x h = 24 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 $W_z = \frac{J_z}{d/2} = \pi \frac{d^4/64}{d/2} = \frac{\pi d^3}{32}$ – 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 α_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 α_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:

$$S_1^y = S_1 \cdot \sin\alpha_1 = 7{,}92 \cdot \sin 75^\circ = 7{,}92 \cdot 0{,}9659 = 7{,}65 \text{ кН};$$

$$S_2^y = S_2 \cdot \sin\alpha_2 = 6{,}6 \cdot \sin 80^\circ = 6{,}6 \cdot 0{,}9848 = 6{,}49 \text{ кН}.$$

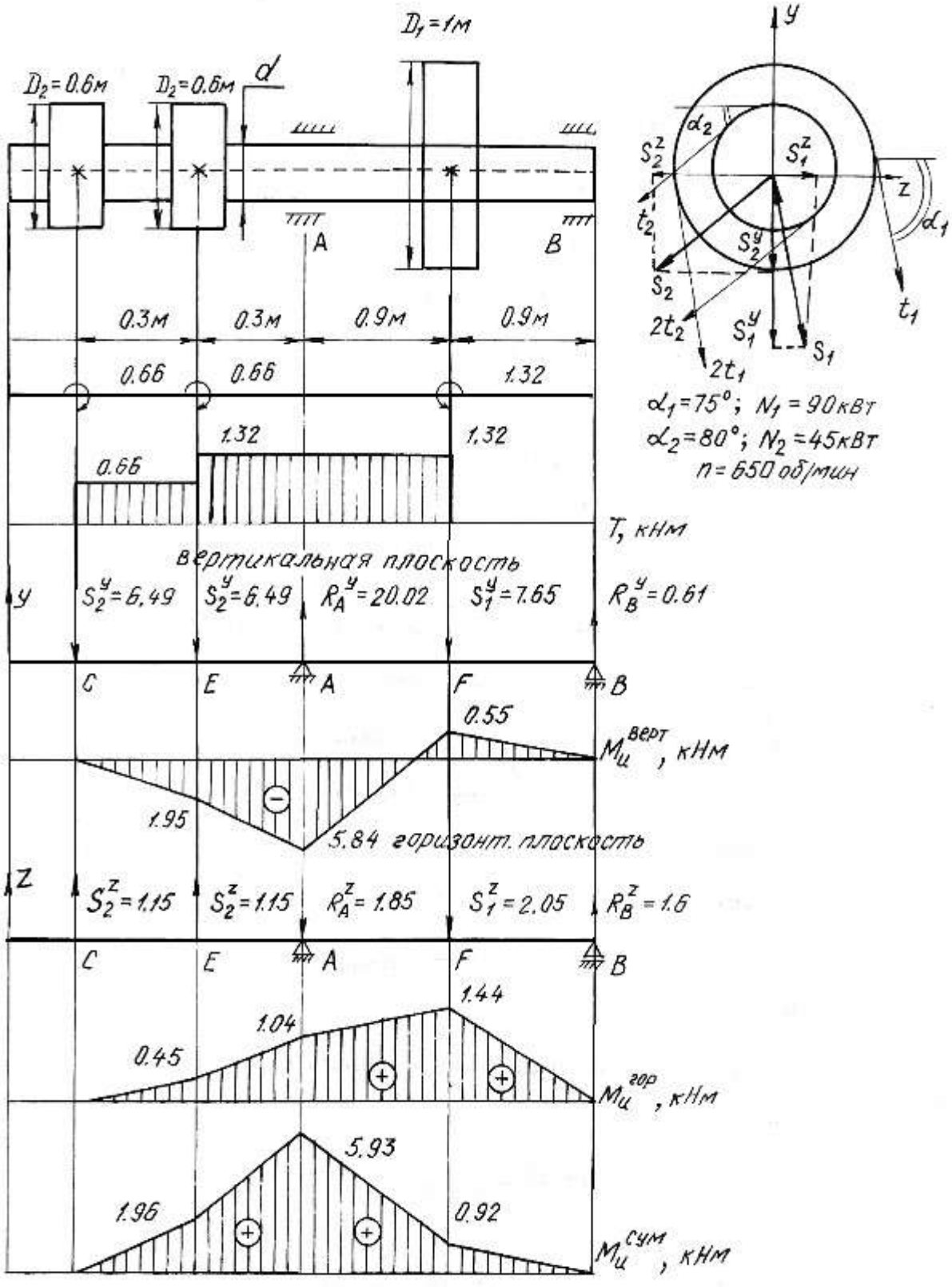

D1 = 1м
D2 = 0.6м
D2 = 0.6м
d
A
B
0.3м
0.3м
0.9м
0.9м
0.66
0.66
1.32
1.32
1.32
0.66
T, кНм
вертикальная плоскость
y
S2y = 6.49
S2y = 6.49
RAy = 20.02
S1y = 7.65
RBy = 0.61
C
E
A
F
B
0.55
Mцверт, кНм
1.95
5.84
горизонт. плоскость
z
S2z = 1.15
S2z = 1.15
RAz = 1.85
S1z = 2.05
RBz = 1.6
C
E
A
F
B
1.44
1.04
0.45
Mцгор, кНм
5.93
1.96
0.92
Mцсум, кНм
y
α2
S2z
S1z
z
α1
t2
S2y
S2
2t2
S1y
S1
t1
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 α_1 передается мощность N кВт от электродвигателя. Два других шкива имеют одинаковый диаметр D_2 и одинаковые углы α_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;

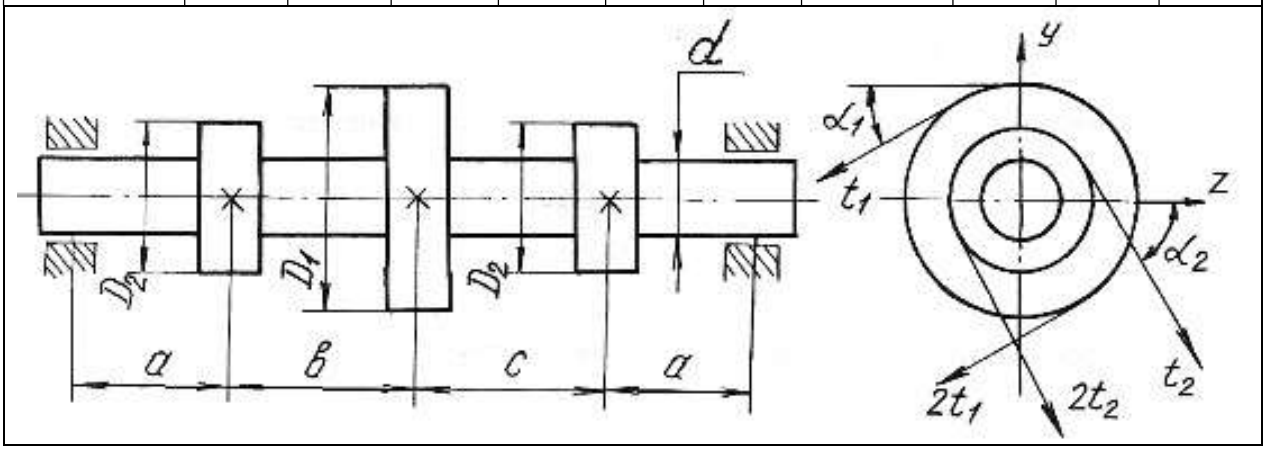
7) найти опасное сечение и определить величину максимально-расчетного момента по третьей теории прочности;

8) подобрать диаметр сечения вала при σ_{adm}=80 МПа.

Данные для расчета и схемы взять из табл. 6.6.

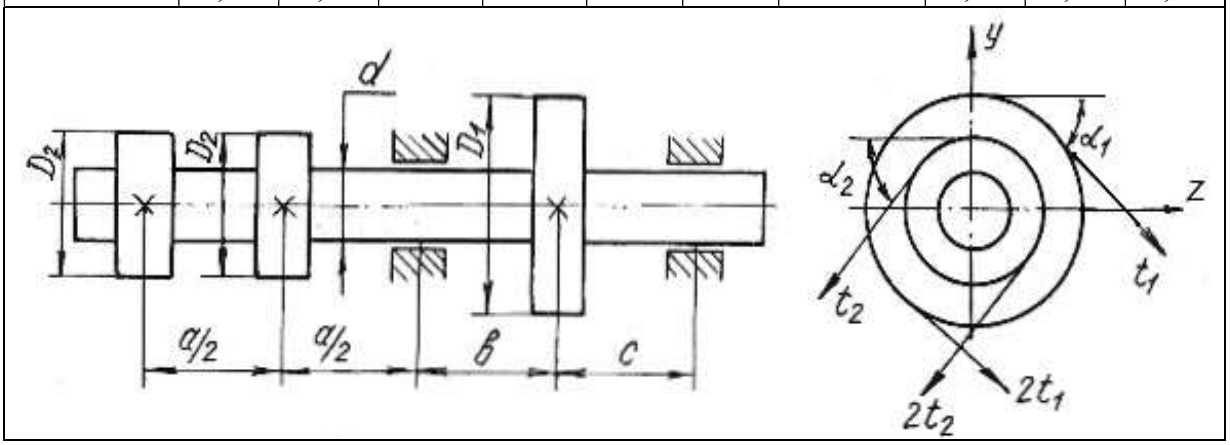
Таблица 6.6

Номер варианта	Числовые значения									
	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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



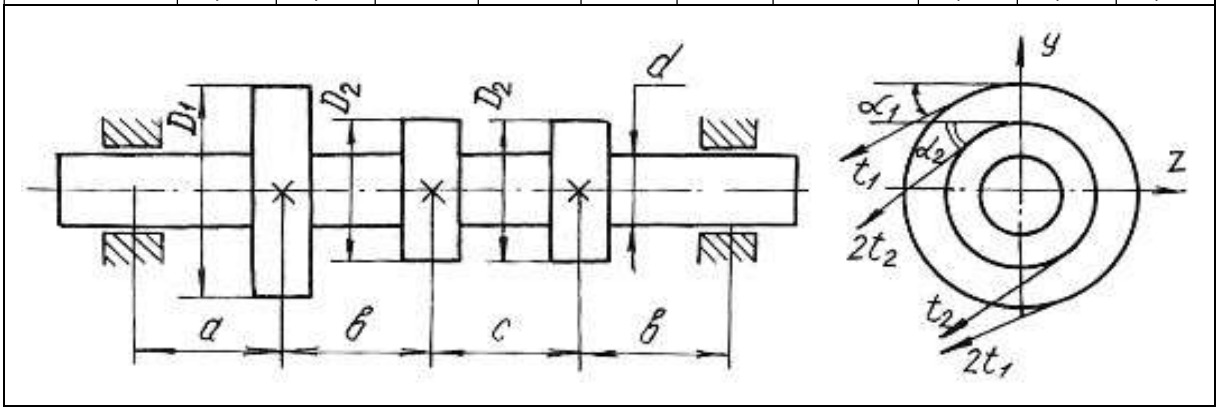
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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



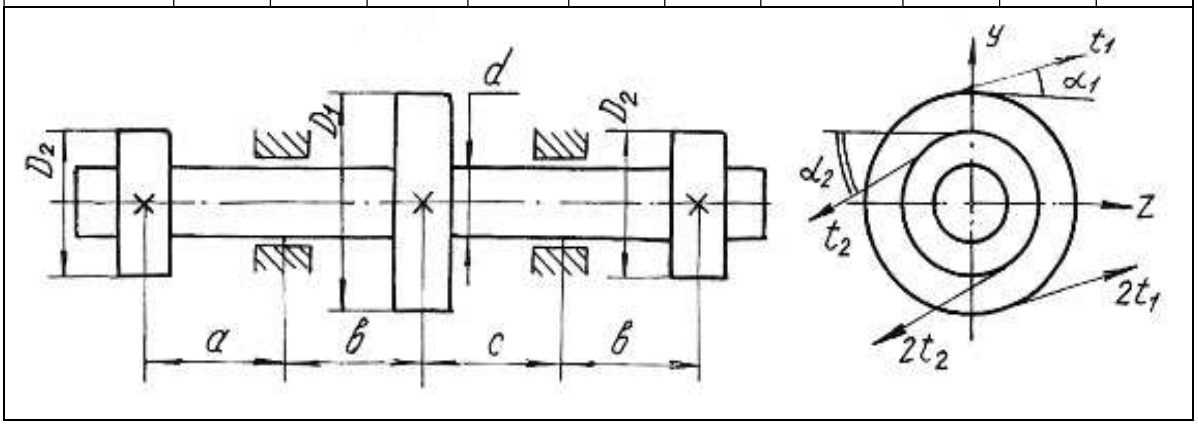
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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



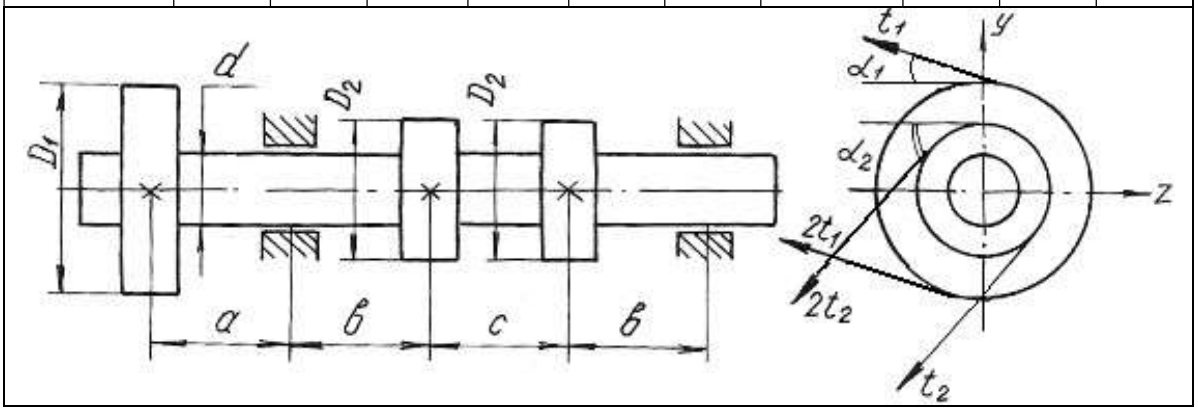
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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



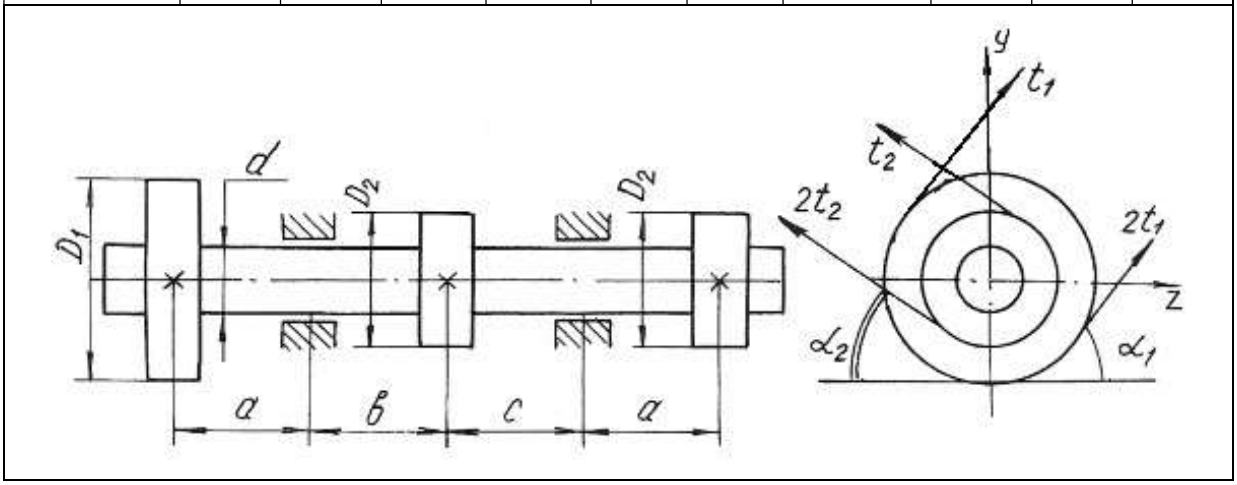
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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



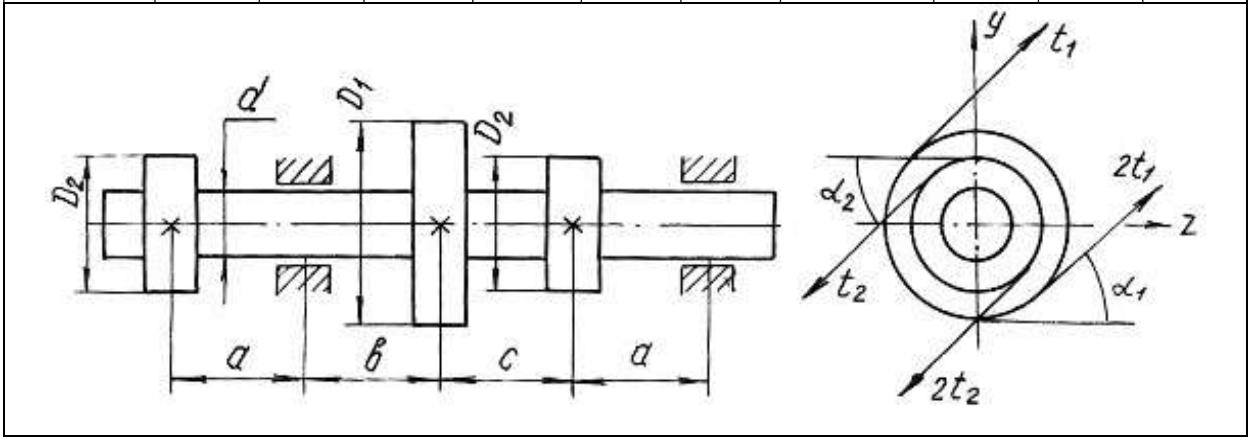
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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



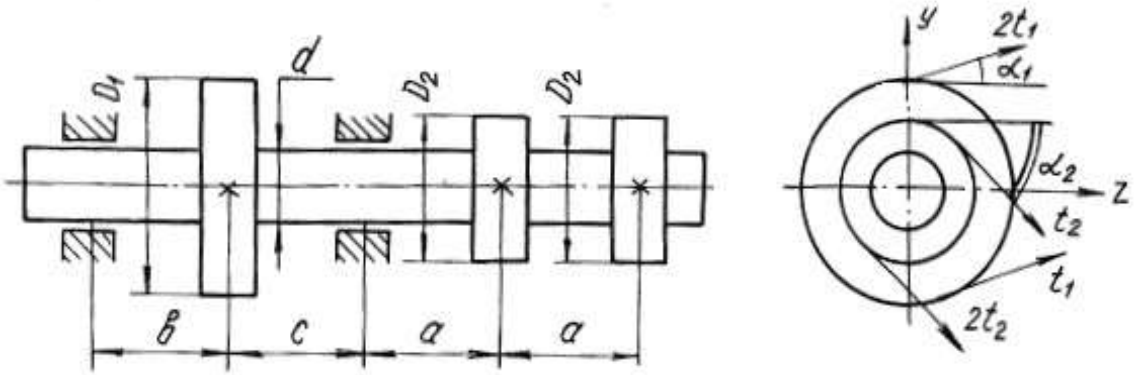
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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



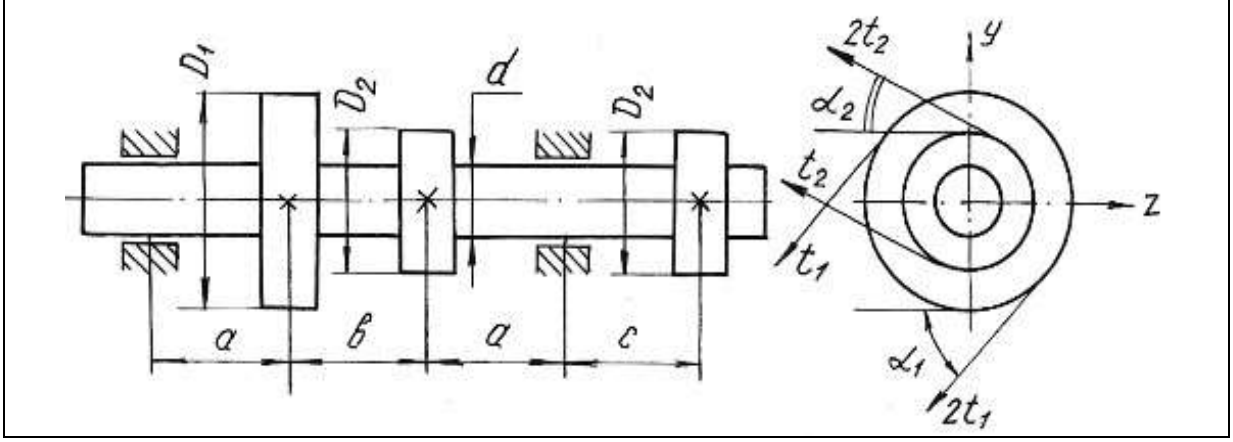
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_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	α_1, град	α_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 σ_{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; μ − коэффициент приведенной длины стержня, отражающий способ закрепления концов стержня (рис. 7.1); μl − приведенная длина стержня.

Критические напряжения

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, \qquad (7.2)$$

где λ − 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 σ_{pr} – предел пропорциональности материала стержня (напряжение, при котором сохраняется прямая пропорциональность между σ и ε).

Для расчёта сжатых стержней любой гибкости применяется способ, основанный на применении коэффициентов φ. 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; φ – коэффициент продольного изгиба (коэффициент понижения основного допускаемого напряжения σ_{adm} на простое сжатие), значения коэффициентов φ 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 φ. 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 φ_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 φ_5 находим линейной интерполяцией между значениями $\lambda = 110$ и $\lambda = 120$. Получим $\varphi_5 = 0,506$.

Проверка

$F_{\text{расч}_3} = \varphi_5 A_5 \sigma_{adm} = 0,506 \cdot 46,5 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 10^6 = 376500$ Н $= 376,5$ 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 φ. 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 $d/D = 0{,}85$.

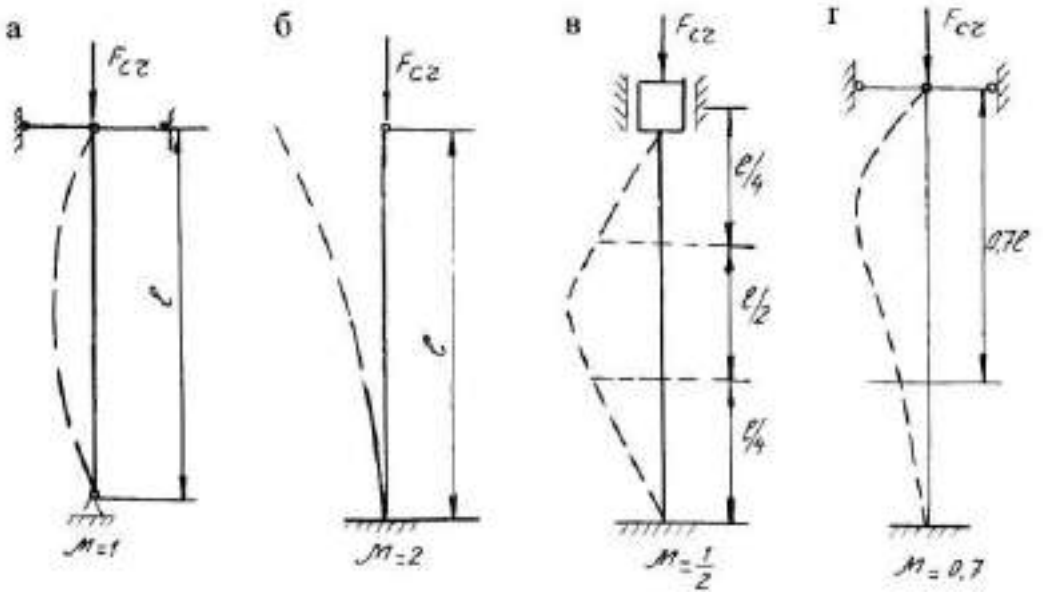
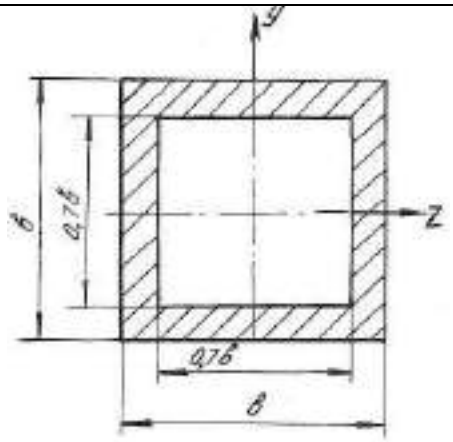
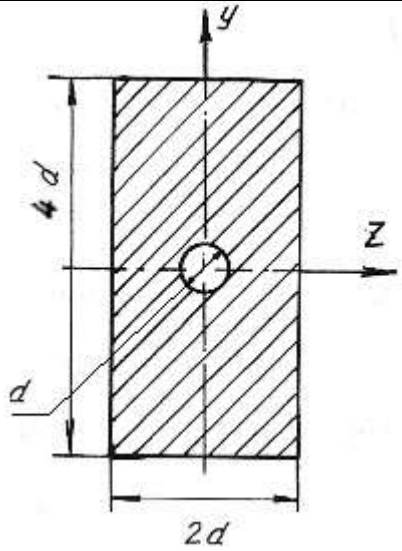
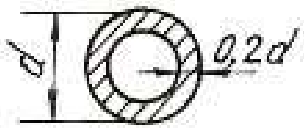
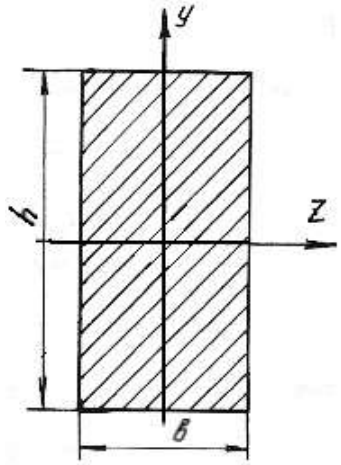
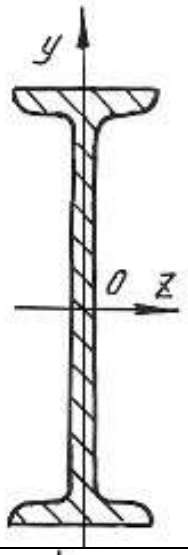
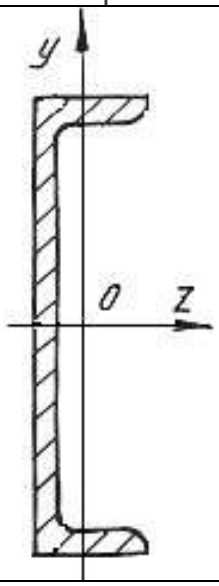


Рис. 7.1.

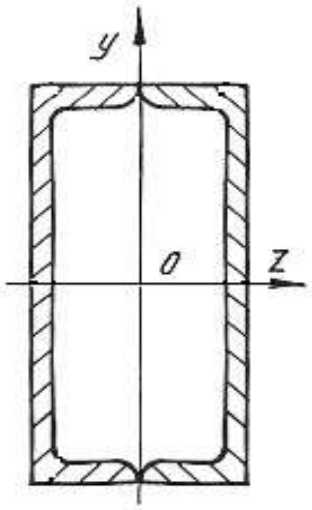
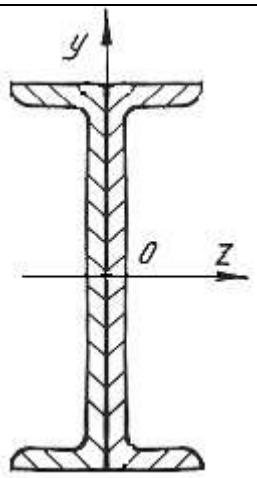
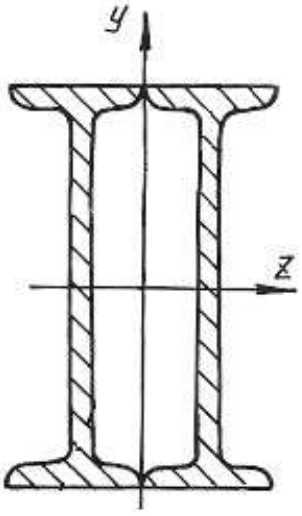
Таблица 7.2

Номер варианта	Схема поперечного сечения	Материал	Способ закрепления	Длина стержня, м	Сжимающая нагрузка, кН
1		Дерево	а б в г	3 4 4 1,6	90 120 150 60
2		Дерево	а б в г	3,6 5 5 2	140 250 400 180
3		Чугун	а б в г	5,2 4,8 4,5 2,8	600 800 900 700

Продолжение табл. 7.2

Номер варианта	Схема поперечного сечения	Материал	Способ закрепления	Длина стержня, м	Сжимающая нагрузка, кН
4		Чугун	а б в г	4,6 3,8 4,2 3,2	850 600 700 900
5		Сталь 5	а б в г	3,2 3,6 8 2,4	380 700 800 600
6		Сталь 3	а б в г	3,6 4,5 5 2,2	280 650 450 250

Окончание табл. 7.2

Номер варианта	Схема поперечного сечения	Материал	Способ закрепления	Длина стержня, м	Сжимающая нагрузка, кН
7		Сталь 3	а б в г	3 4 5,5 4,8	300 400 250 350
8		Сталь 3	а б в г	5,5 6,6 7 3,5	960 500 800 750
9		Сталь 3	а б в г	3 7 6 4	930 740 830 980

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

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.

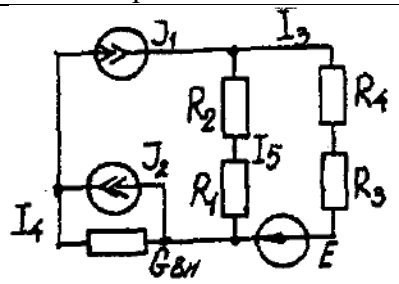
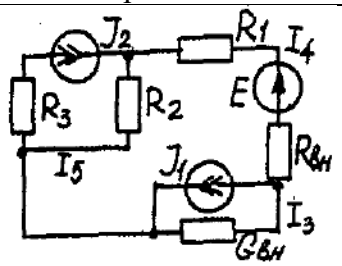
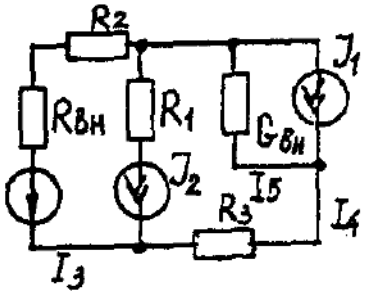
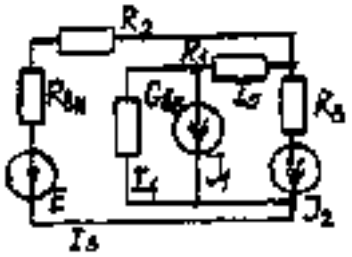
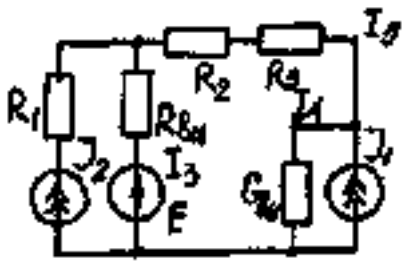
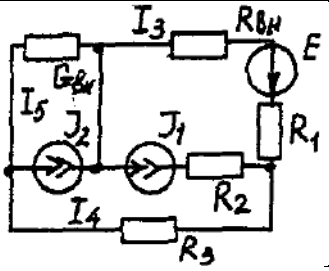
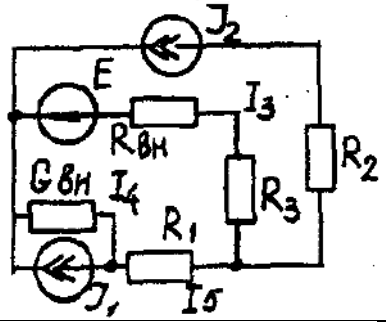
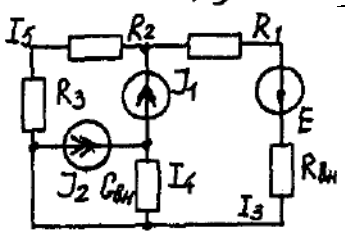
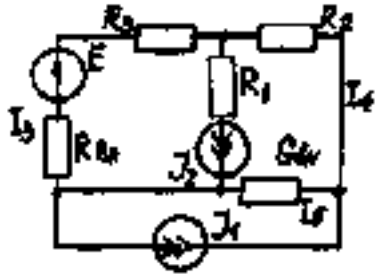
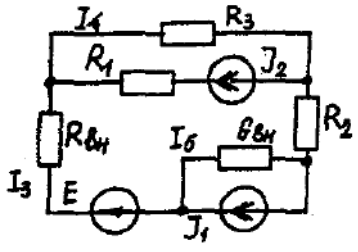
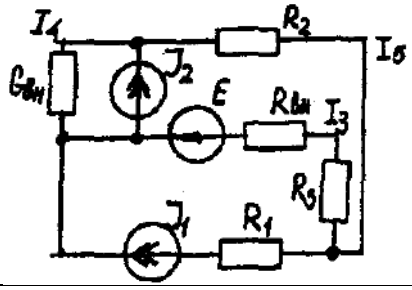
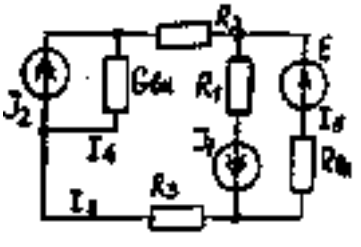
8. Решения задач сопровождают краткими пояснениями.

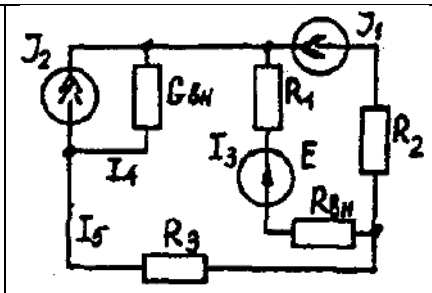
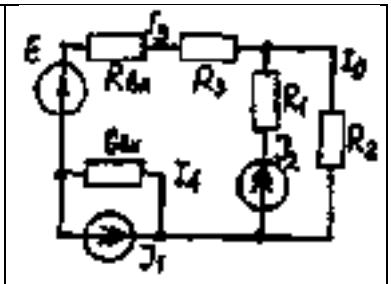
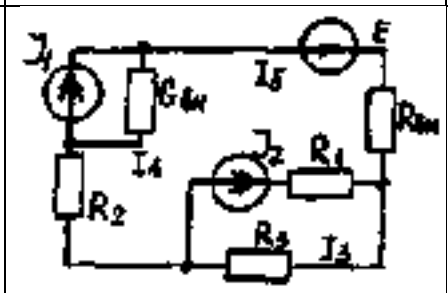
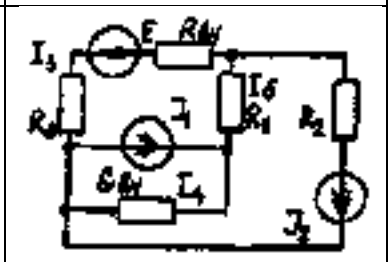
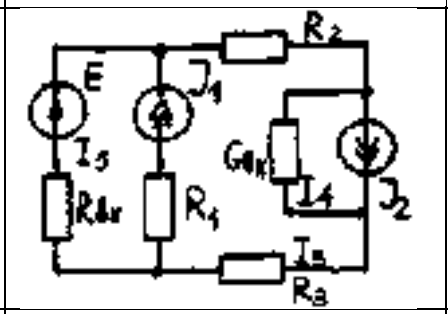
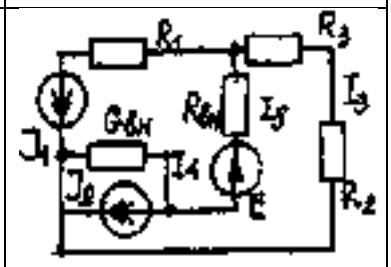
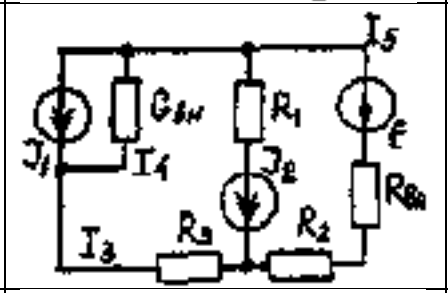
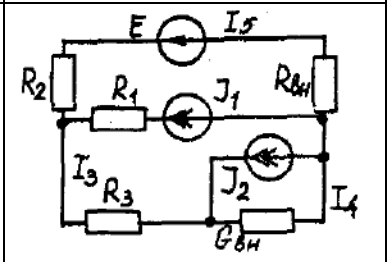
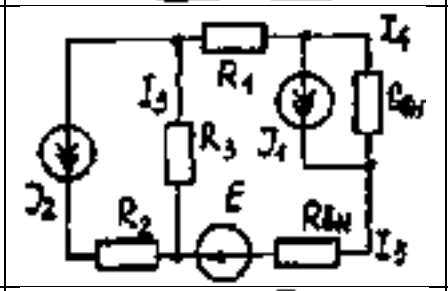
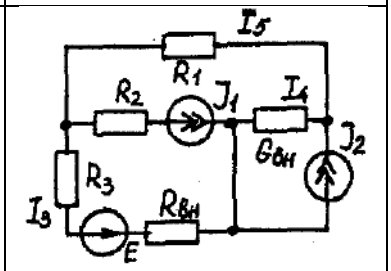
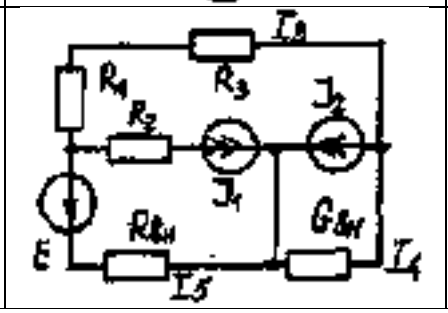
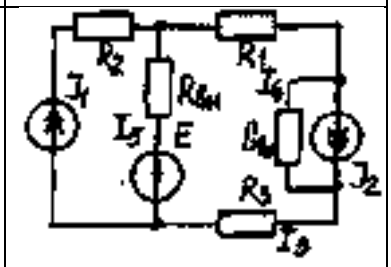
9. Контрольные задания представляются для проверки до начала соответствующей лабораторно-экзаменационной сессии.

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	6	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).

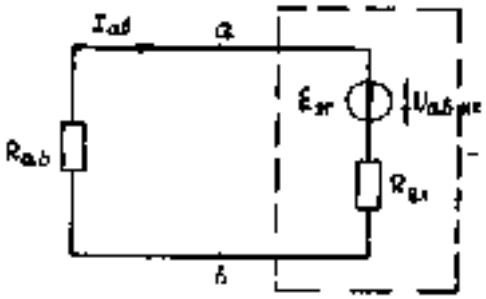


Рис. 1.1. К методу эквивалентного генератора

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 *($E_{\text{эг}}$).* Ток в ветви *ab* определяют по формуле:

$$I_{ab} = U_{ab\,\text{xx}} / (R_{ab} + R_{\text{вх}}) \quad (1.3)$$

где *Uab xx* - напряжение холостого хода активного двухполюсника (эквивалентного генератора) относительно зажимов рассматриваемой ветви; $R_{\text{вх}}$ - входное сопротивление пассивного двухполюсника относительно зажимов *ab;* R_{ab} - сопротивление рассматриваемой ветви *ab.*

Последовательность решения.

Определить напряжение $U_{ab\text{xx}}$ с помощью одного из известных методов расчета электрических цепей, согласно исходной схеме без рассматриваемой ветви *ab.*

Вычислить входное сопротивление $R_{\text{вх}}$ пассивного двухполюсника, т. е. сопротивление исходной электрической цепи относительно точек *ab* без ветви *ab,* при замкнутых источниках токов э. д. с. и разомкнутых источников токов.

Вычислить ток в рассматриваемой ветви *ab* (см. рис. 1.1) по формуле (1.3).

Пример решения задачи

Для заданной электрической цепи (рис. 1.2) с параметрами: E=65,5 В; J_1=3,5 А; J_2 = 8 А; R_1 = 9 Ом; R_2 = 7 Ом; R_3 = 5 Ом; $R_{вн}$ = 3 Ом; $G_{вн}$ = 0,5 См, определить токи в ветвях.

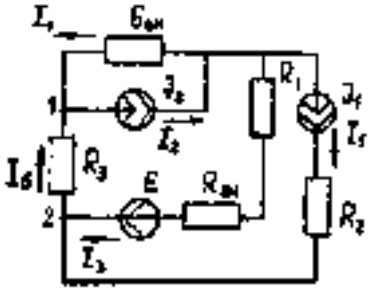


Рис. 1.2. Схема заданной электрической цепи

Метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа

В рассматриваемой электрической цепи неизвестными являются три тока *(I_3, I_4, I_5)*, для определения этих токов необходимо иметь систему из трех уравнений электрического равновесия, которые составляем по законам Кирхгофа: два уравнения электрического равновесия по первому закону Кирхгофа, предварительно задавшись положительными направлениями токов в ветвях (для узлов 1 и 2); третье уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа. Принимаем контур *(R_3 – $G_{вн}$ – R_1 – $R_{вн}$ - E),* минуя ветви с источниками тока, и задаемся положительным направлением его обхода (см. рис. 1.2.)

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - J_2 + I_5 = 0; \\ I_3 + J_1 - I_5 = 0; \\ I_5 R_3 - I_4 1/G_{вн} + I_3(R_1 + R_{вн}) = E. \end{array}\right\} \quad (1.4)$$

$$\left.\begin{array}{l} I_4 - 8 + I_5 = 0; \\ I_3 + 3{,}5 - I_5 = 0; \\ I_5\, 5 - I_4 * 1/0{,}5 + I_3(9 + 3) = 65{,}5. \end{array}\right\} \quad (1.5)$$

В результате решения системы уравнений (1.5) получим: I_3 = 3 А; I_4 = 1,5 А; I_5 = 6,5 А.

Метод контурных токов

Для определения трех неизвестных токов выбираем три независимых контура (рис 1.3) и задаемся положительными направлениями их обхода, совмещая положительные направления контурных токов I_{11}, I_{22}, I_{33} с направлениями их обхода I_{11}= J_1= 3,5 А ; I_{22} = J_2 = 8 А.

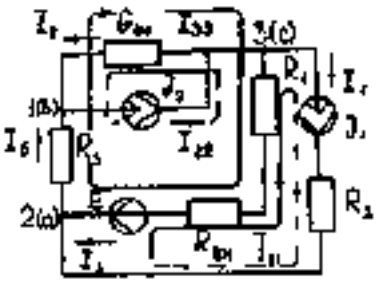


Рис. 1.3. Схема электрической цепи для метода контурных токов

Таким образом, неизвестным является лишь контурный ток I_{33}. Для третьего контура (R_3 - $G_{ВН}$ – R_3 – $R_{вн}$- E) составляем уравнение электрического равновесия по второму закону Кирхгофа и определяем контурный ток I_{33}

$$-I_{11}(R_1+R_{вн})-I_{22}*1/G_{вн}+I_{33}(R_1+R_{вн}+R_3+1/G_{вн})= E; \quad (1.6)$$

$$-3{,}5(9 + 3) - 8 * 1/0{,}5 + I_{33}\,(9 + 3 + 5 + 1/0{,}5) = 65{,}5;$$

отсюда I_{33} = 6,5 А.

Действительные токи в ветвях:

I_3=I_{33}-I_{11}=6,5-3,5 = 3А;

$I_4 = I_{22}$-I_{33} = 8-6,5 = l,5A,

$I_5 = I_{33}$=6,5A.

Метод узловых потенциалов

Заземляем один из узлов (например 3, рис. 1.4), потенциал этого узла (φ_3) теперь равен нулю. Для определения потенциалов двух других узлов составляем систему из двух уравнений электрического равновесия по первому закону Кирхгофа:

$$\left.\begin{aligned} \varphi_1 G_{11} - \varphi_2 G_{12} &= I_{11} \\ -\varphi_1 G_{21} - \varphi_2 G_{22} &= I_{22} \end{aligned}\right\} \quad (1.7)$$

$G_{11} = G_{вн}$+ 1/R_3= 0,5 + 1/5 = 0,7 См ; G_{12} = G_{21} = 1/R_3 = 1/5 = 0,2 См ; G_{22} = 1/R_3 + l/(R_1 + $R_{вн}$) = 1/5 + 1/(9 + 3) = 0,28 См.

I_{11} = -J_2 = - 8 А; I_{22} = J_1 + E/(R_1 + $R_{вн}$) = 3,5 + 65/(9 + 3) -=9 А.

$$\left.\begin{aligned} 0{,}7\varphi_1 - 0{,}2\varphi_2 &= -8; \\ -0{,}2\varphi_1 - 0{,}28\varphi_2 &= 9, \end{aligned}\right\}$$

откуда φ_1= -3 В ; φ_2 = 29,5 В.

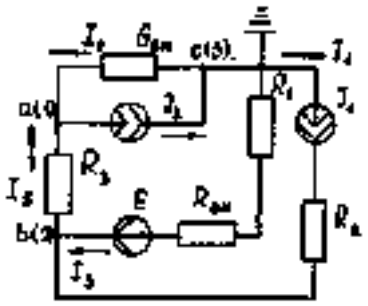


Рис. 1.4. Схема электрической цепи для метода узловых потенциалов

Токи в ветвях:

I_3 = [(φ_3 - φ_2) + E] * 1/ (R_1 + $R_{вн}$) = [(0 - 29,5) + 65,5] * 1/(9 + 3) - 3 А;

I_4 = (φ_3 - φ_1)-$G_{ВН}$ = (0 + 3)*0,5 = 1,5 А;

I_5 = (φ_1- φ_2) • 1/R_3 = (-3 - 29,5)*1/5 = -6,5 А.

Знак "-" у тока I_5 указывает на то, что действительное направление тока противоположно выбранному.

Метод наложения

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3', I_4', I_5'), вызванные источником э. д. с. (Е) при исключении источников тока (J_1) и *(J_2)* (рис. 1.5, а). Направление токов в цепи определяется согласно направлению источника э. д. с. (Е)

I_3'= I_4' = I_5'= E/(R_1 + $R_{вн}$ + R_3 + 1/$G_{ВН}$) = 65,5/(9 + 3 + 5 + 1/0,5) = 3,45 А.

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3'', I_4'', I_5''), вызванные источником тока *(J_1)* (рис. 1.5, *б*) при исключении источника тока *(J_2)* и источника, э. д. с. *(Е)* которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению (J_1).

I_3 = J_1(R_3 + 1/$G_{ВН}$)/(R_1 + $R_{вн}$ + R_3 + 1/$G_{ВН}$) =3,5(5 + 2)/(9 + 3 + 5 + 2) = 1,3 *А;*

I_4'' = I_5'' = J_1 – I_3'' = 3,5 -1,3 = 2,2 А.

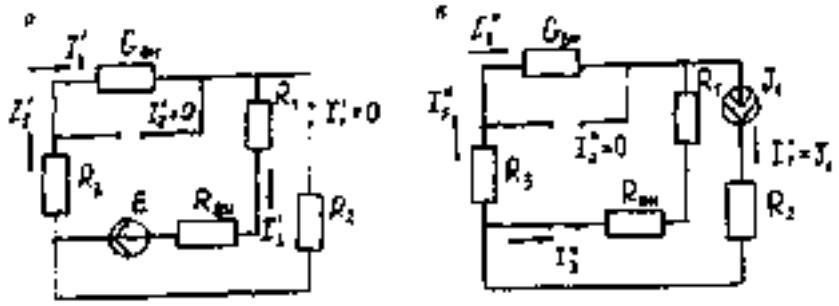


Рис. 1.5. Схема электрической цепи для метода наложения при исключении источника тока (а) и вызванные источником тока *(б)*

Определяем составляющие токов в ветвях (I_3''', I_4''', I_5'''), вызванные источником тока (J_2) (рис. 1.6, а) при исключении источника тока (J_1) и источника, э. д. с. (Е) которого закорачивается. Направление токов в ветвях определяется согласно направлению (J_2).

$I_3''' = I_5''' = J_2 (1/G_{вн})/(R_1 + R_{вн} + R_3 + 1/G_{вн}) = 8*2/(9 + 3 + 5 + 2) = 0{,}85$ А;

$I_4''' = J_2 - I_3''' = 8 - 0{,}85 = 7{,}15$ А

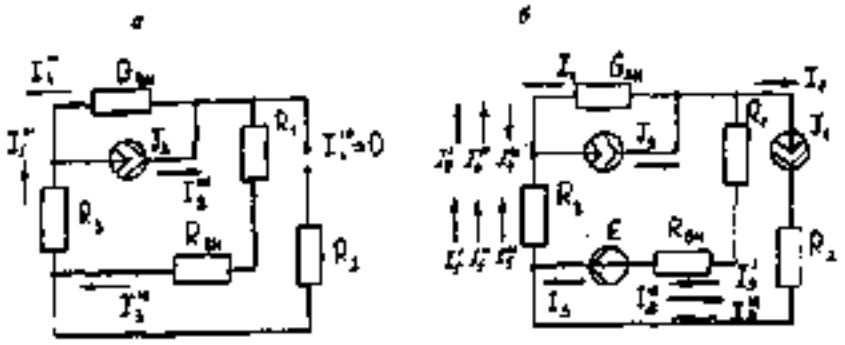


Рис. 1.6. Схема электрической цепи для определения составляющих токов в ветвях, вызванных источником тока (а) и при исключении (б)

Действительные токи в ветвях определяем как алгебраическую сумму составляющих, вызванных каждым из источников энергии (см. рис. 1.6, б):

$I_3 = I_3' - I_3'' + I_3''' = 3$А; $I_4 = -I_4' - I_4'' + I_4''' = 1{,}5$ А;

$I_5 = I_5' + I_5'' + I_5''' = 6{,}5$ А

Проверку решений выполняем, применяя первый закон Кирхгофа для трех узлов.

Метод эквивалентного генератора

Определить ток ветви *ab*.

Определяем напряжение $U_{ab\,xx}$. При размыкании ветви *ab* исходная схема (см. рис. 1.2) преобразуется в схему, изображенную на рис. *1.7, а.*

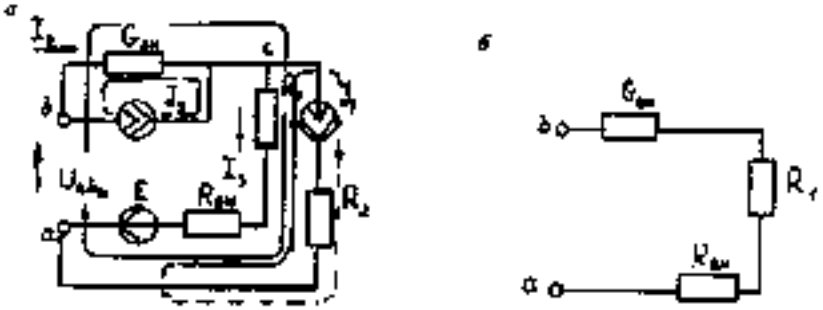


Рис. 1.7. Схема электрической цепи для метода эквивалентного генератора: *а* - исходная; *б* – преобразованная

По второму закону Кирхгофа составляем уравнение электрического равновесия для контура *a-b-c-a,* не содержащего источников тока, обходя контур по часовой стрелке,

$$U_{ab\,xx} - J_2 * 1/G_{вн} - J_1 * (R_{вн} - R_1) = E \quad (1.8)$$

$U_{ab\,xx} = 8 - 1/0{,}5 - 3{,}5 * (9 + 3) = 65{,}5$; $U_{ab\,xx} = 123{,}5$ В.

Определяем входное сопротивление относительно зажимов выделенной ветви $U_{ab\,xx}$, при этом зажимы источника э. д. с. закорачиваем, а зажимы источников тока размыкаем. В результате получается электрическая цепь (рис. 1.7,6)

$U_{ab\,xx} = 1/G_{вн} + R_1 + R_{вн} = 17$ Ом;

$I_{ab} = U_{ab\,xx}(R_{вх\,ab} + R_3) = 123{,}5/(14 + 5) = 6{,}5$ А.

Задача 2. РАСЧЕТ ОДНОФАЗНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

2.1. Последовательное соединение в цепи синусоидального тока.

На рис.2.1 представлена неразветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.1 приведены в табл. 2.1,

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение сопротивлений, построить диаграмму сопротивлений.

2. Составить комплексное уравнение напряжений, построить векторную диаграмму напряжений. Записать полное напряжение цепи в алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50 Гц, \psi_1 = 0$

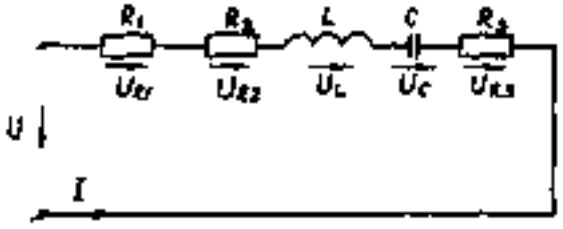


Рис. 2.1. Неразветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют индуктивное и емкостное сопротивления в цепи, Ом

$$X_L = \omega \cdot L$$
$$X_C = 1/\omega \cdot c \quad (2.1)$$

где ω — угловая частота переменного тока, ω = 314 с$^{-1}$. (При вычислении X_C размерность емкости С — Ф, 1Ф = 10^6 мкФ).

Вычисляют полное сопротивление цели в комплексной форме, Ом

$$\underline{Z} = R_1 + R_2 + jX_L - jX_C + R_3 \quad (2.2)$$

Вычисляют действующее значение тока в цепи по закону Ома, А

$$I = \frac{U_{R1}}{R_1} \quad \left(или \frac{U_{R3}}{R_3} \right) \quad (2.3)$$

Записывают комплекс тока в цепи при начальной фазе ψ_i=0 как İ = I, А.

Исходные данные к задаче

Таблица 2.1

Вари-ант	R_1, Ом	R_2, Ом	L, Гн	C, мкФ	R_3, Ом	U_{R1}, В	U_{R3}, В
1	8	10	0,478	636	10	80	-
2	8	15	0,0318	159	10	80	-
3	10	20	0,0636	318	12	100	-
4	10	25	0,0478	127	12	100	-

5	12	10	0,0318	159	6	120	-
6	12	15	0,0636	636	6	-	60
7	6	25	0,0478	106	8	-	80
8	6	10	0,0636	212	8	-	80
9	8	15	0,0636	79,6	10	-	100
10	8	20	0,0478	318	10	-	100
11	10	20	0,096	79,6	12	100	-
12	10	10	0,636	318	12	100	-
13	12	15	0,636	127	6	120	-
14	6	20	0,096	159	6	120	-
15	6	25	0,0478	159	8	60	-
16	8	10	0,0318	636	8	-	80
17	8	15	0,0636	106	10	-	100
18	10	20	0,0318	636	10	-	100
19	10	25	0,0478	79,6	12	-	120
20	12	10	0,096	212	12	-	120
21	8	10	0,096	212	6	80	-
22	8	15	0,048	636	6	80	-
23	10	20	0,0636	159	8	100	-
24	10	25	0,0478	318	8	100	-

Вычисляют напряжения на отдельных элементах цепи и всей цепи в комплексной форме, В

$$\dot{U} = \underline{Z}\dot{I} = R_1\dot{I} + R_2\dot{I} + jX_L\dot{I} - jX_C\dot{I} + R_3\dot{I} = \\ = U_{R1} + U_{R2} + jU_L - jU_C + U_{R3} \quad (2.4)$$

Вычисляют полную мощность цепи и мощность на элементах цепи в комплексной форме

$$S = \dot{U}\cdot\dot{I} = \underline{Z}I^2 = R_1I^2 + R_2I^2 + jX_LI^2 - jX_CI^2 + \\ + R_3I^2 = P_1 + P_2 + jQ_L - jQ_C + P_3 \quad (2.5)$$

Строят (раздельно) векторную топографическую диаграмму напряжений, диаграмму сопротивлений и мощностей на комплексной плоскости в соответствии с данными вычислений по формулам (2.4), (2.2), (2.5).

Комплексной плоскостью называется плоскость, проходящая через две взаимно-перпендикулярные оси, ось вещественных и ось мнимых чисел.

При построении диаграммы (например, напряжений) первоначально откладывают в масштабе (m_1) комплекс тока $\dot{I} = I\,(\psi_1)$ в положительном направлении оси вещественных чисел, затем откладывают в масштабе (m_u) напряжения U_{R1}, U_{R2}, $+jU_L$, U_{R3}, $-jU_C$. Замыкающий вектор U является вектором напряжения, приложенного к цепи. Он опережает по фазе ток при $X_L > X_C$ ($\varphi>0$) и отстает по фазе от тока при $X_L < X_C$ ($\varphi<0$).

На рис.2.1,а, рис.2.1,в, рис.2.1,с построены, соответственно диаграмма сопротивлений, векторная топографическая диаграмма напряжений и диаграмма мощностей для произвольно принятый значений сопротивлений цепи.

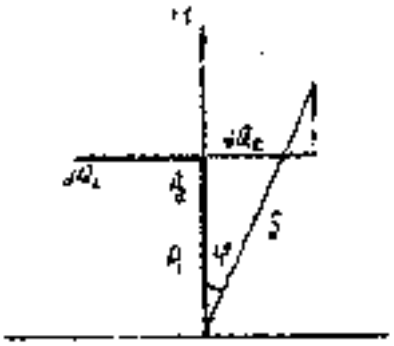


Рис. 2.1,с

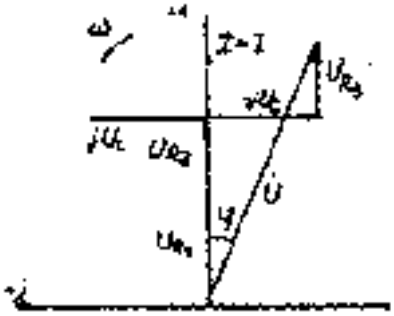


Рис. 2.1,в

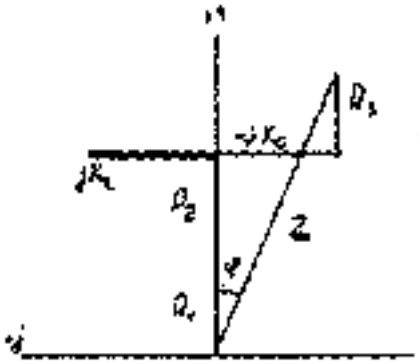


Рис. 2.1,а

2.2. Параллельное соединение в цепи синусоидального тока

На рис. 2.2 представлена разветвленная электрическая цепь.

Исходные данные к задаче 2.2 приведены в табл. 2.2.

Необходимо:

1. Составить комплексное уравнение проводимостей. Построить диаграмму проводимостей.

2. Составить комплексное уравнение токов, построить векторную лиаграмму токов. Записать ток на входе цепи а алгебраической и показательной формах.

3. Составить комплексное уравнение мощности, построить диаграмму мощности. Рассчитать: P, Q, S, cosφ.

4. Записать уравнение для напряжения и тока всей цели в функции времени. На одном рисунке построить графики напряжения и тока $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t),\ f = 50 Гц, \psi_1 = 0$

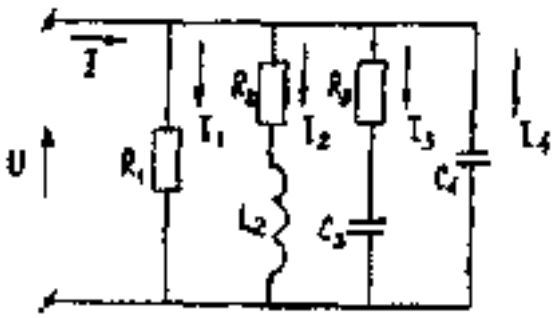


Рис. 2.2. Разветвленная электрическая цепь

Методические указания

Рекомендуемая последовательность решения и расчетные формулы:

Вычисляют комплексы проводимостей параллельных ветвей

$$\underline{Y}_1 = 1/\underline{Z}_1 = 1/R_1 = g_1$$

$$\underline{Y}_2 = 1/\underline{Z}_2 = 1/(R_2 + jX_{L2}) = R_2/Z_2^2 - jX_{L2}/Z_2^2 = g_2 - jb_{L2} \quad (2.6)$$

$$\underline{Y}_3 = 1/\underline{Z}_3 = 1/(R_3 - jX_{C3}) = R_3/Z_3^2 - jX_{C3}/Z_3^2 = g_3 - jb_{C3}$$

$$\underline{Y}_4 = 1/\underline{Z}_4 = 1/(-jX_{C4}) = jb_{C4}$$

где g_1, g_2, g_3, b_{L2}, b_{C3}, b_{C4} — активная, активная, индуктивная, активная, емкостная, емкостная проводимости ветвей рассматриваемой цепи, См.

Вычисляют полную проводимость цепи в комплексной форме

$$\underline{Y} = g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \quad (2.7)$$

Записывают комплекс напряжения, приложенного к цепи при начальной фазе $\psi_u = 0$ как $\dot{U} = U$

Вычисляют полный ток цепи в комплексной форме (по первому закону Кирхгофа), А

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = U\underline{Y} = U\begin{bmatrix} g_1 + (g_2 - jb_{L2}) + \\ + (g_3 + jb_{C3}) + jb_{C4} \end{bmatrix} = \quad (2.8)$$

$$= I_{a1} + (I_{a2} - jI_{L2}) + (I_{a3} + jI_{C3}) + jI_{C4}$$

Исходные данные к задаче

Таблица 2.2

Вари-ант	R_1, Ом	R_2, Ом	L, Гн	C, мкФ	R_3, Ом	U_{R1}, В	U_{R3}, В
1	5	3	4	16	12	25	100
2	10	8	6	16	12	20	100
3	16,7	6	8	12	16	16,7	100
4	20	16	12	4	3	10	100
5	25	12	16	3	4	25	100
6	5	12	16	4	3	20	100
7	10	16	12	3	4	16,7	100
8	16,7	6	8	16	12	10	100
9	20	8	6	6	8	5	100
10	25	3	4	6	8	5	100
11	5	4	3	16	12	10	100
12	10	4	3	12	16	16,7	100
13	16,7	3	4	8	6	20	100
14	20	8	6	4	3	25	100
15	25	6	8	12	16	25	100
16	5	16	12	8	6	20	100
17	10	16	12	6	8	16,7	100
18	16,7	12	16	3	4	10	100
19	20	12	16	6	8	10	100
20	25	6	8	3	4	5	100
21	10	6	8	12	16	10	100
22	16,7	16	12	16	3	5	100
23	20	12	6	4	8	15	100
24	25	8	6	3	4	20	100

Вычисляют полную мощность цели в комплексной форме

$$S = \dot{U} \cdot \dot{I} = U\left[I_{a1} + \left(I_{a2} + jI_{L2}\right) + \left(I_{a3} - jI_{C3}\right) + jI_{C4}\right] = \quad (2.9)$$
$$= P_1 + \left(P_2 + jQ_{L2}\right) + \left(P_3 - jQ_{C3}\right) - jQ_{C4}$$

где İ - сопряженный комплекс тока. Сопряженный комплекс — это исходный комплекс у которого знак мнимой составляющей меняется на противоположный.

В соответствии с данными вычислений по формулам (2.7), (2.8), (2.9) строят на комплексных плоскостях раздельно диаграммы проводимостей, токов и мощностей.

Первоначально откладывают в масштабе (m_u) комплекс напряжений $\mathring{U} = U$ ($\psi_u=0$) в положительном направлении оси вещественных чисел, затем (например для векторной диаграммы токов), откладывают в масштабе (m_i) токи I_{a1}, I_{a2}, $-jI_{L2}$, I_{a3}, $+jI_{C4}$. Полный ток цепи (замыкающий вектор) отстает по фазе от напряжения при $b_{L2} > (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi>0$) и опережает по фазе напряжение при $b_{L2} < (b_{C3}+b_{C4})$ ($\varphi<0$)

На рис.2.2,а, рис.2.2,в, рис.2.2,с построенных, соответственно, диаграмма проводимостей, векторная диаграмма токов и диаграмма мощностей для произвольно принятых значений проводимостей цепи.

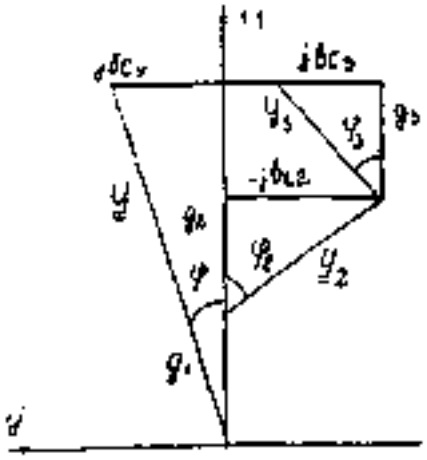


Рис. 2.2.а

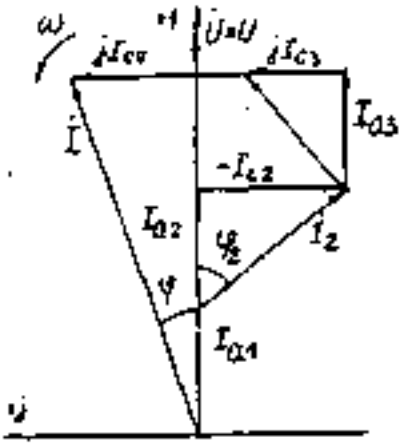


Рис. 2.2.в

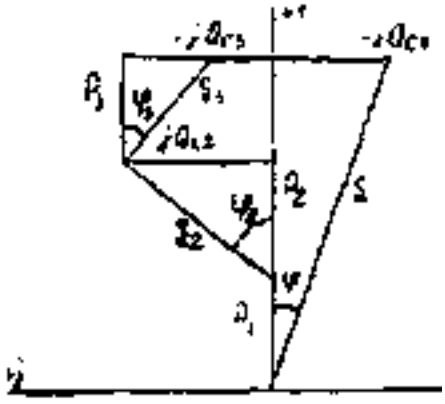


Рис. 2.2.с

2.3. Разветвленная цепь синусоидального тока

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 2.3) с известными параметрами (табл. 2.4) определить токи в ветвях и полный ток, напряжение на участках цепи, мощности активные, реактивные и полные отдельных ветвей и всей цепи. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

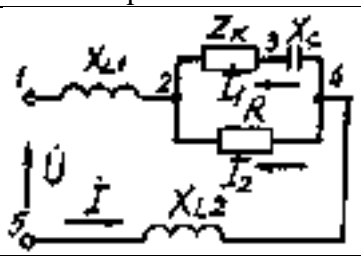
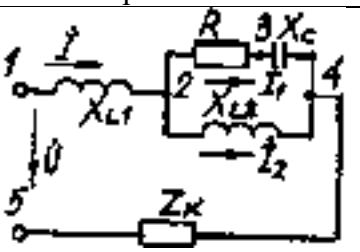
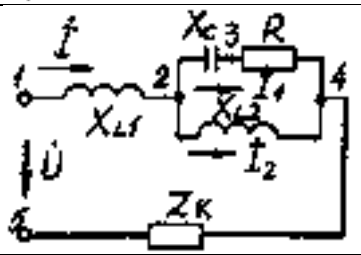
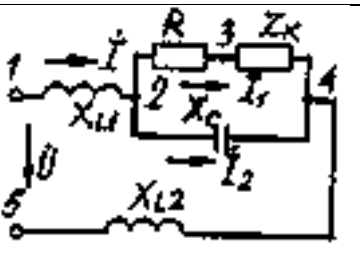
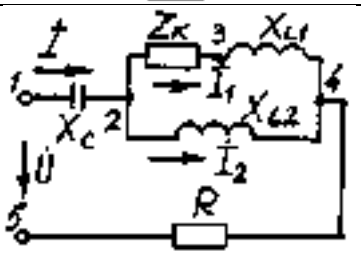
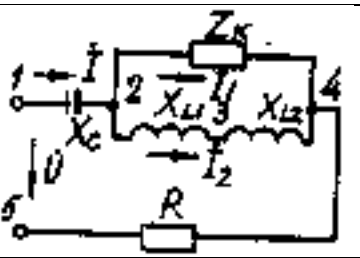
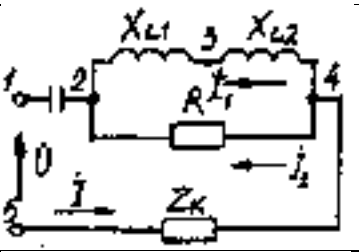
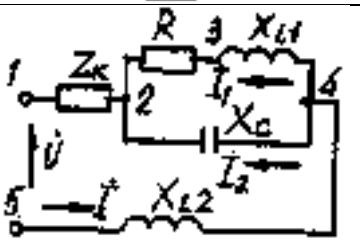
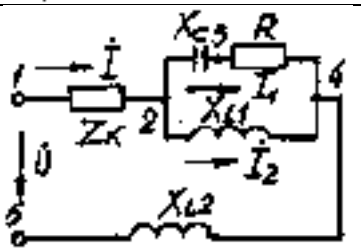
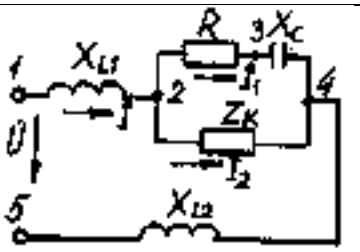
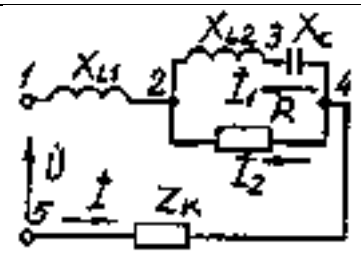
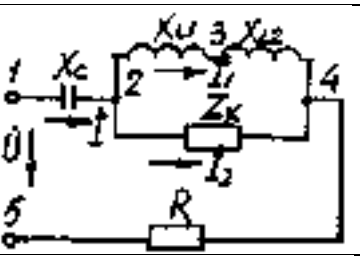
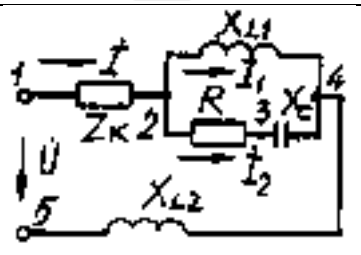
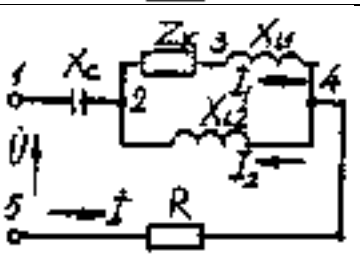
Методические указания.

Решить задачу, используя символический метод расчета для действующих значений напряжений и токов.

Вектор приложенного к цепи напряжения рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $U=U$.

Заданную задачу, можно решить, используя метод составления уравнений электрического равновесия по законам Кирхгофа, метод преобразования электрической схемы или другие известные методы.

Таблица 2.3.

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	

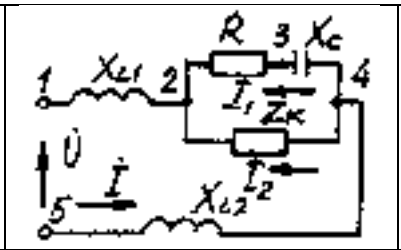
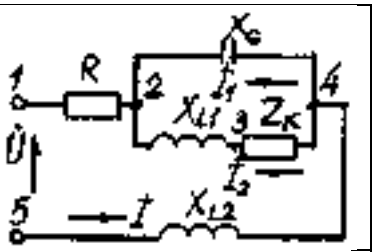
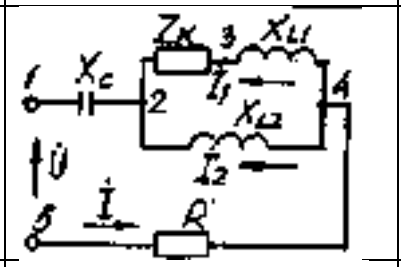
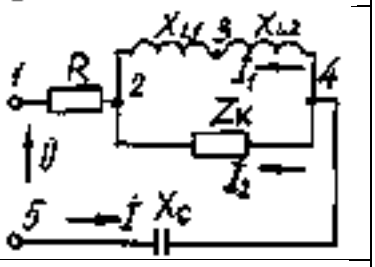
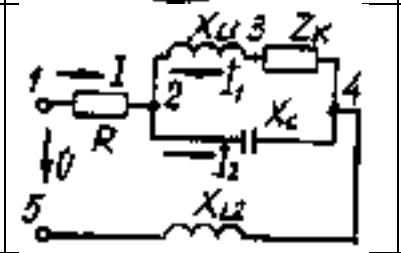
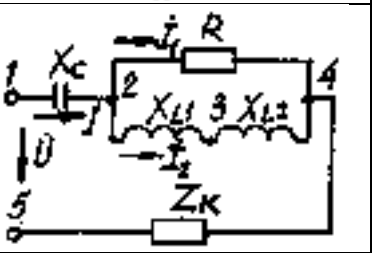
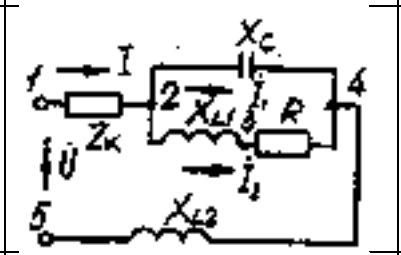
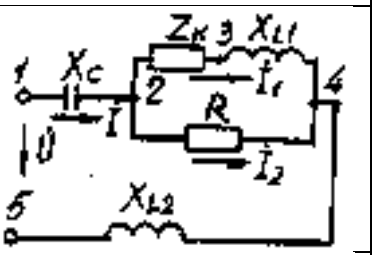
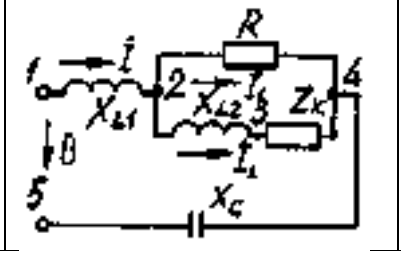
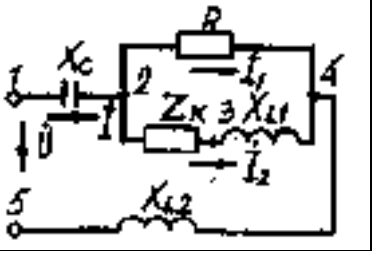
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

Таблица 2.4

Номер вариа-нта	Значение параметров						
	U, В	R, Ом	X_{L1}, Ом	X_{L2}, Ом	X_C, Ом	R_K, Ом	X_{LK}, Ом
1	160	18	23	10	8	15	7
2	180	30	23	18	43	13	12
3	200	12	46	31	18	10	20
4	260	2	14	27	13	9	12
5	100	14	12	15	31	21	14
6	380	19	16	27	15	15	16
7	140	13	62	3	35	12	22
8	120	8	25	3	14	10	11
9	220	3	8	26	4	6	33
10	20	16	40	25	44	6	7
11	400	16	2	35	55	11	16
12	240	31	7	23	14	2	7
13	320	19	22	10	17	9	12
14	380	20	19	20	23	9	42
15	60	21	63	7	29	8	37
16	40	44	32	12	54	16	10
17	300	35	36	27	33	71	27
18	280	11	51	14	7	21	34
19	80	13	64	82	25	12	46
20	240	16	42	11	91	46	9
21	100	16	18	23	13	10	24
22	200	7	5	18	38	14	20
23	180	21	22	14	25	6	11
24	160	24	92	46	85	27	10

Пример решения задачи

Для заданной электрической цепи (рис. 2.3) с параметрами: U=100 В; $R_к$ =6 Ом; X_{L1}= 6 Ом; R_1 = 8 Ом; X_C=6 Ом; X_C=10 Ом; X_{L2} =11 Ом определить токи в ветвях, напряжения на участках цепи, активные, реактивные и полные мощности. Построить векторную диаграмму токов и векторную топографическую диаграмму напряжений цепи.

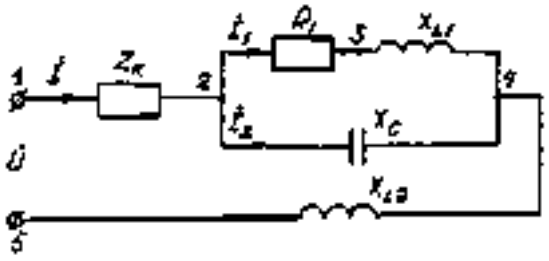


Рис. 2.3. Схема электрической цепи

Задаемся условным положительным направлением токов в ветвях. Выбираем два независимых контура (1-2-3-4-5-1, 2-3-4-2). Для определения трех неизвестных токов *(İ, İ1, İ2)*, 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

$\dot{I}_1=(-1-j5,5)=5,59e^{-j100°}$,

$\dot{I}_2=(5-j2,5)=5,59e^{j27°}$,

$\dot{I}=(4-j3)=5e^{-j37°}$А.

Определяем падения напряжения на отдельных участках цепи, В:

$\dot{U}_{12}=\dot{I}^*\underline{Z}_К=(4-j3)(6+j6)=(42+j6)=42,4e^{j8°}$;

$\dot{U}_{23}=\dot{I}_1^*R_1=(-1-j5,5)8=(8-j44)=42^{-j100°}$;

$\dot{U}_{34}=\dot{I}_1^*jX_{L1}=(-1-j5,5)j6=(33-j6)=33,54e^{-j10°}$;

$\dot{U}_{24}=(25-j50)=55,9e^{-j63°}$;

$\dot{U}_{45}=\dot{I}^*jX_{L2}=(4-j3)j11=(33+j44)=55e^{53°}$.

Проверка решений, В:

$\dot{U}=\dot{U}_{12}+\dot{U}_{23}+\dot{U}_{34}+\dot{U}_{45}=100$.

Определяем мощности, ВА:

$\underline{S}_{12}=\dot{U}_{12}\cdot\dot{I}=42,4\ e^{j8°}\cdot5e^{j37°}=212e^{j45°}=150+j150$;

$\underline{S}_{24}=\dot{U}_{24}\dot{I}_1+\dot{U}_{24}\cdot\dot{I}_2=55,9e^{-j63°}\cdot5,59e^{j100°}+55,9e^{-j63°}\cdot5,59e^{-j27°}=313e^{j37°}+313e^{-j90°}=250+j188-j313;$

$\underline{S}_{45}=\dot{U}_{45}\cdot\dot{I}=55\ e^{j53°}\cdot5e^{j37°}=275e^{j90°}=j275$;

$\underline{S}=\underline{S}_{12}+\underline{S}_{24}+\underline{S}_{45}=150+j150+250+j188-j313+j275=400+j613-j313=P+jQ_L-jQ_C$.

$\underline{S}=\dot{U}\cdot\dot{I}=100\ 5e^{j37°}=500e^{j37°}=(400+j300)$.

где *İ*- сопряженные комплексы токов.

Строим векторные диаграммы токов и напряжений (рис. 2.4).

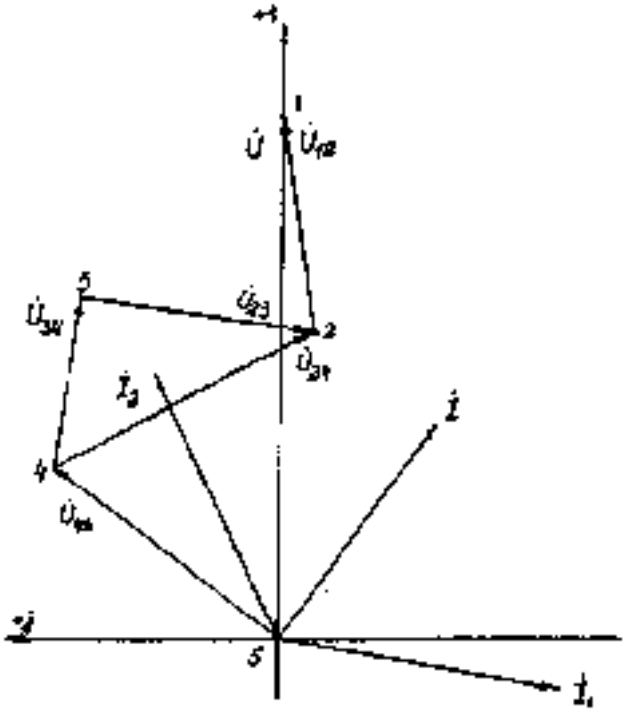


Рис. 2.4. Векторная диаграмма токов и напряжений

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.

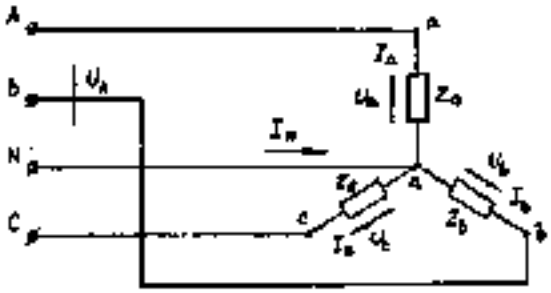


Рис. 3.1. Соединение фаз приемника звездой

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.

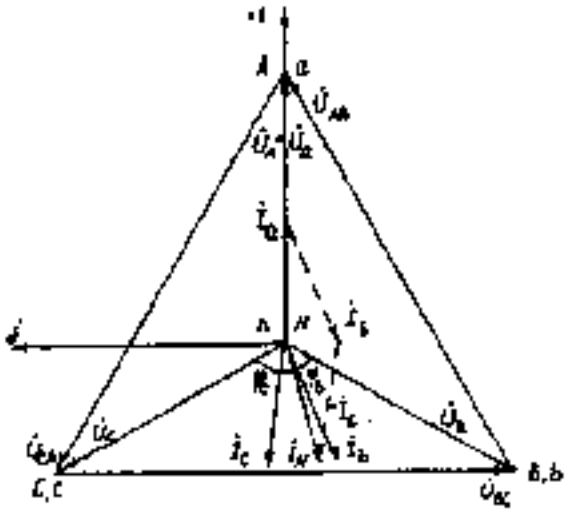


Рис. 3.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

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.

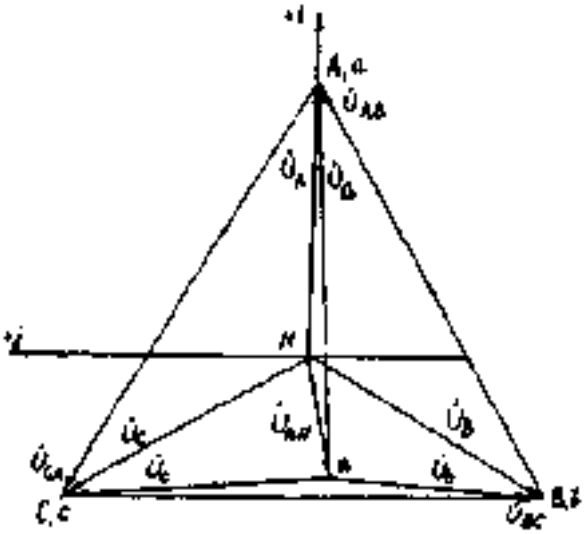


Рис. 3.3. Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки

3.2. Расчет трехфазных линейных электрических цепей при соединении фаз приемника треугольником

Номер вариа-нта	Значения параметров									
	U_A, В	Сопротивление фазы «a», Ом			Сопротивление фазы «b», Ом			Сопротивление фазы «c», Ом		
		R	X_L	X_C	R	X_L	X_C	R	X_L	X_C
1	220	6	8	-	-	-	20	22	-	-
2	220	20	-	-	12	16	-	16	-	12
3	220	-	-	10	3	-	4	8	6	-
4	220	-	22	-	-	-	22	22	-	-
5	380	19	-	.	12	-	16	20	15	-
б	380	-	-	38	15	-	20	20	-	-
7	380	20	15	-	38	-	-	24	-	32
8	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
9	220	-	-	22	-	22	-	22	-	-
10	220	20	-	-	20	-	-	-	-	20
11	220	-	-	10	6	8	.	8	-	б
12	220	3	4	-	-	-	5	4	3	-
13	380	12	16	-	16	-	12	20	-	-
14	380	-	-	19	19	-	-	-	19	-
15	380	-	38	-	-	-	38	38	-	-
16	380	20	15	-	15	-	20	20	-	-
17	220	-	-	20	20	-	.	-	20	-
18	220	12	-	16	16	12	-	20	-	-
19	220	-	-	5	6	8	-	8	-	б
20	220	6	8	-	8	-	6	10	-	-
21	380	24	32	-	19	.	-	32	-	24
22	380	-	-	38	32	24	-	24	.	32
23	380	38	-	-	-	38	-	-	-	38
24	380	-	38	-	24	-	32	19	-	-

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 3.4) с известными параметрами (табл. 3.2) определить линейные и фазные токи.

Вычислить активную, реактивную и полную мощности трехфазной цепи. Построить векторную диаграмму линейных и фазных напряжений и токов генератора и приемника.

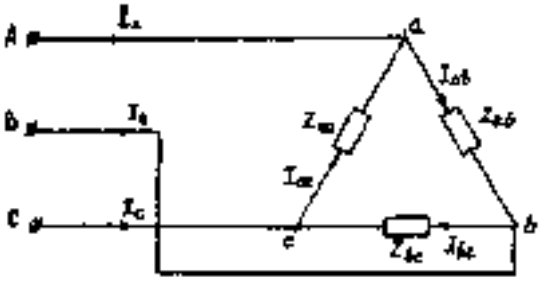


Рис. 3.4. Соединение фаз приемника треугольником

Методические указания.

Задачу решить, используя символический метод расчета.

Фазные напряжения приемника принять равными линейным напряжениям генератора (т. е. сопротивлениями соединенных проводов пренебречь).

Вектор линейного напряжения $\mathring{U}_{AB}$ рекомендуется совместить с положительным направлением оси вещественных чисел, т. е. $\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}$

Трехфазную систему линейных и фазных напряжений генератора и приемника принять как симметричную трехфазную систему напряжений (т. е. напряжения равны по модулю и сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120°).

Последовательность решения.

Начертить схему, конкретизируя нагрузку фаз приемника в соответствии с заданием.

Записать комплексы фазных напряжений приемника

$$\mathring{U}_{ab}=\mathring{U}_{AB}=U$$
$$\mathring{U}_{bc}=\mathring{U}_{BC}=Ue^{-j120°}$$
$$\mathring{U}_{ca}=\mathring{U}_{CA}=Ue^{j120°}$$

Вычислить фазные токи приемника по формулам:

$$\dot{I}_{ab}=\mathring{U}_{ab}/\underline{Z}_{ab};$$
$$\dot{I}_{bc}=\mathring{U}_{bc}/\underline{Z}_{bc};$$
$$\dot{I}_{ca}=\mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}.$$

Вычислить линейные токи по формулам:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}.$$

Вычислить активную мощность цепи по формуле

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})$$

Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Пример решения задачи

Трехфазная нагрузка соединена треугольником. Задано линейное напряжение генератора $\mathring{U}_{AB}$ = 380В, $\underline{Z}_{ab} = 22$ *Ом,* $\underline{Z}_{bc}$=(16 +j12) Ом, Z_{CA} = (16 *–j12)* Ом. Определить фазные и линейные токи, активную мощность цепи. Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Записываем комплексы фазных напряжений приемника, В

$$\mathring{U}_{ab}= \mathring{U}_{AB}=380;$$
$$\mathring{U}_{bc}= \mathring{U}_{BC}=380e^{-j120°};$$
$$\mathring{U}_{ca}= \mathring{U}_{CA}=380e^{j120°}.$$

Вычисляем фазные токи приемника по формулам, А:

$$\dot{I}_{ab}= \mathring{U}_{ab}/ \underline{Z}_{ab}=380/22=17,3;$$
$$\dot{I}_{bc}= \mathring{U}_{bc}/ \underline{Z}_{bc}=380e^{-j120°}/(16+j12)=(-17,5-j7,5)=19e^{-j157°};$$
$$\dot{I}_{ca}= \mathring{U}_{ca}/\underline{Z}_{ca}=380e^{j120°}/(16-j12)=(-17,5+j7,5)=19e^{j157°.}$$

Вычисляем линейные токи по формулам, А:

$$\dot{I}_A= \dot{I}_{ab}- \dot{I}_{ca}17,3-(-17,5+j7,5)=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j12°};$$
$$\dot{I}_B= \dot{I}_{bc}- \dot{I}_{ab}=(-17,5+j7,5)-17,3=(34,8-j7,5)=35,6e^{-j168°};$$
$$\dot{I}_C= \dot{I}_{ca}- \dot{I}_{bc}=(-17,5+j7,5)- (-17,5+j7,5)=j15.$$

Вычисляем активную мощность цепи по формуле , Вт:

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})=Re(380\cdot17,3)+Re(380e^{-j120°}\cdot19e^{j157°})+Re(380e^{j120°}\cdot19e^{-j157°})=6600+5776+5776=18152.$$

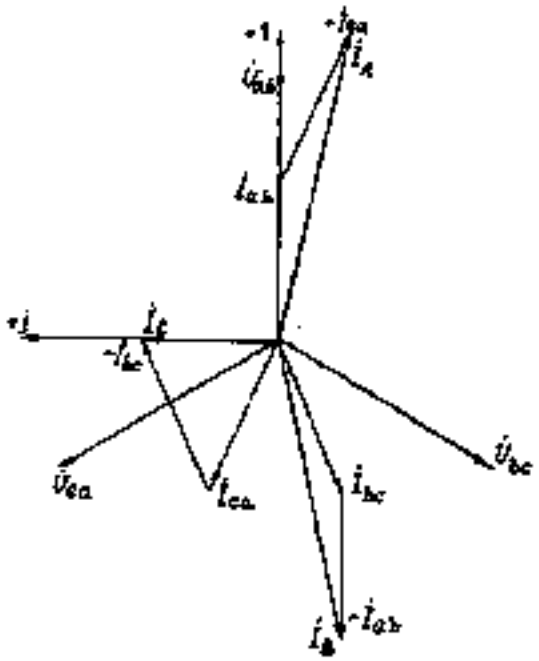


Рис. 3.5. Векторная диаграмма напряжений и токов

Задача 4. РАСЧЕТ СЛОЖНЫХ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Номер вариан-та	Исходные данные					
	$U_Л$, В	$Z_{Л1}$, Ом	$Z_{Л2}$, Ом	Z_2, Ом	P_1, кВт	$\cos\varphi_1$
1	127	0,8	1,4+ j1,0	4+ j6	3	0,7
2	220	0,9	1,2+j1,4	6+j8	5	0,5
3	380	0,7	1,6+j1,4	9+j12	6	0,8
4	660	0,2	1,8+j2,0	16+j16	18	0,9
5	127	1,2	1,0+j1,4	4+ j3	4	0,5
б	220	1,1	1,4+j1,2	6+j10	б	0,6
7	380	0,9	1,6+j1,2	10+j14	8	0,7
8	660	0,7	1,8+j1,6	18+j16	16	0,8
9	127	1,0	1,2+j1,0	2+ j3	3	0,5
10	220	1,3	1,4+j1,8	7+ j6	б	O,5
11	380	0,8	1,0+j1,8	12+j16	10	0,5
12	660	0,3	1,8+j1,4	16+j20	14	0,7
13	127	1,4	1,4+j2,0	5+ j3	4	0,6
14	220	1,5	1,6+j1,0	8+j6	5	0,6
15	380	0,6	1,2+j1,6	16+j8	8	0,6
16	660	0,4	1,8+j1,2	20+j20	12	0,6
17	127	0,6	1,0+j1,6	5+j4	2	0,5
18	220	1,6	1,2+j2,0	9+ j6	8	0,5
19	380	0,5	1,8+j1,0	12+j10	14	0,8
20	660	0,5	1,6+j2,0	20+j24	10	0,6
21	127	0,4	1,2+j1,8	6+j4	2	0,7
22	220	1,8	1,2+j1,6	9+j7	7	0,8
23	380	0,7	1,0+j1,2	14+j10	12	0,8
24	660	0,6	1,6+j1,8	18+j24	16	0,7

Условие задачи.

К зажимам симметричного трехфазного источника энергии присоединены два симметричных приемника (рис. 4.1). Первый из них соединен по схеме «звезда», потребляет активную мощность P_1 при коэффициенте мощности $\cos\varphi$ ($\varphi_1 > 0$) и подключен непосредственно к зажимам источника. Второй приемник соединен по схеме "треугольник", имеет нагрузку в каждой фазе Z_2 и подключен к источнику энергии через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л2}$.

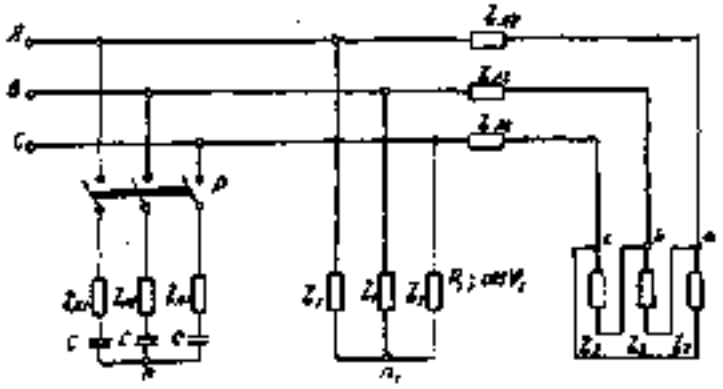


Рис. 4.1. Электрическая схема трехфазных потребителей

Для повышения коэффициента мощности приемников до единицы к тому же источнику через линию электропередачи с сопротивлением $Z_{Л1}$ в каждой фазе подключается батарея конденсаторов С, соединенная по схеме "звезда".

Определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Методические указания.

Задачу решить комплексным методом, совместив один из векторов фазного или линейного напряжений источника энергии с положительным направлением оси вещественных чисел. Для определения линейных и фазных токов и напряжений второго приемника рекомендуется провести эквивалентные преобразования треугольника в звезду.

Последовательность решения.

Записать линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме. Провести соответствующие эквивалентные преобразования второго приемника. Определить линейные токи приемников при отключенной батарее конденсаторов. Определить падение напряжений в проводах линии электропередачи $Z_{Л2}$. Определить фазные токи второго приемника. Определить реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы. Определить емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Определить линейные токи источника энергии при включении батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника энергии и приемников.

Пример решения задачи

Для заданной электрической схемы трехфазных потребителей (рис. 4.1) по известным параметрам: $U_Л$= 220 В; $\underline{Z}_{Л1}$= 1,7 Ом; $\underline{Z}_{Л2}$= (1,4+j1,6) Ом; $\underline{Z}_2$= (9+j7) Ом; P_1= 4 Вт; cos φ_1=0,7; определить линейные и фазные токи и напряжения приемников при отключенной батарее конденсаторов и при включении ее; реактивную мощность в фазе батареи конденсаторов, необходимую для повышения коэффициента мощности приемников до единицы; емкость и ток в фазе батареи конденсаторов. Построить векторную топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов источника и приемников электрической энергии.

1. Выразим линейные и фазные напряжения источника энергии в комплексной форме, В

$$U_ф=\frac{U_Л}{\sqrt{3}}=\frac{220}{\sqrt{3}}=127.$$

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

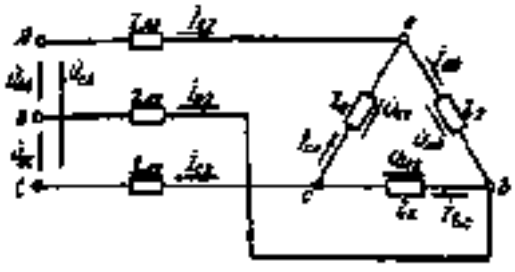


Рис. 4.2. Треугольник сопротивлений второго приемника

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).

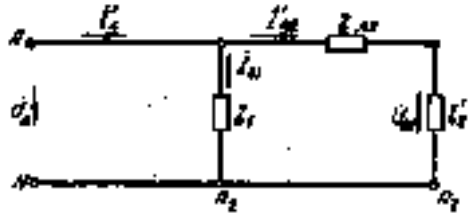


Рис. 4.3. Расчетная схема токов в фазе А

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).

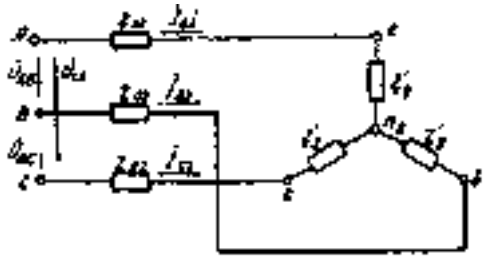


Рис. 4.4. Эквивалентная звезда второго приемника

Фазные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{a2}=\dot{U}_A-\dot{I}_{A2}\cdot\underline{Z}_{л2}=127-21{,}52e^{-j41°48'}\cdot 2{,}13e^{j48°49'}=81{,}59-j5{,}58=81{,}78e^{-j3°55'};$

$\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j123°55'};$

$\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{j116°05'}.$

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:

$\underline{Z}=\underline{Z}_{л1}-jX_C = 1{,}7 - j4{,}41 = 4{,}73e^{-j68°55'}$.

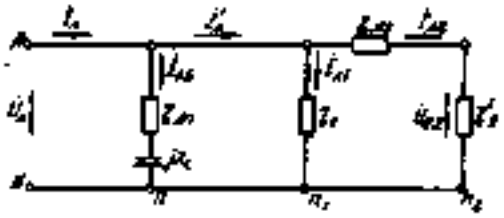


Рис. 4.5. Расчетная схема токов в фазе А с учетом батареи конденсаторов

9. Определяем фазные токи батареи конденсаторов, А:

$$\dot{I}_{Аб} = \frac{\dot{U}_A}{\underline{Z}_б} = \frac{127}{4{,}73e^{-j68°55'}} = 9{,}66 + j25 = 26{,}85e^{68°55'};$$

$$\dot{I}_{Bб}=26{,}85e^{j51°05'}\text{А};\ \dot{I}_{Cб}=26{,}85e^{j188°55'}.$$

10. Определяем фазные (линейные) токи источника энергии при включенной батарее конденсаторов (см. рис. 4.5), А;

$$\dot{I}_A=\dot{I}_{Aб}+I'_A=9{,}66+j25+26{,}5-j25=36{,}16;$$
$$\dot{I}_B=36{,}16e^{-j120°};\ \dot{I}_C=36{,}16e^{j120°}.$$

Данные расчета показывают, что фазные токи и напряжения источника совпадают по фазе. Следовательно, параметр емкости С в фазе батареи конденсаторов, необходимый для повышения коэффициента мощности приемников до единицы, выбран верно.

11. Строим векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений для источника и приемников электрической энергии (рис. 4.6).

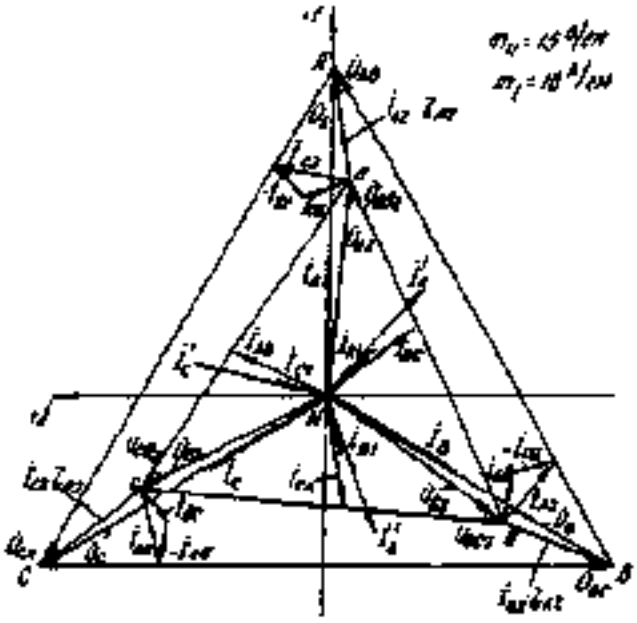


Рис. 4.6. Векторная диаграмма

На комплексной плоскости откладываем комплексные значения токов (векторы токов) и напряжений (векторы напряжений) в выбранных предварительно масштабах. Наиболее удобными в рассматриваемом расчете являются: масштаб напряжений m_U = 15 В/см и масштаб тока m_I = 10 А/см. Векторы токов второго приемника направляем из вершин треугольника напряжений *a, b, c* . Все остальные векторы токов - из начала координат.

Задача 5. РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Номер вариа-нта	Значение параметров						
	R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	R_4, Ом	C, мкФ	L, мГн	U, В
1	50	-	50	-	170	-	100
2	25	25	25	-	.	125	100
3	25	25	25	-	40	-	100
4	50	50	50	-	-	250	100
5	50	50	50	50	60	-	100
6	50	50	50	-	-	250	100
7	25	25	25	-	180	-	100
8	50	50	50	-	-	125	100
9	25	25	25	25	100	-	100
10	25	25	25	-	-	250	100
11	50	50	50	-	90	-	100
12	25	25	25	-	-	250	100
13	25	25	-	-	110	-	100
14	25	25	-	-	-	125	100
15	20	50	10	50	-	125	100
16	50	10	50	15	260	-	100
17	50	25	50	-	-	125	100
18	50	50	50	-	120	-	100
19	50	50	50	-	-	125	100
20	25	-	25	-	190	-	100
21	25	50	25	-	-	125	100
22	50	50	50	-	-	125	100
23	50	50	50	-	60	-	100
24	50	50	50	-	180	-	100

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы из табл. 5.1 с известными параметрами (табл. 5.2) рассчитать переходный процесс классическим и операторным методами, определить законы изменений токов и напряжений во времени. Построить эти зависимости.

Последовательность решения классическим методом расчета.

Составить систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для электрической цепи, получающейся после коммутации, при этом использовать соотношения $u_L = L\,di/dt$, $i = Cdu_c/dt$.

Подставить числовые значения заданных параметров в систему уравнений.

Решить систему уравнений относительно тока через индуктивность (напряжения на емкости), в результате получается неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением неоднородного дифференциального уравнения является сумма частного (принужденная составляющая) и общего (свободная составляющая) решения однородного дифференциального уравнения.

Принужденная составляющая определяется расчетом в послекоммутационной электрической цепи в установившемся режиме.

Свободная составляющая при решении однородных дифференциальных уравнений первого порядка определяется как

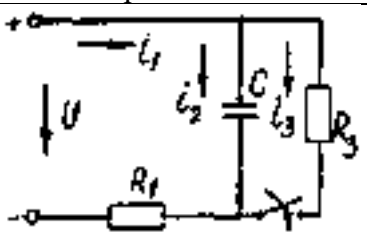
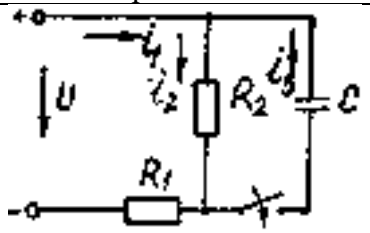
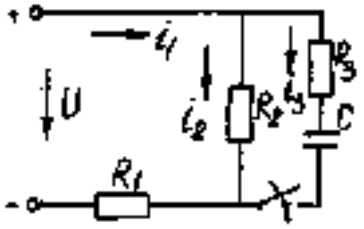
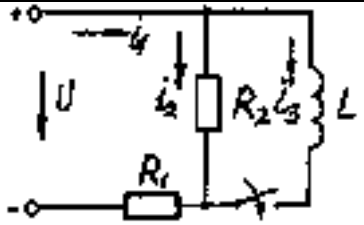
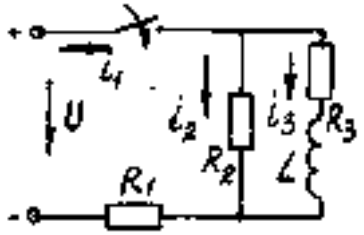
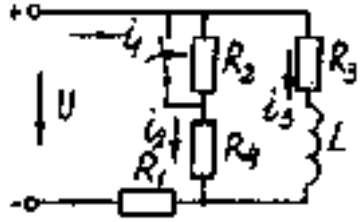
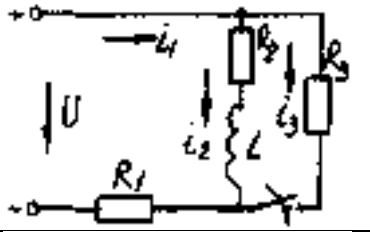
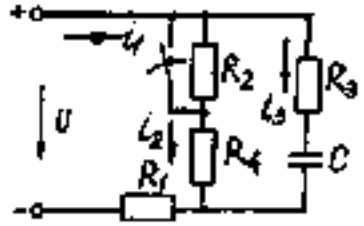
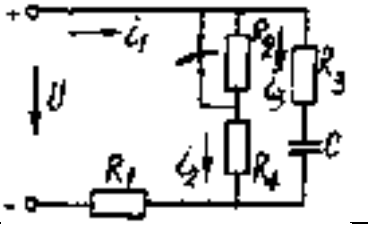
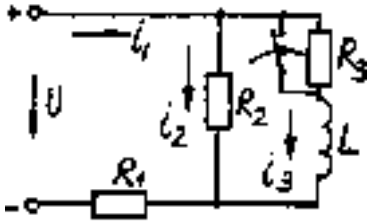
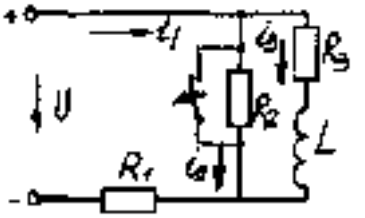
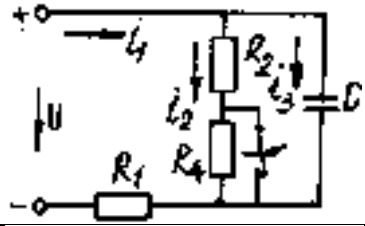
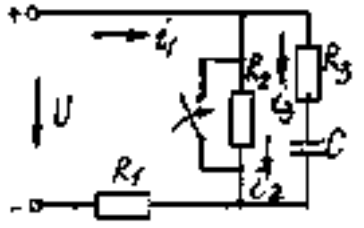
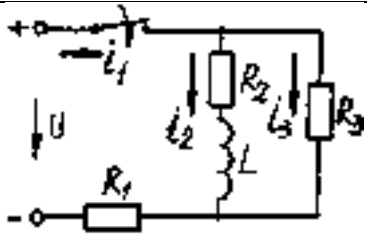
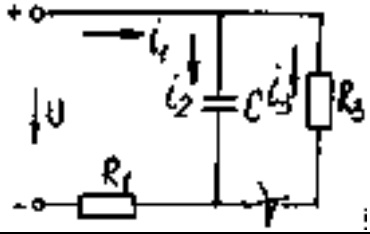
$$Ae^{pt}$$

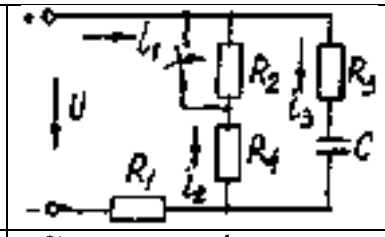
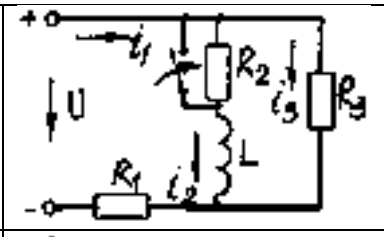
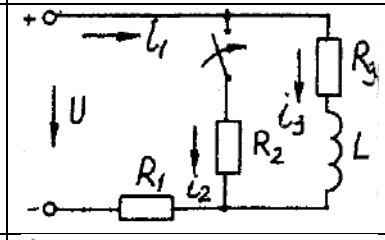
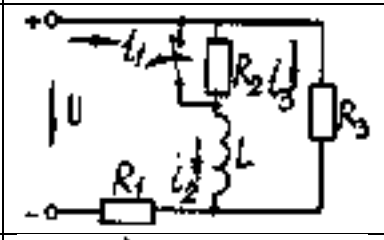
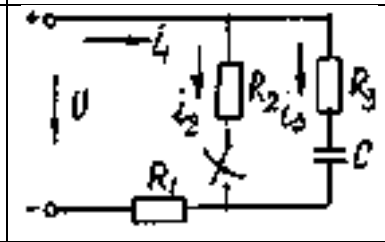
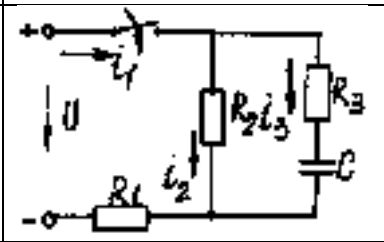
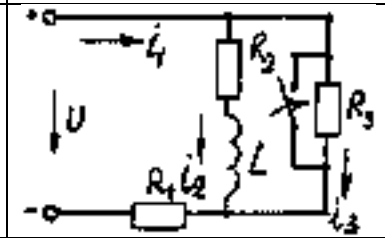
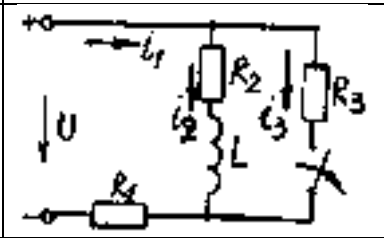
где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения.

Характеристическое уравнение составляется по однородному дифференциальному уравнению.

Последовательность решения операторным методом расчета.

Расчетные формулы и последовательность решения этим методом приведены в примерах расчета цепей, содержащих индуктивность и емкость.

№	Схема варианта	№	Схема варианта
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	

9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

Пример расчета цепи, содержащей индуктивность (рис. 5.1).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ = 25 Ом; L = 0,25 Гн.

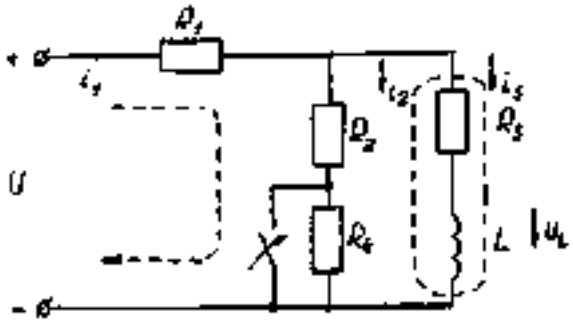


Рис. 5.1. Схема электрической цепи

Определить законы изменения токов, напряжения u_L при переходе цепи от одного установившегося состояния к другому классическим и операторными методами. Построить эти зависимости.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации:

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2 R_2 = U; \\ i_2 R_2 - u_L - i_3 R_3 = 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

Решаем систему уравнений относительно тока через индуктивность i_3 (избавляемся от токов i_2 и i_1)

$$(R_1+R_2)\, u_L + [R_1R_2 + R_1(R_1 + R_2)]\, i_3 = R_2U$$

Решение упрощается, если в систему уравнений (5.1) подставить заданные числовые значения;

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ 25i_1 + 25i_2 = 100; \\ 25i_2 - u_L - 25i_3 = 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Решая систему уравнений (5,2), получаем

$$2u_L+75i_3=100. \quad (5.3)$$

Подставив соотношение $u_L = Ldi_3/dt$ в уравнение (5.3), получим

$$2Ldi_3/dt + 75i_3= 100,$$

и окончательно получаем неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt + 150i_3=200. \quad (5.4)$$

Решением уравнения (5.4) является сумма принужденной и свободной составляющих тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= i_3(t)_{пр}+ i_3(t)_{св}. \quad (5.5)$$

Принужденная составляющая тока определяется из уравнения (5.4) как новое установившееся значение по окончании переходного процесса

$$i_3(t)_{пр} = 200/150 =1,33 \text{ А}. \quad (5.6)$$

Запишем однородное дифференциальное уравнение первого порядка

$$di_3/dt+150\, i_3= 0 \quad (5.7)$$

и характеристическое уравнение

$$p+150=0. \quad (5.8)$$

Свободная составляющая тока определяется как

$$i_3\,(t)_{св}=Ae^{pt}, \quad (5.9)$$

где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения (5.8), p = -150; τ - постоянная времени электрической цепи, τ = 1/150.

Постоянная интегрирования определяется из начальных условий, исходя из первого закона коммутации (ток через индуктивность при коммутациях не меняется скачком).

С учетом уравнений (5.6) и (5.9) уравнение (5.5) запишем как

$$i_3\,(t) = 1,33+A\, e^{-150t}.$$

Значение тока $i_3(0)$ определяем, рассчитывая цепь до коммутации

$$i_3(0)=1,6\text{А}.$$

По первому закону коммутации $i_3\,(0) = i_3\,(0)_{пр} + i_3\,(0)_{св} = 1,6$ А, $i_3(0) = 1,33 + A\, e^{-150t} = 1,6$, откуда $A = 1,6 - 1,33 = 0,27$.

Окончательно

$$i_3\,(t)= 1,33 + 0,27\, e^{-150t};$$
$$u_L(t)=Ldi_3/dt= 0,25\text{-}0,27(\text{-}150)\, e^{-150t} =\text{-}10\, e^{-150t};$$
$$u_2(t) = [u_3(t)R_3+ u_L(t)]/R_2 = 1,33 - 0,13\, e^{-150t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 2,66 + 0,14\, e^{-150t}.$$

Решение операторным методом.

На рис. 5.2 представлена операторная схема замещения цепи (см. рис. 5.1).

Составляется система уравнений в изображениях (в операторной форме)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + I_3(p); \\ I_1(p)R_1 + I_2(p)R_2 = U/p; \\ I_2(p)R_2 - L[pI_3(p) - i_3(0)] - I_3(p)R_3 = 0. \end{cases} \quad (5.10)$$

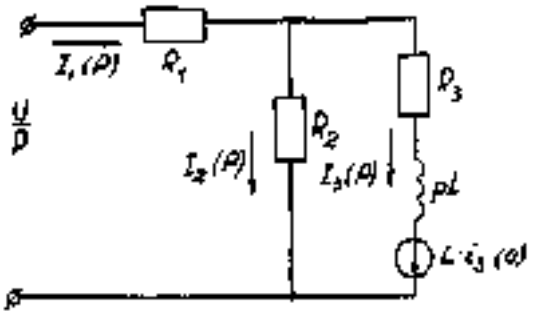


Рис. 5.2. Операторная схема замещения электрической цепи

Система уравнений решается относительно любого тока. Достаточно просто получаем уравнение в изображениях для тока через индуктивность, если использовать дифференциальное уравнение (5.4), из которого следует:

$$[pI_3(p) - i_3(0)]+150I_3(p)=200/p;$$

$$pI_3(p)+ 150I_3(p)= 200/p+ i_3(0)= 200/p+1,6$$

и окончательно

$$I_3(p)=(200+1,6p)/p(p+150)=F_1(p)/F_2(p), \quad (5.11)$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения тока $I_3(p)$ к оригиналу $i_3(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$i_3(t)=\Sigma\,([F_1(p)/F_2(p)]\cdot e^{p_k\cdot t}) \quad (5.12)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя, равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$P(p+150)=0,$$

откуда $p_1 =0$; $p_2= -150$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+150),$$

откуда $F_2'(p_1)=150$; $F_2'(p_2)= -150$.

Оригинал тока $i_3(t)$

$$i_3(t)= ([F_1(p_1)/F_2'(p_1)]\cdot e^{p_1 t})+ ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)]\cdot e^{p_2 t})=$$

$$= [(200 +1,6\ 0) / 150]e^{150t}+ [(200 +1,6\ (-150) / (-150)]\cdot e^{-150\cdot t} =$$

$$= 1,33 + 0,27\ e^{-150t}.$$

На рис. 5.3 представлены переходные характеристики токов и напряжения на индуктивности.

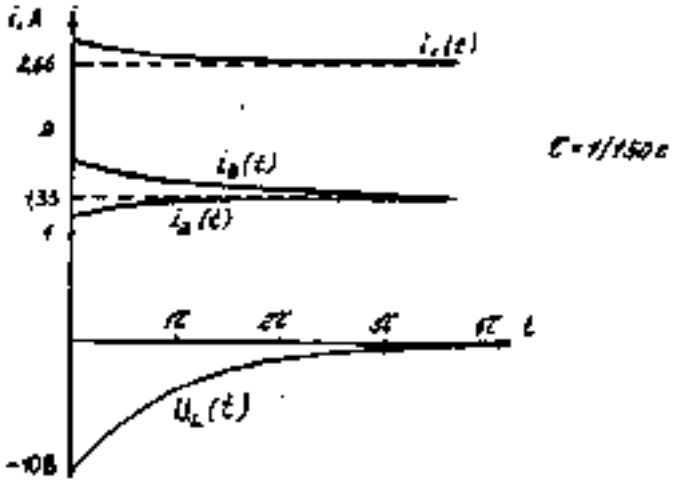


Рис. 5.3. Временные диаграммы токов и напряжения иа индуктивности

Пример расчета цепи содержащей емкость (рис. 5.4).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3$ = 50 Ом; С = 100 мкФ.

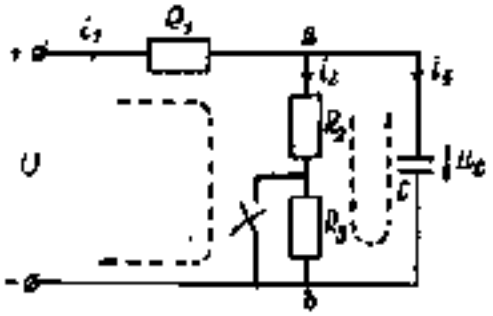


Рис. 5.4. Схема электрической цепи

Определить и построить следующие зависимости: $u_C(t)$, $u_1(t)$, $u_2(t)$, $u_3(t)$.

Решение классическим методом.

Составляем систему дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа (три уравнения для определения трех неизвестных токов) для цепи, получающейся после коммутации

$$\begin{cases} i_1 = i_2 + i_3; \\ i_1 R_1 + i_2(R_1 + R_2) = U; \\ i_2(R_2 + R_3) = u_C \end{cases} \quad (5.13)$$

Между током и напряжением на емкости существует соотношение

$$\begin{cases} i_3 = C\frac{du_C}{dt}; \\ i_1 = i_2 + i_3 = i_2 + 100 \cdot 10^{-6}\left(\frac{du_C}{dt}\right); \\ i_1 50 + i_2(50 + 50) = 100; \\ i_2(50 + 50) - u_C = 0. \end{cases} \quad (5.14)$$

Решаем систему уравнений (5.14) относительно напряжения на емкости

$$du_c / dt + 300u_c = 20000. \quad (5.15)$$

Уравнение (5.15) - неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка.

Решением уравнения (5.15) является сумма принужденной и свободной составляющих напряжения $u_C(t)$. Решение неоднородного дифференциального уравнения первого порядка рассмотрено выше для цепи с индуктивностью. По аналогии имеем

$$u_C(t) = u_C(t)_{пр} + u_C(t)_{св}. \quad (5.16)$$

Принужденная составляющая напряжения равна

$$u_C(t)_{пр} = 20000/300 = 66{,}7 \text{ В}.$$

Свободную составляющую напряжения находим из уравнения

$$u_C(t)_{СВ} = A\,e^{pt},$$

где $(p + 300) = 0$ - характеристическое уравнение; $p = -300$ - корень характеристического уравнения; τ - постоянная времени электрической цепи, $\tau = 1/300$; $u_C(0) = 50$ В, напряжение u_C в момент коммутации (определяется расчетом рассматриваемой цепи до коммутации):

$$u_C(t) = 66{,}7 + Ae^{-300t};$$

$u_C(0) = 66{,}7 + Ae^{p \cdot 0} = 50$В, откуда $A = -16{,}7$.

Окончательно имеем:

$$u_C(t) = 66{,}7 - 16{,}7 \cdot e^{-300t};$$
$$i_3(t) = C \cdot du_C/dt = 100 \cdot 10^{-6}(-16{,}7)(-300) \cdot e^{-300t} = 0{,}5 \cdot e^{-300t};$$
$$i_2(t) = u_{ав}(t)/(R_2 + R_3) = u_C(t)/(R_2 + R_3) = 0{,}667 - 0{,}167 \cdot e^{-300t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 0{,}667 + 0{,}333 \cdot e^{-300t}.$$

На рис. 5.5 представлены переходные характеристики токов и напряжения на емкости.

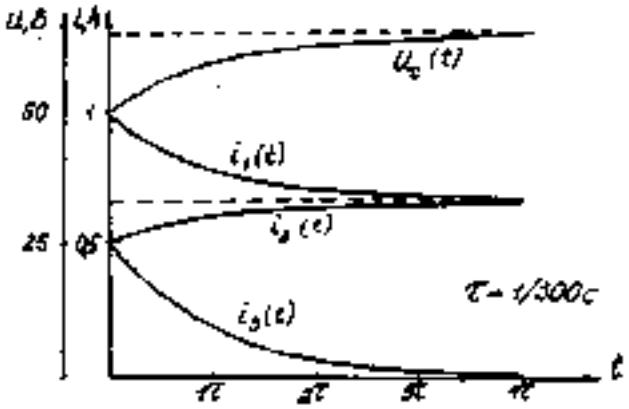


Рис. 5.5. Временные диаграммы токов и напряжения на емкости

Решение операторным методом.

Система уравнений в изображениях (в операторной форме) может быть составлена по операторной схеме замещения (рис. 5.6) или по системе дифференциальных уравнений (5.14)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + 100 \cdot 10^{-6}[pU_C(p) - u_C(0)]; \\ I_1(p)50 + [I_2(p)(50+50)] = \frac{100}{p}; \\ [I_2(p)(50+50)] - U_C(p) = 0. \end{cases} \quad (5.17)$$

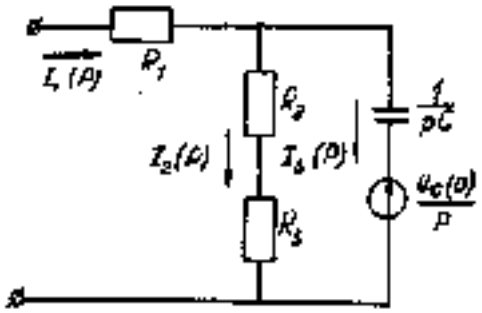


Рис. 5.6. Операторная схема замещения электрической цепи

Решаем систему алгебраических уравнений (5.17) относительно токов или напряжения на емкости $U_C(p)$.

Решение относительно напряжения $U_C(p)$ упрощается, если воспользуемся уравнением (5.15). Уравнение (5.15) преобразуем в уравнение в изображениях:

$$[pU_C(p)-u_C(0)]+300 \cdot U_C(p)=20000/p;$$

$$Uc\ (p)(p + 300) = 20000/p + 50;$$

$$U_c\ (p) = [20000 + 50p]\ /p(p + 300) = F_1(p)/\ F_2(p),$$

где $F_1(p)$ - полином числителя; $F_2(p)$ - полином знаменателя.

Переход от изображения напряжения $U_C(p)$ к оригиналу $u_C(t)$ осуществляем по формуле разложения

$$U_C(t)=\Sigma([F_1(p)/F_2'(p)] \cdot e^{p_k \cdot t}), \quad (5.18)$$

где $p_к$ - корни характеристического уравнения.

Характеристическим уравнением является полином знаменателя равный нулю, т. е. $F_2(p) = 0$.

В рассматриваемом примере

$$p(p+300)=0,$$

откуда $p_1 = 0$; $p_2 = -300$.

Производная полинома знаменателя

$$F_2'(p)=(2p+300),$$

откуда $F_2'(p_1)=300$; $F_2'(p_2)=-300$.

Оригинал напряжения $u_C(t)$

$$u_C(t) = ([F_1(p_1)/\ F_2'(p_1)] \cdot e^{p_1 t}) + ([F_1(p_2)/F_2'(p_2)] \cdot e^{p_2 \cdot t}) =$$

$$=[(20000 + 50\ 0) / 300] \cdot e^{300 \cdot 0} + [(20000+50\ (-300) / (-300)] \cdot e^{-300t}$$

$$= 66,7 - 16,7 \cdot e^{-300 \cdot t}.$$

Задача 6. РАСЧЕТ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ

Условие задачи.

Для заданной электрической схемы (табл. 6.1) с известными параметрами (табл. 6.2) определить токи в ветвях и напряжение на нелинейных элементах (НЭ).

Вольт-амперные характеристики НЭ, симметричные относительно начала координат, приведены на рис. 6.1.

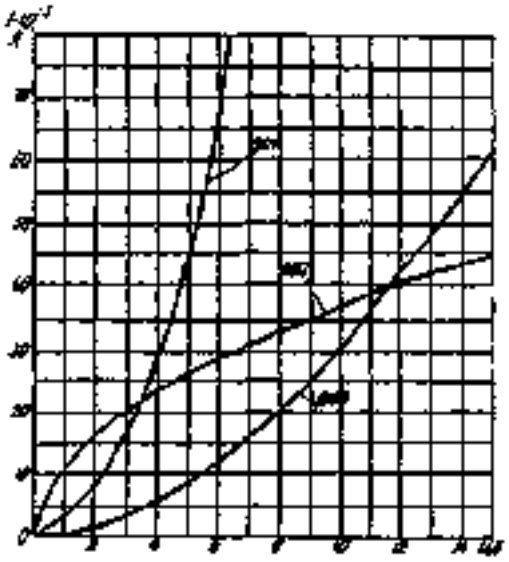


Рис. 6.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

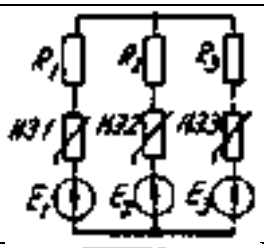
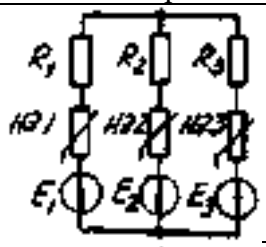
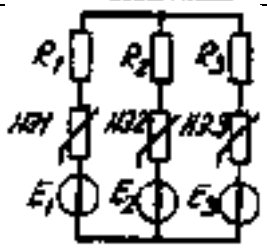
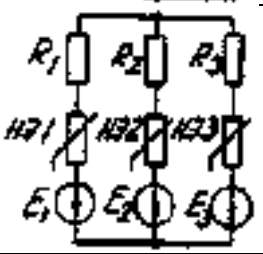
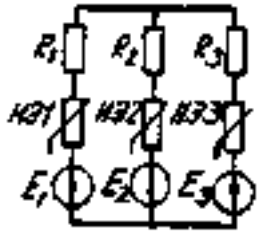
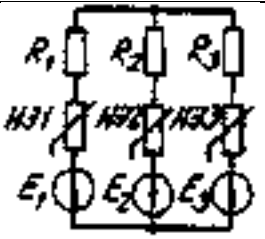
Методические указания.

Для нелинейных электрических цепей (НЭЦ) постоянного тока справедливы оба закона Кирхгофа

$$\sum_{k=1}^{n} I_k = 0; \quad \sum_{k=1}^{n} U_{k=0.}$$

Затруднения при рассмотрении НЭЦ с помощью законов Кирхгофа заключаются в том, что в НЭЦ напряжение и токи связаны между собой нелинейными соотношениями. По этой причине для решения задач теории НЭЦ приходится использовать различные приближенные методы решения, к которым относится метод двух узлов.

Расчетные электрические схемы

1		5	
2		6	
3		7	

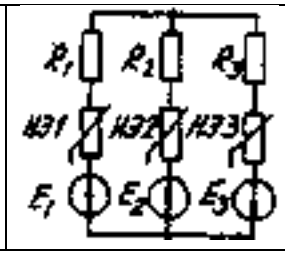
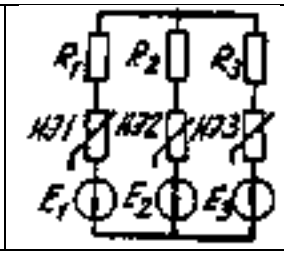
4		8	

Таблица 6.2

Исходные данные к задаче 6

Вариант	Номер схемы	Значения параметров								
		R_1, Ом	R_2, Ом	R_3, Ом	НЭ1	НЭ2	НЭ3	E_1, В	E_2, В	E_3, В
1	1	600	300	400	ВАХ1	ВАХ3	ВАХ2	24	9	10
2	2	100	200	500	-	ВАХ2	ВАХ3	-	24	12
3	3	-	800	400	ВАХ2	ВАХ2	ВАХ3	-	15	20
4	4	400	300	600	-	ВАХ3	ВАХ1	10	8	14
5	5	-	800	600	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	15	9	24
6	6	100	700	500	ВАХ1	-	ВАХ3	8	-	10
7	7	200	-	500	ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	6	-	12
8	8	1000	400	700	ВАХ2	-	ВАХ3	16	9	18
9	1	800	-	100	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	10	15	20
10	3	400	700	200	ВАХ3	ВАХ2	ВАХ1	8	16	-
11	5	100	200		ВАХ2	ВАХ3	ВАХ1	24	12	-
12	7	600	200	400	ВАХ3	ВАХ1	-	15	10	20
13	2	500	700	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	16	12	9
14	4	-	-	-	ВАХ3	ВАХ1	ВАХ2	14	20	8
15	6	200	100	-	-	ВАХ2	ВАХ3	10	8	15
16	8	-	500	-	ВАХ1	-	ВАХ3	12	6	18
17	1	-	-	600	ВАХ1	ВАХ3	-	20	-	4
18	2	800	-	-	-	ВАХ2	ВАХ3	15	10	5
19	3	-	900	-	ВАХ1	-	ВАХ3	6	12	8
20	4	-	-	100	ВАХ3	ВАХ1	-	16	18	9
21	5	400	-	200	-	ВАХ2	ВАХ3	9	4	10
22	6	-	-	-	ВАХ1	ВАХ2	ВАХ3	-		18
23	7	-	-	500	ВАХ2	ВАХ3	-	14	12	6
24	8	-	300	-	ВАХ1	-	ВАХ3	-	20	10

Расчет сложной НЭЦ, состоящей из нескольких параллельных ветвей, которые наряду с нелинейными элементами могут содержать и источники постоянной э. д. с, включенные последовательно с нелинейными элементами, сводится к нахождению токов и напряжений на участках цепи с помощью вольт-амперных характеристик.

Для этого предварительно строится вольтамперная характеристика каждой ветви, которая получается смещением соответствующей характеристики НЭ на величину заданной э. д. с. влево или вправо от начала координат, в зависимости от направления э. д. с. Затем, на основании первого закона Кирхгофа, строится результирующая характеристика. Она получается смещенной относительно начала координат на величину э. д. с. *(E),* которую можно рассматривать как э. д. с. эквивалентной цепи.

Так как сумма токов в узле равна нулю, то в эквивалентной цепи ток отсутствует. Следовательно, значение э. д. с. *(E)* равно разности потенциалов верхнего узла относительно нижнего узла исходной схемы.

Отсюда находят напряжение в каждом НЭ

$$U_{Нэк}=E_к-E$$

Ток в каждом НЭ определяется по соответствующей вольт-амперной характеристике.

Последовательность решения задачи.

1. Задаться положительным направлением токов в ветвях схемы.

2. На основании второго закона Кирхгофа построить эквивалентные вольт-амперные характеристики для ветвей.

3. На основании первого закона Кирхгофа построить результирующую вольт-амперную характеристику всей электрической цепи.

4. По результирующей вольт-амперной характеристике определить напряжения на каждом НЭ и токи в каждой ветви по соответствующим вольт-амперным характеристикам.

Пример решения задачи.

Для заданной электрической схемы (рис. 6.2, *а)* с известными параметрами E_1 =12 В, E_2 = 10 В, E_3 = 3 В,

R_1 =200 Ом, НЭ1, НЭ2 и НЭ3 (вольт-амперные характеристики которых приведены на рис. 6.3) определить токи в ветвях и напряжения на НЭ.

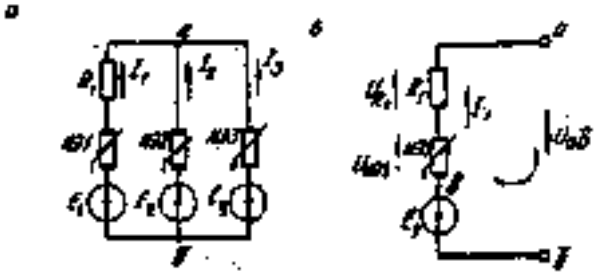


Рис. 6.2. Заданная *(а)* и расчетная (б) электрические схемы

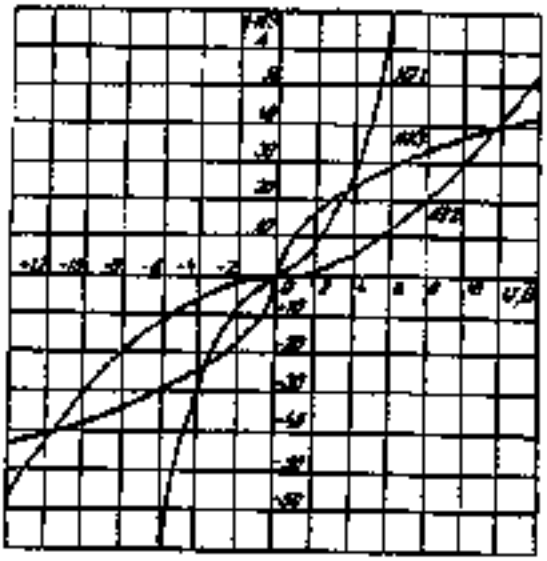


Рис. 6.3. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

1. Задаемся положительным направлением токов во всех ветвях цепи.

2. Так как каждый из токов является нелинейной функцией падения напряжения на своем НЭ, необходимо выразить его в функции одного переменного напряжения $U_{аб}$ между узлами *а* и *б.*

Рассмотрим первую ветвь, содержащую последовательно соединенные резистор R_1, НЭ1 и источник постоянной э. д. с. E_1 (рис. 6,2, *б).*

На основании второго закона Кирхгофа для контура, указанного на рис. 6.2, *б* круговой стрелкой, запишем

$$E_1=U_{аб}+U_{R1}+U_{НЭ1} \text{ или } U_{аб}=E_1-(U_{R1}+U_{НЭ1}).$$

Если э. д. с. (E_1) действует в направлении выбранного положительного тока, т. е. $E_1>0$, то при положительном токе она способствует прохождению тока и при $E_1< U_{аб}$ уменьшает значение.

На рис. 6.4 изображены характеристики первого нелинейного элемента $I_1=f(U_{НЭ1})$, резистора $I_1=f(U_{R1})$, суммарная

$I_1=f(U_{аб})$ и прямая, соответствующая $E_1>0$. Здесь же нанесена результирующая характеристика $I_1=f(U_{аб})$.

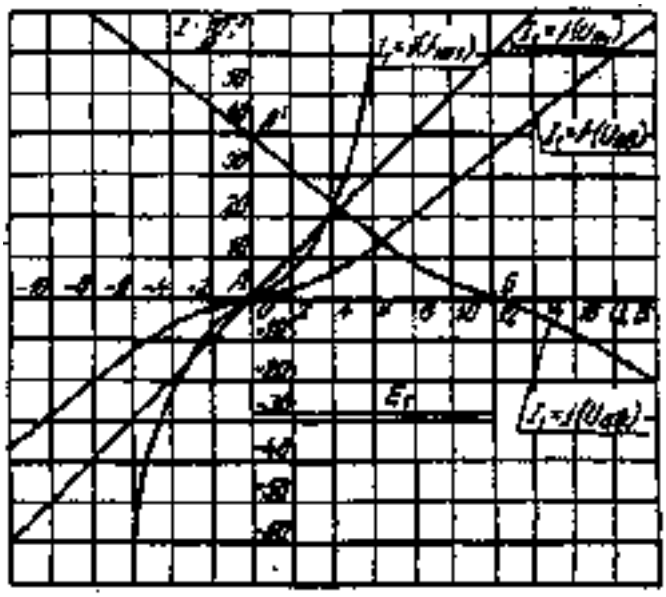


Рис. 6.4. Вольт-амперные характеристики первого нелинейного элемента

Для т. *А* кривой $I_1 = f(U_{НЭ1})$ напряжение на первом нелинейном элементе будет равно нулю ($U_{НЭ1} = 0$) при $I_1 = 0$. При этом $U_{аб} = E_1$ т. е. начало) кривой $I_1 = f(U_{аб})$ сдвинуто в точку *Б*, в которой $U_{аб} = E_1$. Росту $U_{аб}$, при $U_{аб} > 0$ соответствует уменьшение $U_{аб}$. Для точки *А*' при $U_{аб} = E_1$, $U_{аб} = 0$. Росту $U_{аб}$ при $U_{аб} < 0$ отвечает увеличение $U_{аб}$, причем $U_{аб} > E_1$.

Аналогичным образом перестраивают кривые $I_2 = f(U_{НЭ2})$ и $I_3 = f(U_{нэз})$ для других ветвей схемы (рис. 6.5 и 6.6).

3. Нанесем кривые $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ на одном рисунке и построим результирующую вольт-амперную характеристику $I = f(U_{аб})$ просуммировав ординаты кривых (рис. 6.7).

4. Точка *А* пересечения кривой $I = f(U_{аб})$ с осью абсцисс дает значение Саб, при котором удовлетворяется уравнение

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0.$$

Восстанавливаем в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривыми $I_1 = f(U_{аб})$, $I_2 = f(U_{аб})$ и $I_3 = f(U_{аб})$ и находим токи I_1, I_2 и I_3 как по величине, так и по знаку.

Для рассматриваемого примера имеем (см. рис. 6.7), А

$$I_1 = 15 \cdot 10^{-3};$$
$$I_2 = 5 \cdot 10^{-3};$$
$$I_3 = -20 \cdot 10^{-3}.w$$

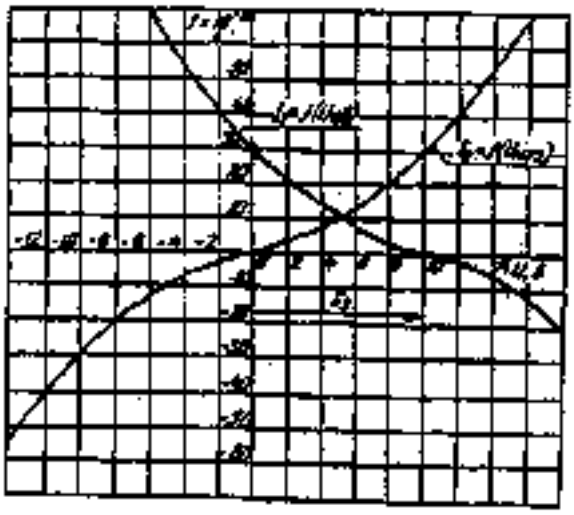


Рис. 6.5. Вольт-амперные характеристики второго нелинейного элемента

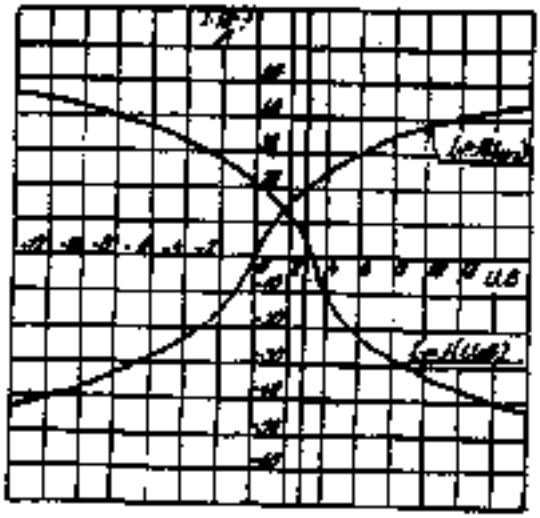


Рис 6.6. Вольт-амперные характеристики третьего нелинейного элемента

Сделаем проверку

$$I_1 + I_2 + I_3 = 15 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ A}.$$

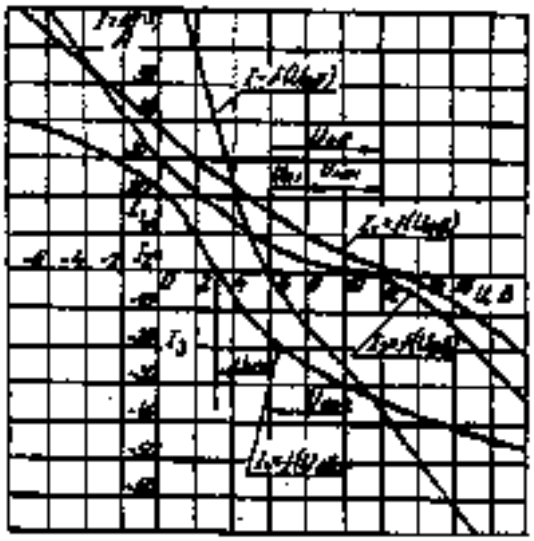


Рис. 6.7. Результирующие вольт-амперные характеристики

Располагая построенными характеристиками, легко находим напряжения на всех нелинейных элементах цепи (см. рис. 6.7):

$U_{НЭ1} = 3$; $U_{НЭ1} = 2$; $U_{НЭ1} = 3$.

ЗАДАЧА 7. РАСЧЕТ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

7.1. Неразветвленные магнитные цепи.

Методические указания.

Магнитной цепью называют совокупность магнитодвижущих сил (МДС),ферромагнитных тел или каких-либо иных тел или сред, по которым замыкается магнитный поток.

Магнитные цепи могут быть подразделены на неразветвленные (рис. 1) и разветвленные (рис. 2).

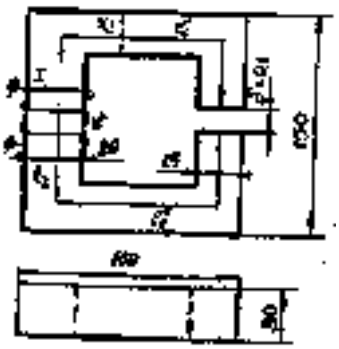


Рис. 7.1. Неразветвленная магнитная цепь

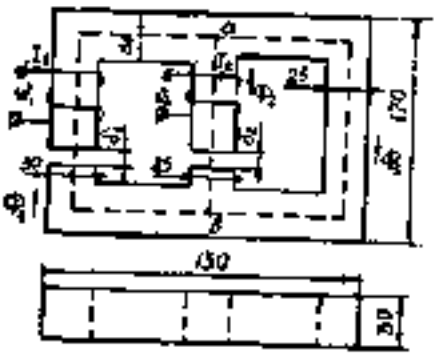


Рис. 7.2. Разветвленная магнитная цепь

Основными величинами, характеризующими магнитное поле и используемыми при расчете к анализе магнитных цепей, являются магнитная индукция B и напряженность магнитного поля H.

Эти величины связаны между собой зависимостью:

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H$$

где μ_0 — постоянная, характеризующая свойства вакуума,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

μ — относительная магнитная проницаемость.

$$H = 0{,}8 \cdot 10^6 B$$

Магнитную индукцию B измеряют в теслах (1 Тл = 1 Вс/м^2). Единицей напряженности магнитного поля H является 1 А/м,

Магнитная индукция и напряженность магнитного поля — векторные величины.

Величиной. служащей для интегральной оценки магнитного поля, является магнитный поток Ф, представляющий собой поток вектора магнитной индукции сквозь поверхность dS

$$\Phi = \int_S BdS$$

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_δ=1 Тл.

Решение. Магнитную цепь разбиваем на три участка:

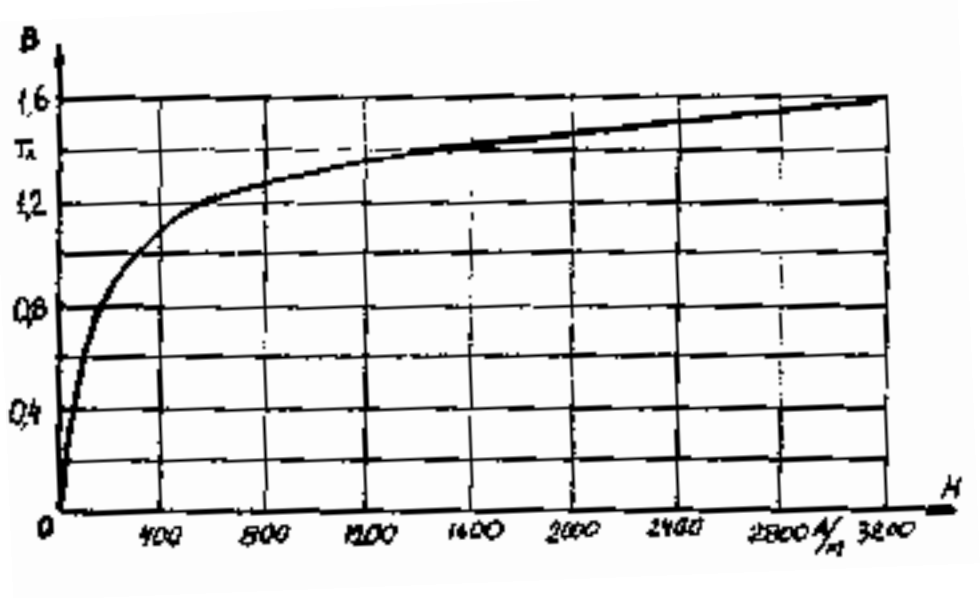


Рис. 7.4. Кривая намагничивания

$$l_1 = l`_1 + l``_1 = 30 \quad см$$

$$S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

$$l_2 = 13{,}5 \quad см$$

$$S_2 = 6 \quad см^2$$

Воздушный зазор

$$\delta = 0{,}01 \quad см$$

$$S_2 = S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$

Индукция

$$B_1 = B_\delta = 1 \quad Тл$$

Индукцию на участке l_2 найдем, разделив поток $\Phi = B_\delta S_\delta$ на сечение S_2 второго участка

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{B_\delta S_\delta}{S_2} = \frac{1 \cdot 4{,}5}{6} = 0{,}75 \quad Тл$$

Напряженности поля на первом и втором участках определяем согласно кривой намагничивания (рис. 4) по известным значениям B_1 и B_2;

$H_1 = 300$ 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_δ; равными 0,5; 1,1; 1,2 и 1,3 Тл, и для каждого из них определяем параметры, указанные в табл. 1. Так же, как и в предыдущей задаче определяем $\sum H_K l_K$

Результаты расчетов сводим в табл. 7.2.

Результаты расчетов для построения $\Phi = \int (U_м)$

Таблица 7.2

B_δ, Тл	0,5	1,1	1,2	1,3
B_1, Тл	0,5	1,1	1,2	1,3
B_2, Тл	0,375	0,825	0,9	0,975
H_1, А/м	50	460	700	1020
H_2, А/м	25	150	200	300
H_δ, А/м	$4 \cdot 10^5$	$8{,}8 \cdot 10^5$	$9{,}6 \cdot 10^5$	$10{,}4 \cdot 10^5$
$\Sigma H_K l_K$, А	58,3	246,3	333	450,5
Ф, Вб	$22{,}5 \cdot 10^{-5}$	$49{,}5 \cdot 10^{-5}$	$54 \cdot 10^{-5}$	$58{,}5 \cdot 10^{-5}$

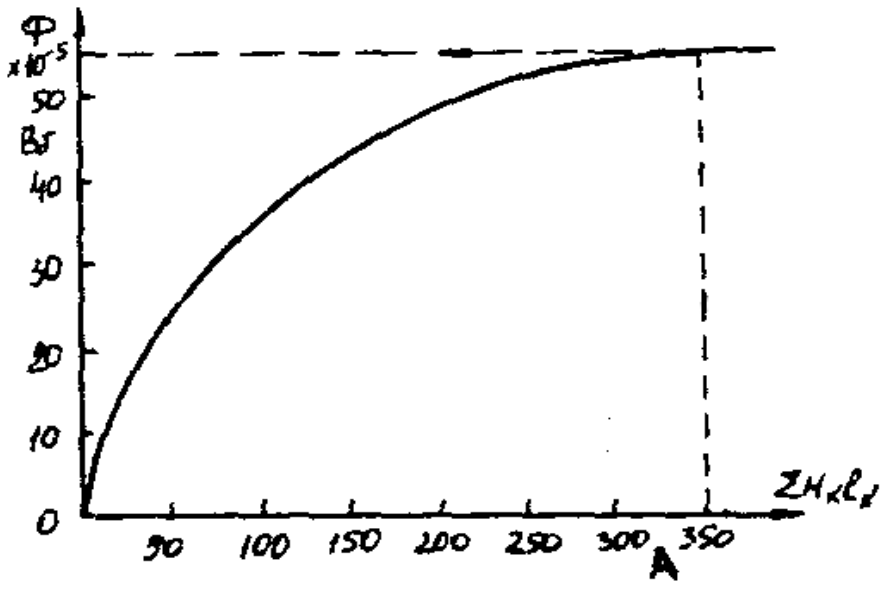


Рис. 7.5. Вебер-амперная характеристика цепи

По данным табл. 7.2 строим вебер-амперную характеристику $\Phi = \int (U_м)$ (рис. 7.5) и по ней определяем, что при Iw = 350 А

$\Phi = 55 \cdot 10^{-5}$ Вб

Следовательно,

$$B_\delta = \frac{\Phi}{S_\delta} = \frac{55 \cdot 10^{-5}}{4{,}5 \cdot 10^{-4}} = 1{,}21 \quad Тл$$

Расчет разветвленной магнитной цепи

аналогичен соответствующей электрической с сосредоточенными параметрами.

Так как, магнитные цепи являются нелинейными, то методы их расчета при этих условиях аналогичны методам расчета нелинейных электрических цепей. Все методы расчета электрических цепей с нелинейными сопротивлениями полностью применимы к расчету магнитных цепей, так как и магнитные, к электрические цепи подчиняются одним и тем же законам - законам Кирхгофа.

В качестве примера рассмотрим расчет разветвленной цепи методом двух узлов.

Найти магнитные потоки в ветвях магнитной цепи (рис. 7.2). Геометрические размеры даны в мм. Кривая намагничивания представлена на рис. 4. $I_1w_1 = 80$ А; $I_1w_1 = 300$ А; зазоры $\delta_1 = 0{,}05$ мм и $\delta_2 = 0{,}22$ мм.

Решение. Составам электрическую схему замещения магнитной цепи (рис. 7.6). Узловые точки обозначим буквами «a» и «b».

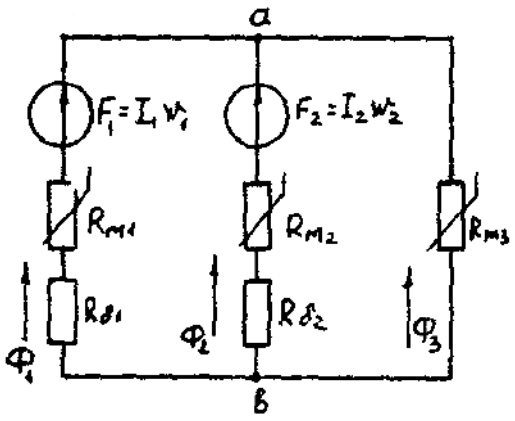


Рис. 7.6. Схема замещения магнитной цепи

Определим длины участков магнитной цепи

$l_1 = 0{,}24м;$ $\quad l_2 = 0{,}138м;$

$l_3^{`} = 0{,}1м;$ $\quad l_3^{``} = 0{,}14м.$

Длинам $l_3^{`}$ и $l_3^{``}$ участки третьей ветви, имеющей площади сечения 9 и 7,5 см^2.

Выберем положительные направления магнитных потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 к узлу «a».

Построим зависимость потока от падения магнитного напряжения первой ветви U_{M1}. Для этого произвольно задаемся рядом числовых значений Φ_1, для каждого значения находим индукцию B_1 и по кривой намагничивания — напряженность H_1 на пути в стали по первой ветви.

Магнитное напряжение на первом участке

$$U_{M1} = H_1 l_1 + 0{,}8 \cdot 10^5 B_1 \delta_1$$

Таким образом, для каждого значения потока Φ_1 подсчитываем U_{M1} и по точкам строим зависимость $\Phi_1 = \int (U_{M1})$ (кривая 1 рис. 7.7). Аналогично строим зависимость $\Phi_2 = \int (U_{M2})$ (кривая 2 рис. 7.7)

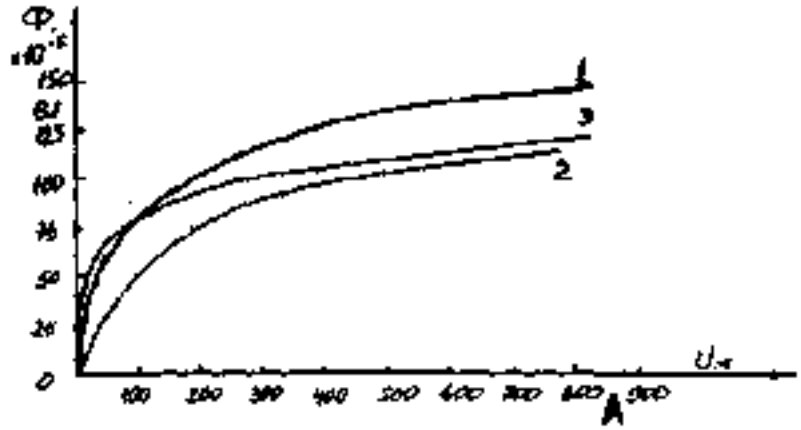


Рис. 7.7. Вебер-амперные характеристики ветвей

Кривая 3 (рис. 7.7) есть зависимость $\Phi_3 = \int (U_{M3})$

$$U_{M3} = H_3^{`} l_3^{`} + H_3^{``} l_3^{``}$$

Для определения потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 постройте зависимости этих потоков от магнитного падения напряжения U_{Mab} между узлами «a» и «b» (рис. 7.6).

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для первой ветви:

$$F_1 = I_1 w_1 = U_{M1} + U_{Mab}$$

отсюда

$$U_{Mab} = I_1 w_1 - U_{M1}$$

Согласно выражению приведенному выше строим зависимость $\Phi_1 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 1 (рис. 7.7) при переносе на рис.7.8 смещаем вправо на величину I_1w_1 и, так как перед U_{M1} стоит знак "-", зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для второй ветви

$$I_2 w_2 = U_{M2} + U_{Mab}$$

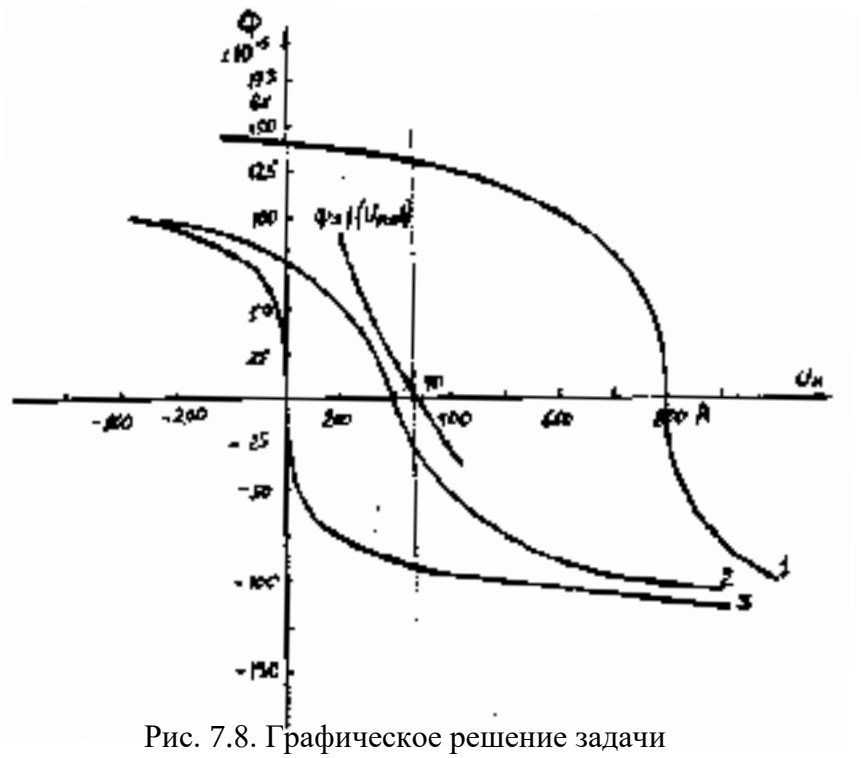


Рис. 7.8. Графическое решение задачи

отсюда

$$U_{Mab} = I_2 w_2 - U_{M2}$$

Построим зависимость $\Phi_2 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8). Для этого кривую 2 (рис. 7.7) смещаем вправо от начала координат на величину I_2w_2 и зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

В аналогичном порядке строим зависимость $\Phi_3 = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8)

$$U_{Mab} = U_{M1}$$

Зависимость $\Phi_3 = \int(U_{Mab})$ так же, как и кривая 3 (рис. 7.7) проходит через начало координат.

Построим кривую $\Phi = \int(U_{Mab})$ (рис. 7.8)

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;

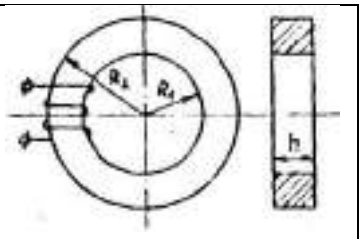
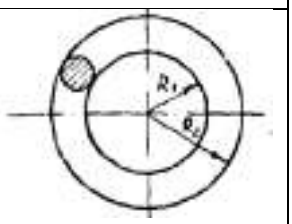
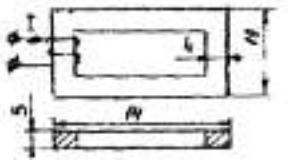
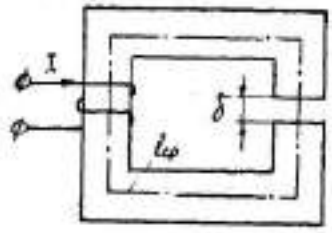
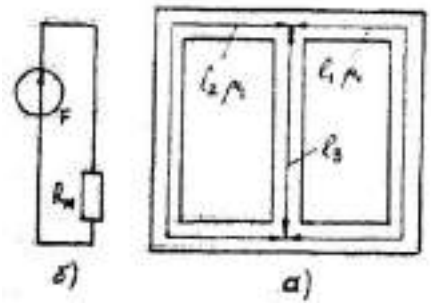
$\Phi_1 = 126{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_2 = -25 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_3 = -101{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб.

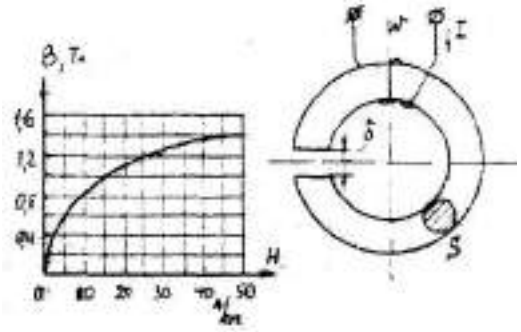
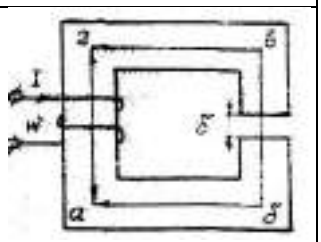
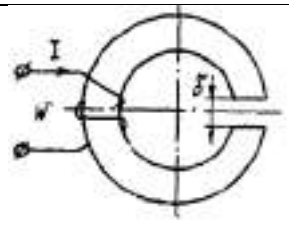
В результате расчета потоки Φ_2 и Φ_3, оказались отрицательными. Это означает, что в действительности они направлены противоположно выбранным ранее для них направлениям, показанным на рис. 7.2 и рис. 7.6.

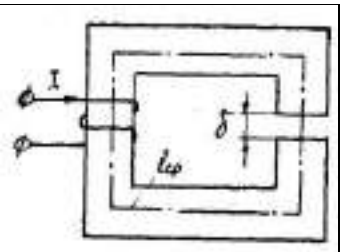
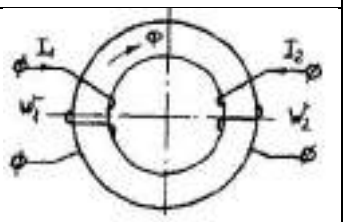
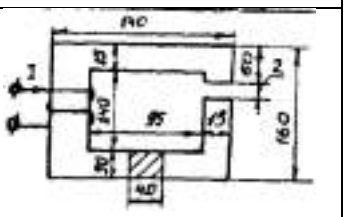
Задания к задаче 7.1.

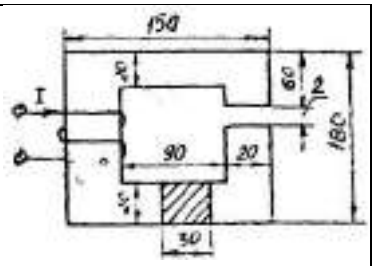
Таблица 7.3

Номер вари-анта	Содержание задания

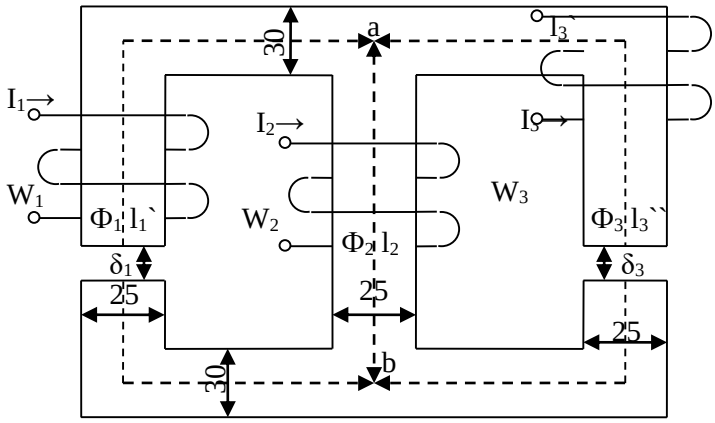
1	Катушка с количеством витков w = 1000 равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами: R_1 = 8 см; R_2 = 12 см, h = 15 см. Значение магнитного потока Ф = 0,025 Вб, магнитная проницаемость μ = 2080. Определить ток в катушке.	
2	На ферромагнитный сердечник равномерно намотана обмотка, w = 2000 витков. По обмотке протекает ток I = 0,1 А. Магнитная проницаемость μ = 1000. Определить значение магнитного потока в сердечнике.	
3	Определить ток в катушке, если значение магнитного потока в сердечнике с магнитной проницаемостью μ = 1000, Ф = 0,025 Вб. Число витков w = 1500.	
4	Катушка равномерно намотана на ферромагнитный сердечник с размерами R_1 = 8 см, R_2 = 12 см (см. рис. варианта 2). Магнитный поток в сердечнике Ф = $50 \cdot 10^{-3}$ Вб создается намагничивающей силой F = 4000 А. Определить магнитную проницаемость сердечника μ	
5	В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта 10, магнитная индукция B=I,2 Тл,$l_{ср}$=30 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в 1,5 раза. Ток в катушке поддерживается постоянным.	
6	Катушка равномерно намотана на сердечник (см. рис. варианта 1) с размерами:R_1 =I0 см; R_2=I4 см. Магнитная проницаемость сердечника μ=1000; число витков обмотки W=1000; сила тока в обмотке I=0,2 А. Определить значение магнитного потока в сердечнике.	
7	 Магнитопровод (рис .а) с одинаковым сечением всех ветвей S=1 $см^2$ имеет размеры: l_1=l_2=I25,2см; l_3=62,5 см; μ_1=200; μ_2=100; μ_3=100.Такой	

	магнитопровод можно заменить эквивалентной схемой (рис б), эквивалентное магнитное сопротивление $R_м$.
8	Катушка, намотанная на тороидальный сердечник круглого сечения, имеет =200 витков. Размеры сердечника (см. рис. варианта 2): R_1=10 см; R_2=20 см; μ=800. Определить максимальное значение магнитной индукции внутри сердечника, ток в катушке I = I А.
9	Определить индуктивность l катушки, если магния проницаемость сердечника μ= $I0^{-3}$ Гн/м. Число витков W= 100. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах.
10	Намагничивающая сила катушки f=1860 А; длина средней линии кольца $l_{ср}$=69 ,9 см; сечение S=10 $см^2$; зазор δ =0,1 см. Пользуясь характеристикой стали B=f(H), вычислить, магнитный поток в кольце. 
11	На участке *абвг* стальной сердечник имеет сечение S_1=12 $см^2$, длина средней линии на этом участке l=22 см. На участке *аг* сечение сердечника S_2=6 $см^2$. Намагничивающая сила обмоток F=450 А; магнитный поток Ф=6*10^{-4} Вб. Кривая намагничивания представлена на рис. Варианта 10. Определить длину учаска *аг*, если величина воздушного зазора δ=0,1 мм. 
12	Найти , $R_м$ воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,5 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора S=1,5 $см^2$. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 1920 А.
13	Длина стальной части сердечника $l_{ср}$=I38 см; воздушный зазор δ=0,1 мм. Кривая намагничивания материала сердечника представлена на рис. варианта 10. Определить намагничивающую силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=I Тл. 

14	В стальном сердечнике, кривая намагничивания которого представлена на рис. варианта10, магнитная индукция B=I Тл,$l_{ср}$=20 см. Какой воздушный зазор δ нужно сделать в сердечнике, чтобы индукция уменьшилась в два раза. Ток в катушке поддерживается постоянным.	
15	На стальное кольцо, средняя длина которого , $l_{ср}$=120 см, намотаны две обмотки: W_4= 100 витков и W_2=500 витков. Известен ток второй обмотки I_2=2 А и кривая намагничивания сердечника (см. рис. варианта 10). Определить ток первой обмотки, который обеспечил бы в сердечнике индукцию B=1,2 Тл	
16	Определить МДС и ток обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить $B_δ$=1,4 Тл. Число витков обмотки W=1000, кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10.	
17	для магнитопровода, изображенного на рис. варианта 5, задано: l_1=15 см; l_2=5 см; δ=2 мм; l_3=l_5=6 см, l_4=17 см ; l_6=32 см; H_1=H_2=H_3=H_4=H_5=H_6=8 А/см; W=100 витков. Определить ток.	
18	Пользуясь характеристикой стали B=f(H), изображенной на рис. варианта 10, вычислить магнитный поток в кольце, если намагничивающая сила катушки F=2000 А; длина средней линии кольца 75 см; S=I0 см; зазор δ=0,1 см.	
19	Определить индуктивность L катушки, если абсолютная магнитная проницаемость сердечника μ = 3*10 Гн/м. Число витков W=200. Размеры сердечника указаны на рис. варианта 3 в сантиметрах.	
20	Катушка намотана на ферромагнитный сердечник (рис. варианта 1). размеры сердечника: R_1=10 см; R_2=16 см; h=16 см. Значение магнитного потока 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 намагничивающию силу F обмотки, которая создала бы в воздушном зазоре индукцию B=3 Тл.	

22	Определить число витков обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить B_δ= 2 ,б Тл. Ток, протекающий по обмотке, I=10 А. Кривая намагничивания стали приведена на рис. варианта 10.	
23	Найти $R_м$, воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,2 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора S_δ=1,5 см^2. Магнитное напряжение на воздушном зазоре 2400 А.	
24	Определить значение магнитного потока сердечнике, изображенном на рис. варианта 1. Размеры сердечника R_1=12 см; R_2=18 см; h=10 см. По обмотке с числом витков W=3000 протекает ток I=2 А. Магнитная проницаемость μ=1000.	

2.2. Разветвленная цепь синусоидального тока.



l_1` = 0,24 м S_1 = 9 см^2 U_{Mab}- ?
l_2 = 0,138 м S_2 = 7,5 см^2 $\Phi = \int(U_{ab})$
l_3`` = 0,14 м $S_3$`` = 7,5 см^2 Φ_1, Φ_2, Φ_3 - ?
l_3` = 0,1 м $S_3$` = 9 см^2

Рис. 7.9.

Таблица 7.4

Варианты	I_1w_1, А	I_2w_2, А	I_3w_3, А	δ_1, мм	δ_2, мм	δ_3, мм
1	300	800	0	0	0,05	0,22
2	0	300	550	0,05	0,11	0
3	600	0	300	0,22	0	0,11
4	800	400	0	0	0,22	0,11
5	0	500	600	0,11	0	0,05
6	600	0	0	0	0,05	0,11
7	300	500	0	0,22	0	0,05
8	0	300	800	0,11	0,22	0

9	800	0	600	0,05	0	0,22
10	600	300	0	0,22	0,11	0
11	0	300	600	0	0,22	0,11
12	400	0	800	0,11	0	0,22
13	500	300	0	0,22	0,05	0
14	0	800	300	0	0,11	0,22
15	800	0	300	0,11	0,05	0
16	400	600	0	0,05	0	0,11
17	0	600	400	0	0,22	0,05
18	800	0	300	0,22	0,11	0
19	500	800	0	0,15	0	0,11
20	0	500	400	0	0,15	0,11
21	550	0	600	0,22	0,15	0
22	500	600	0	0,05	0	0,15
23	0	600	300	0	0,11	0,15
24	300	0	600	0,15	0,05	0

Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Условие задачи.

Паспортные данные трансформатора берут из табл. 8.1, где:

m - число фаз, *m=3;*

ВН/НН-*N* - схема и группа соединения обмоток;

$S_Н$ - номинальная полная мощность;

$U_{лн}^{вн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки ВН;

$U_{лн}^{нн}$ - номинальное (линейное) напряжение обмотки НН;

$P_{он}$ - потери холостого хода (мощность холостого хода при номинальном напряжении);

$P_{кн}$ - потери короткого замыкания (мощность короткого замыкания при напряжении короткого замыкания);

$u_к$ - напряжение короткого замыкания, *%*, где $u_к = [U_{кн}/U_н]\cdot 100\%$;

i_0 - ток холостого хода, %, где $i_0 = [I_{0н}/I_{1н}]\cdot 100\%$.

При всех расчетах первичной считать обмотку ВН.

Последовательность решения.

По известным паспортным данным сделать следующие расчеты и построения:

1. Начертить схему соединения обмоток трансформатора заданной группы и построить векторную диаграмму напряжений для доказательства, что начерченная схема соответствует заданной группе.

2. На схеме соединения обмоток трансформатора показать линейные и фазные напряжения и токи,

3. Определить номинальные фазные значения напряжений и токов ВН и НН: $U_{1н}$, $U_{2н}$, $I_{1н}$, $I_{2н}$.

4. Рассчитать коэффициент трансформации - *K.*

5. Определить параметры Т-образной электрической схемы замещения трансформатора: R_m, X_m, R_1, R'_2, X_1, X'_2 (при расчете полагать $R_1 = R_2$ и $X_1 = X'_2$). Начертить Т-образную схему замещения с указанием всех параметров и величин.

6. Рассчитать параметры короткого замыкания R_K, X_K, Z_K, $u_{ка}$ (%), $u_{кр}$(%).

7. Составить упрощенную электрическую схему замещения трансформатора и определить фазные значения тока I_2 и напряжения U_2 при включении во вторичную цепь обмотки нагрузки Z_H (см. табл. 8.1). При расчете определить в комплексной форме приведенные значения тока I'_2 и напряжения U_2' а затем их действующие значения I_2, U_2 .

Таблица 8.1

Исходные данные для задачи 8

Номер вари-анта	ВН/НН-N	$S_к$, кВА	$U_{ЛН}^{ВН}$, кВ	$U_{ЛН}^{НН}$, кВ	$P_{0Н}$, Вт	$P_{КН}$, Вт	$U_К$, %	I_0, %	$Z_Н$, Ом
1	Y/Δ - 11	160	35	0,4	700	2650	6,5	2,4	3+ j3
2	Y/Y_N - 0	160	35	0,69	700	2650	6,5	2,4	3+ j2,25
3	Y/Δ -11	250	35	0,4	1000	3700	6,5	2,3	3+ j2,25
4	Y/Y_N - 0	250	35	0,69	1000	3700	6,5	2,3	1,6+ j1,2
5	Y/Δ -11	400	6	0,4	2180	3700	3,5	2,1	1,2+ j0,9
6	Y/Y_N - 0	400	6	0,69	2180	3700	3,5	2,1	1,1+ j1,0
7	Y/Δ -11	630	6	0,4	1560	8500	5,5	2,0	0,8+ j0,6
8	Y/Y_N - 0	630	6	0,69	1560	8500	5,5	2,0	0,7+ j0,7
9	Y/Δ -11	320	6	0,4	1675	2630	2,5	2,2	1,6+ j1,2
10	Y/Y_N - 0	320	6	0,69	1675	2630	2,5	2,2	1,4+ j1,4
11	Y/Y_N - 0	630	35	0,69	1900	7600	6,5	2,0	0,7+ j0,7
12	Y/Δ -11	630	35	0,4	1900	7600	6,5	2,0	0,6+ j0,8
13	Y/Y_N - 0	400	35	0,69	1350	5500	6,5	2,1	1,0+ j1,0
14	Y/Δ -11	400	35	0,4	1350	5500	6,5	2,1	0,6+ j0,8
15	Y/Y_N - 0	250	6	0,23	660	3700	4,5	4	0,2+j0,15
16	Δ/Y_N - 11	250	10	0,69	660	4200	4,7	4	2+ j1,5
17	Y/Δ -11	400	10	0,23	920	5500	4,5	3,5	0,4+ j0,3
18	Δ/Y_N - 11	400	6	0,69	920	5900	4,5	3,5	1,2+ j0,9
19	Y/Y_N - 0	630	10	0,4	1310	7600	5,5	3	0,4+ j0,3
20	Δ/Y_N - 11	630	6	0,69	1310	8500	5,5	3	0,8+ j0,6
21	Y/Δ - 11	200	6	0,4	875	2535	2,8	2,5	2,4+ j1,8
22	Y/Y_N - 0	200	6	0,69	875	2535	2,8	2,5	2,4+ j1,8
23	Y/Y_N - 0	250	6	0,4	740	3350	3,4	2,3	2+ j1,5
24	Y/Y_N - 0	250	6	0,69	740	3350	3,4	2,3	2+ j1,5

8. Определить значение коэффициента нагрузки при включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$ и оптимальное значения коэффициента нагрузки трансформатора $\beta_{опт}$.

9. Рассчитать изменение вторичного напряжения при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки $\beta_{опт}$ и cos□$_{2=}$ 0,95 (созф2 устанавливает предприятию энергоснабжающая организация).

10. Определить КПД трансформатора при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки $Z_Н$;

б) оптимальном коэффициенте нагрузки fW и coscp2 = 0,95. Сравнить полученные в пунктах *а* и *б* значения к. п. д. и сделать вывод.

Методические рекомендации.

При расчете многофазных симметричных электрических цепей переменного тока расчеты выполняют, как правило, на одну фазу, т. е. используя фазные значения напряжений и токов, а все энергетические параметры: мощности на входе и выходе, потери и т. п. обычно рассчитывают на все фазы, паспортные данные по мощности указаны также на все фазы.

Например:

$S=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф$; $P=m\cdot I_Ф\cdot U_Ф\cdot cos$□$_Ф$; $\Delta P=m\cdot R\cdot I^2{}_Ф$ и т. д., где m – число фаз.

К пункту 7. При переходе от Т-образной электрической схемы замещения приведенного трансформатора к упрощенной пренебрегают током холостого хода ($I_0 = 0$). В этом случае приведенный трансформатор заменяется эквивалентной электрической схемой замещения, представляющей собой комплекс полного сопротивления короткого замыкания

$Z_K = R_K + jX_K$.

К пункту 8. Оптимальным называется значение коэффициента нагрузки, соответствующее максимальному к. п. д. трансформатора при заданном коэффициенте мощности.

Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Условие задачи.

Известны следующие технические данные асинхронного двигателя с фазным ротором, предназначенного для работы в сети с частотой f= 50 Гц (табл. 9.1):

- число фаз m = 3;
- . - схема соединения фаз обмотки статора Δ/Y;
- число полюсов 2р ;
- номинальная мощность (полезная) $P_{2н}$;
- номинальное линейное напряжение обмотки статора $U_{лн}(\Delta)/U_{лн}$ (Y)= 220/380 В (для всех вариантов задачи);
- номинальный к. п. д. $\eta_н$
- номинальный коэффициент мощности $\cos\varphi_н$;
- номинальная частота вращения $\eta_{2н}$;
- кратность номинального момента $K_м = M_{max}/M_{ном}$;
- активное сопротивление фазы обмотки статора R_1
- активное сопротивления фазы обмотки ротора R_2;
- схема соединения фаз обмотки ротора Y;
- линейная э. д. с. неподвижного ротора $E_{2л}$
- индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки неподвижного ротора X_2.

Последовательность решения.

1. Определить следующие значения, соответствующие номинальному режиму:
- номинальные полную $S_Н$, активную $P_{1н}$ и реактивную $Q_{1н}$ мощности на зажимах обмотки статора асинхронного двигателя;
- номинальные фазные напряжение $U_{1н}$ и ток $I_{1н}$ статора;
- фазную э. д. с. неподвижного ротора E_2;
- номинальное скольжение $S_Н$;
- номинальный момент на валу $M_{2н}$,

2. Начертить электрические схемы замещения фазы обмотки вращающегося и неподвижного ротора и рассчитать:

а) для вращающегося ротора:
- частоту э. д. с. и тока ротора в номинальном режиме $f_{2н}$;
- номинальную фазную э. д. с. ротора $E_{2Sн}$ индуктивное сопротивление рассеяния фазы ротора в номинальном режиме $X_{2Sн}$;

Таблица 9.1

Исходные данные к задаче 9

Номер вари-анта	Тип двигателя	2р	$P_{2н}$, кВт	$\eta_н$, %	$\cos\varphi_н$	$n_{2н}$, об/мин	$K_М$	R_1, Ом	$E_{2Л}$, В	R_2, Ом	X_2, Ом
0	4АК16034УЗ	4	11,0	86,5	0,86	1438	3,2	0,373	305	0,321	0,576
1	4АК160М4УЗ	4	14,0	88,0	0,87	1448	3,5	0,255	300	0,207	0,385

2	4АК180М4У3	4	18,5	89,5	0,88	1457	4,0	0,135	294	0,125	0,232
3	4АК200М4У3	4	22,0	90,0	0,87	1467	4,0	0,124	338	0,107	0,309
4	4АК2004У3	4	30,0	90,0	0,87	1462	4,0	0,099	349	0,0964	0,281
5	4АК1606У3	6	7,7	88,5	0,77	951	3,5	0,664	300	0,518	0,906
6	4АКГ60М6У3	6	10,0	84,5	0,76	959	3,8	0,401	310	0,358	0,800
7	4АК180М6У3	6	13,0	86,0	0,86	957	4,0	0,267	324	0,317	0,608
8	4АК200М6У3	6	18,5	88,5	0,81	971	3,5	0,168	360	0,190	0,387
9	4АК2006У3	6	22,0	88,0	0,80	969	3,5	0,149	330	0,143	0,308
10	4АК225М6У3	6	30,0	90,0	0,85	976	2,5	0,106	141	0,015	0,046
11	4АК1608У3	8	5,5	80,0	0,70	706	2,5	0,887	301	0,861	1,605
12	4АК160М8У3	8	7,1	82,0	0,70	712	3,0	0,622	290	0,537	1,413
13	4АК180М8У3	8	11,0	85,5	0,72	718	3,5	0,333	267	0,253	0,684
14	4АК200М8У3	8	15,0	86,0	0,73	719	3,0	0,233	356	0,322	0,625
15	4АК2008У3	8	18,5	87,0	0,73	727	3,0	0,187	301	0,1405	0,366
16	4АНК1604У3	4	14,0	85,0	0,85	1425	3,0	0,358	328	0,349	0,572
17	4АНК160М4У3	4	17,0	87,5	0,87	1441	3,5	0,229	314	0,210	0,388

18	4АНК1804УЗ	4	22,0	87,0	0,86	1423	3,2	0,163	299	0,190	0,315
19	4АНК180М4УЗ	4	30,0	90,0	0,86	1450	3,2	0,097	291	0,088	0,164
20	4АНК1806УЗ	6	13,0	83,5	0,81	940	3,0	0,363	204	0,173	0,240
21	4АНК180М6УЗ	6	18,5	85,0	0,82	941	3,0	0,241	336	0,326	0,466
22	4АНК200М6УЗ	6	22,0	89,0	0,81	967	3,0	0,1505	379	0,201	0,514
23	4АНК1808УЗ	8	11,0	85,0	0,76	711	3,2	0,417	315	0,431	0,640
24	4АНК180М8УЗ	8	14,0	86,5	0,77	722	3,5	0,303	307	0,235	0,392
25	4АНК200М8УЗ	8	18,5	86,5	0,78	721	2,5	0,242	382	0,283	0,734
26	4АНК2008УЗ	8	22,0	86,0	0,79	713	2,5	0,1905	330	0,244	0,470

- номинальный фазный ток ротора $I_{2н}$;

- приведенный номинальный фазный ток $I'_{2н}$;, б) для неподвижного ротора:

- фазный ток ротора 1_2;

- приведенные значения R'_2, X'_2, E'_2, I'_2.

Сравнить вычисленные значения фазного тока $1_{2н}$ и 1_2 (или $I'_{2н}$ и I'_2).

3. Рассчитать энергетические параметры асинхронного двигателя, работающего в номинальном режиме:

- номинальные электромагнитную мощность $P_{эм.н}$ и электромагнитный момент $M_{эм.н}$; '

- номинальную полную механическую мощность $P_{мех.н}$,

- сумму потерь $\Sigma\Delta P$;

- построить энергетическую диаграмму преобразования активной энергии при работе двигателя в номинальном режиме.

4. Вычислить значение критического скольжения $S_{кр}$ при работе асинхронного двигателя с закороченным ротором (без добавочного сопротивления в цепи ротора); определить параметры короткого замыкания R_K и $X_к$ асинхронного двигателя.

5. Начертить электрическую схему пуска асинхронного двигателя с фазным ротором.

6. В одной системе координат построить следующие механические характеристики $n_2 = f(M_{ЭМ})$.

- естественную при соединении обмотки статора в треугольник и подключении к сети с линейным напряжением 220 В и закороченной обмоткой ротора;

- искусственную при том же соединении обмотки статора и включении в цепь ротора пускового реостата R_a сопротивление которого необходимо выбрать таким образом, чтобы

начальный пусковой момент был равен максимальному *($M_П=M_{max}$).* Рассчитать значение этого сопротивления.

Методические рекомендации.

К пункту 2. В связи с тем, что в асинхронном двигателе с фазным ротором число фаз обмотки статора всегда равно числу фаз обмотки ротора *($m_1 = m_2$),* коэффициент приведения э. д. с. равен коэффициенту приведения токов *($K_E = K_I$).* Коэффициент приведения э. д. с. можно определить из паспортных данных

$$K_E = K_{об1}\, W_1/K_{об2}\, W_2 = U_{1н}/E_2. \quad (9.1)$$

К пункту 3. Добавочные потери в асинхронном двигателе могут быть определены по формуле

$$\Delta P_Д = 0{,}005 P_{1н}(I_1/I_2)^2. \quad (9.2)$$

К пункту 4. Значение критического скольжения можно рассчитать по упрощенной формуле Клосса

$$M_{эм}/M_{max} = 2/(S/S_{кр} + S_{кр}/S) = 1/K_M. \quad (9.3)$$

При решении квадратного уравнения необходимо выбрать корень, удовлетворяющий условию $S_{кр} > S_Н$.

Также значение критического скольжения можно рассчитать по формуле

$$S_{кр} = R'_2/\sqrt{R_1^2 + X_к^2}. \quad (9.4)$$

Индуктивное сопротивление $X_к$ можно определить из

$$M_{max} = \frac{\left(\frac{m_1}{2\Omega_1}\right)\left(\frac{U_{1н}^2}{R_1+\sqrt{R_1^2+X_к^2}}\right)}{}, \quad (9.5)$$

где $\Omega_1 = \omega_1/p = 2\pi f_1/p$ - угловая скорость вращения магнитного поля в воздушном зазоре.

Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Условие задачи.

Известны следующие технические данные двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (табл. 10.1):

- номинальная полезная мощность *P^,*
- номинальное напряжение якоря и обмотки возбуждения £/н;
- номинальная частота вращения ин;
- номинальный к. п. д. %;
- сопротивление обмотки добавочных полюсов *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 $c\Phi_H$, при U_n. Это значение можно определить из паспортных данных двигателя, используя выражения:

$$E_A = c\Phi_H \Omega_H$$

$$E_A = U_H - I_{AH}(R_a + R_{ДП}) - \Delta U_{Щ}$$

где E_A - э.д.с. якоря; Ω_H - угловая скорость двигателя постоянного тока; R_a - сопротивление обмотки якоря.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Ч, 1. Электрические цепи. М.: Высшая школа. 1996. 628 с.

2. Каплянский А. Е., Лысенко А. П., Полотовский Л. С. Теоретические основы электротехники / Под ред. А. Е. Каплянского. М.: Высшая школа, 1972. 447 с.

3. Нейман Л.Р., Демирчан К.С. Теоретические основы электротехники. Т. 1: Ч. 1. Основные понятия и законы теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей. Ч. 2. Теория линейных электрических цепей. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 533 с.

4. Нейман Л. Р., Демирчан К. С. Теоретические основы электротехники. Т. 2: Ч. 3. Теория нелинейных электрических и магнитных цепей. Ч. 4. Теория электромагнитного поля. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение. 1981.415 с.

5. Атабеков Г. И. Основы теории цепей: Учебник для вузов. М: Энергия, 1969. 424 с.

6. Атабеков Г. И. и др. Теоретические основы электротехники. Ч. 2. Нелинейные цепи. М.: Энергия, 1970. 232 с.

7. Нейман Л. Р., Демирчан К. С. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. В 2-х тт. Том 2. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоиздат. Ленинградское отделение, 1981. 416 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.О.24 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Электротехники	горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Угольников А. В.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 09.09.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

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.

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.26 БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Авторы: Батанин Ф.К., ст. преподаватель,
Кочнева Л.В., ст. преподаватель

Одобрен на заседании кафедры
Безопасности горного производства
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Елохин В.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 14.09.2021 г.
(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

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины

В процессе изучения учебной дисциплины следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины. Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, содержание дисциплины с указанием объема лекционных занятий, практических занятий и самостоятельной работы, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- ответить на вопросы тестов.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения экзамена. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка выполнения тестовых заданий. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине. Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в программе. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (тестов), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины.

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений, способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки и основные понятия, новые незнакомые термины, названия, определения и т.п. Весьма целесооб-

разно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением необходимых упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины, основательно подготовить ответы на вопросы тестов по темам программы .

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Студенты должны предварительно поработать над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к экзамену по дисциплине «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело» обучающемуся рекомендуется:

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 «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело»

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПРИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза.

2. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя. [Электронный ресурс]: федеральный закон от 22.08.1995 № 151-ФЗ (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

3. Об утверждении Положения о профессиональных аварийно-спасательных службах, профессиональных аварийно-спасательных формированиях, выполняющих горноспасательные работы, и Правил расчета стоимости обслуживания объектов ведения горных работ профессиональными аварийно-спасательными службами, профессиональными аварийно-спасательными формированиями, выполняющими горноспасательные работы [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 27.04.2018 № 517. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

4. Об утверждении Положения о ВГСЧ [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 28.01.2012 № 45 (с изм. и доп.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

5. Положение о проведении аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 22.12.2011г. № 1091. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

6. Положение о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 15.09.2020г. № 1437. Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

7. «Методические рекомендации о порядке составления планов ликвидации аварий при ведении работ в подземных условиях» [Электронный ресурс]:. РД 15-11-2007: приказ Ростехнадзора от 24.05.2007 № 364. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

8. Об утверждении табеля технического оснащения ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 13.12.2012. № 766. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

9. Руководство по организации технического обслуживания горноспасательного оснащения ФГУП «ВГСЧ» [Электронный ресурс]:: приказ ФГУП «ВГСЧ» МЧС России от 27.05.2014г. № 375. – Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

10. Нормативы организации ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 29.11.2012г. № 707. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

11. Положение о прохождении службы в ВГСЧ [Электронный ресурс]: Приказ МЧС от 18.03.2013г. № 180. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

12. Устав внутренней службы военизированных горноспасательных частей [Электронный ресурс]: Приказ МЧС от 31.10.2018г. № 484. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

13. Порядок создания ВГК [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 22.11.2013г. № 765 (с доп. и изм.). - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

14. Положение об условиях оплаты труда, предоставления гарантий и компенсаций работникам ВГСЧ [Электронный ресурс]: приказ МЧС от 03.11.2015г № 581. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

15. Устав ВГСЧ по организации и ведению горноспасательных работ [Электронный ресурс]:. приказ МЧС России от 09.06.2017 № 251. - Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза

16. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» [Электронный ресурс]: приказ Ростехнадзора от 8.12.2020 № 505. – Режим доступа: ИПС «КонсультантПлюс», в локальной сети вуза.

17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы» [Электронный ресурс]: приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 г. № 520. - Режим доступа: ИПС «Гарант», в локальной сети вуза.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.О.26 БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Автор: Батанин Ф.К. ст. преподаватель, Кочнева Л.В. ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(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

Оглавление

Методические указания по выполнению контрольной работы 3
1. Вопросы к контрольной работе. 4
2. Задания к контрольной работе 6

Методические указания по выполнению контрольной работы

В соответствии с учебным планом при изучении дисциплины «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело» каждый студент специальности 21.05.04 «Горное дело» направленности (профиля) «Обогащение полезных ископаемых» выполняет контрольную работу.

Контрольная работа содержит ответы на теоретические вопросы (по 2 вопроса) и выполнение задания (1 задание).

Контрольная работа выполняется студентами в течение семестра и передается на проверку (рецензирование) преподавателем. Успешное выполнение контрольной работы является обязательным условием допуска студента к сдаче экзамена по дисциплине.

Вариант контрольной работы выбирается по списку.

К контрольной работе предъявляются следующие требования:

1) работа должна быть полностью выполнена и аккуратно оформлена;
2) текст работы может быть рукописным или машинописным;
3) все страницы должны быть пронумерованы и на каждой оставлены поля (25-30 мм) для замечаний рецензента;
4) необходимые схемы и чертежи должны выполняться с использованием чертежных принадлежностей;
5) на первой странице необходимо указать вариант контрольной работы и его содержание, в конце работы приводится список использованной литературы, составленный в соответствии с библиографическими требованиями;
6) выполненная работа в конце обязательно подписывается студентом с указанием даты ее выполнения;
7) работа, оформленная с нарушением перечисленных требований, к рассмотрению не принимается.

Сроки выполнения контрольной работы фиксируются учебным графиком. Выполненная работа рецензируется и оценивается преподавателем («зачтено» или « не зачтено»),

В случае отрицательной рецензии студент должен исправить все ошибки и дать исчерпывающие ответы. Стирать или зачеркивать замечания не разрешается. Исправленная работа направляется на повторное рецензирование. Исправления отдельно от работы не рассматриваются.

1. Вопросы к контрольной работе

№ варианта	Теоретические вопросы
1.	1. Аппараты для защиты органов дыхания и приборы для ее проверки ВГСЧ. 2. Ведение горноспасательных работ в условиях высоких и отрицательных температур.
2.	1. Средства первой и медицинской помощи и приборы их проверки. 2. Состав и структура ВГСЧ.
3.	1. Транспортные средства ВГСЧ. 2. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии.
4.	1. Основные задачи, численность, состав, структура, комплектование ВГК. 2. Приборы для контроля параметров рудничной атмосферы ВГСЧ.
5.	1. Принципы расчета допустимого времени на движение или пребывания на месте отделений. 2. Организация подземной базы и связи при ведении горноспасательных работ.
6.	1. Принципы расчета расхода рабочего запаса кислорода. 2. Особенности ведения связи с использованием условных звуковых сигналов.
7.	1. Средства связи и сигнализации ВГСЧ. 2. Выезд подразделений ВГСЧ для проведения горноспасательных работ. Диспозиция выездов подразделений ВГСЧ.
8.	1. Диспозиция выездов подразделений ВГСЧ. Путевка на выезд подразделения. Организация командного пункта. 2. Ликвидация последствий горного удара, обрушения горных пород.
9.	1. Назначение ВГСЧ. Принципы деятельности, задачи и функции ВГСЧ. 2. Требования промышленной безопасности по готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий
10.	1. Тушение пожаров в горных выработках. Способы тушения. 2. В каких случаях горноспасательные работы приостанавливаются, а работы по поиску и спасению людей не проводятся или прекращаются?
11.	1. Проветривание горных выработок при локализации и ликвидации последствий аварий 2. Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта

12.	1. Горноспасательные работы в выработках с непригодной для дыхания атмосферой. 2. Организация руководства работами по локализации и ликвидации аварии и горноспасательными работами
13.	1. Разведка горных выработок. 2. Средства и установки для тушения пожаров ВГСЧ
14.	1. Средства защиты и противотепловой защиты 2. Задачи ВГСЧ
15.	1. Расчет взрывоопасности рудничной атмосферы 2. Классификация опасных производственных объектов
16.	1. Виды аварий на горных предприятиях и причины их возникновения. 2. Требования правил безопасности к противопожарной защите шахт.
17.	1. Требования промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта 2. Распорядок дня в подразделениях ВГСЧ.
18.	1. Ликвидация последствий прорыва воды, заиловки, горной массы 2. Прием на службу в ВГСЧ. Режим несения службы.
19.	1. Общие обязанности работников, занятых на горных работах 2. Комплектование ВГСЧ. Состав ВГСЧ, служебные группы.
20.	1. Требования Правил безопасности к обеспечению шахт связью и аккумуляторными светильниками 2. Порядок проведения аттестации спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя

2. Задание к контрольной работе

Вариант 1

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 3,9; O_2 – 11,5; CO – 5,4; H_2 – 1,0; CH_4 – 7,2.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

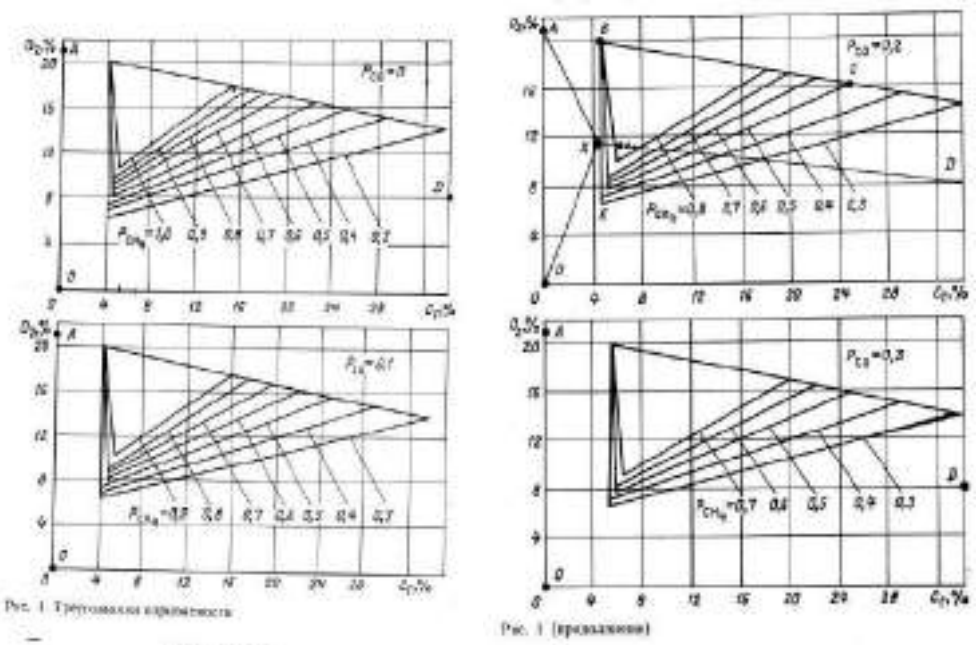


Рис. 1 Треугольники взрываемости

Рис. 1 (продолжение)

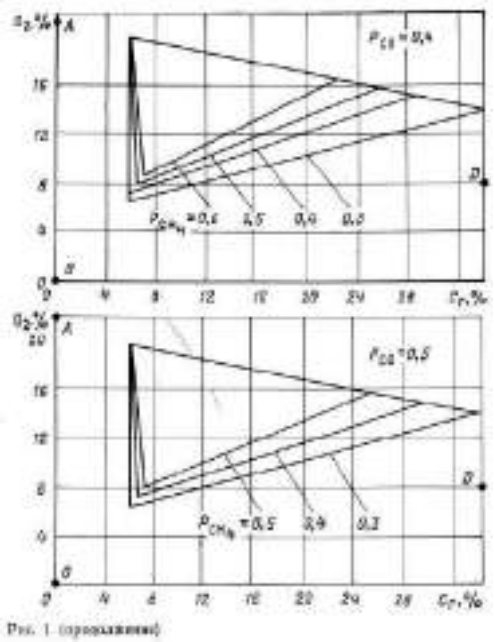


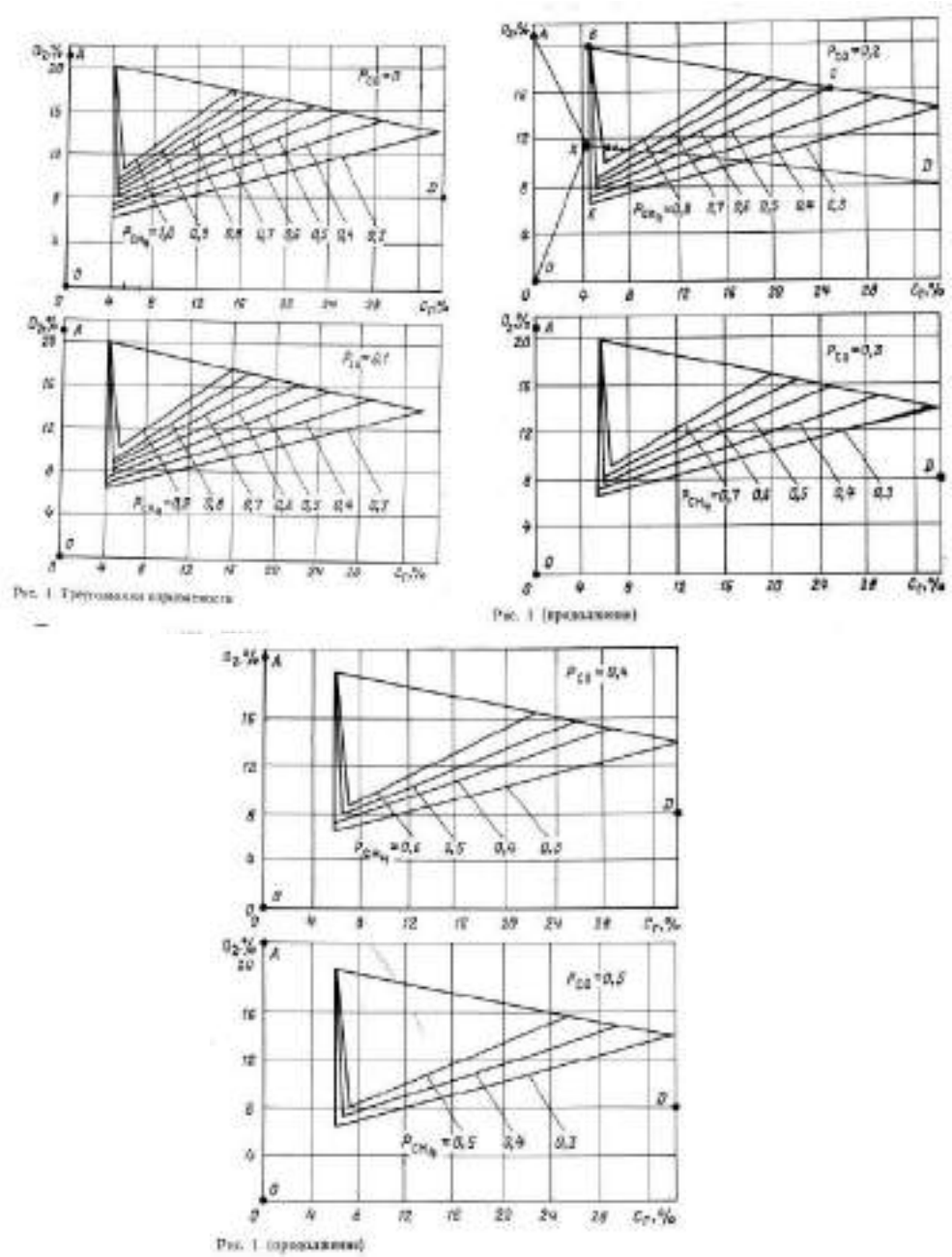
Рис. 1 (продолжение)

Вариант 2

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,6; O_2 – 18,1; CO – 0,7; H_2 – 2,0; CH_4 – 5,3.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

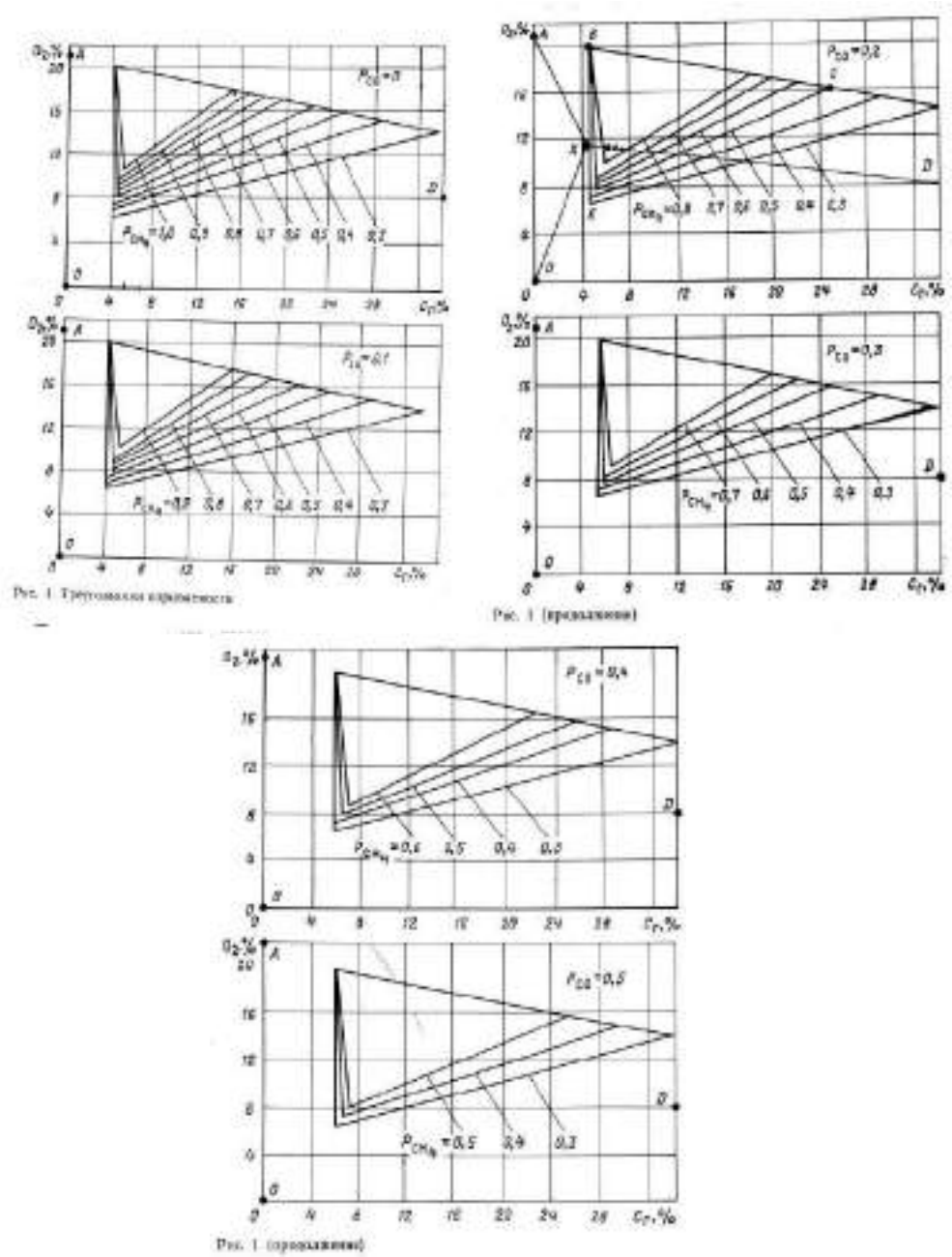


Вариант 3

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 1,2; O_2 – 13,0; CO – 0,6; H_2 – 1,1; CH_4 – 3,5.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

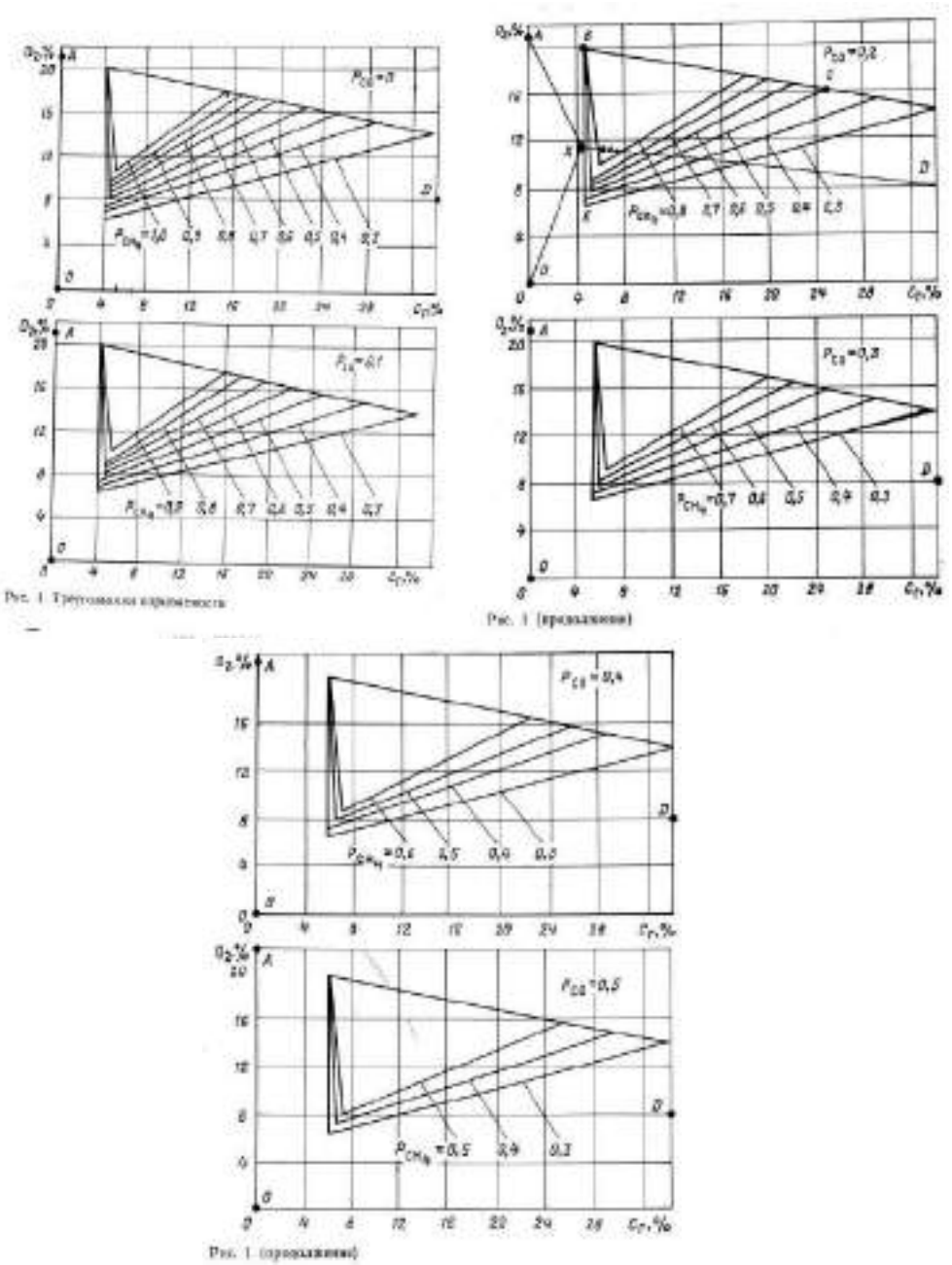


Вариант 4

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,8; O_2 – 8,0; CO – 0,1; H_2 – 4,9; CH_4 – 2,1.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.



Вариант 5

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 1,7; O_2 – 18,0; CO – 0,2; H_2 – 0,8; CH_4 – 7,1.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

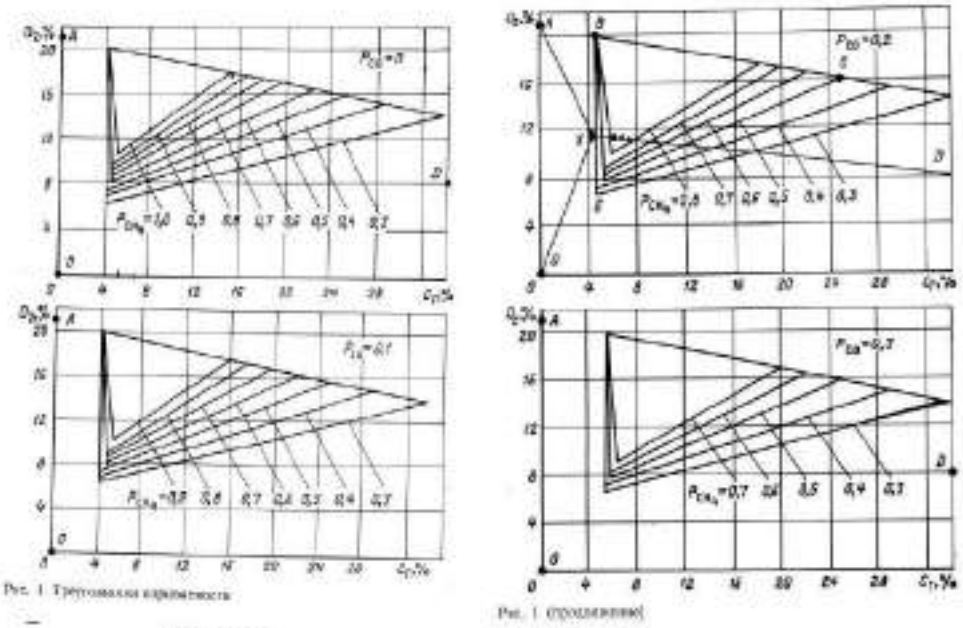


Рис. 1 Треугольник взрывчатости

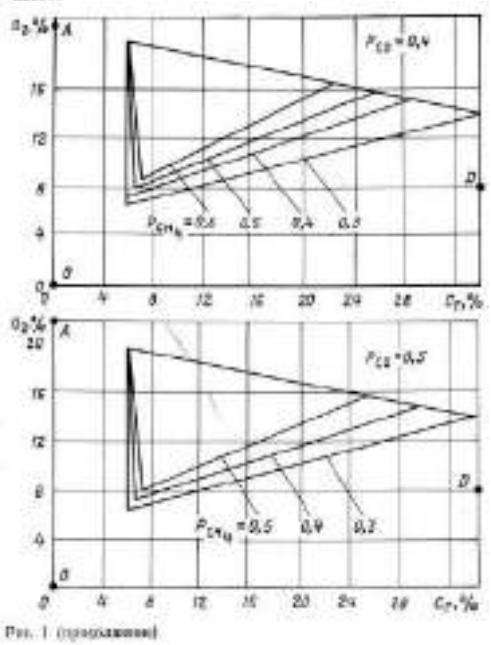


Рис. 1 (продолжение)

Вариант 6

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,9; O_2 – 16,0; CO – 0,1; H_2 – 0,5; CH_4 – 11,0.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

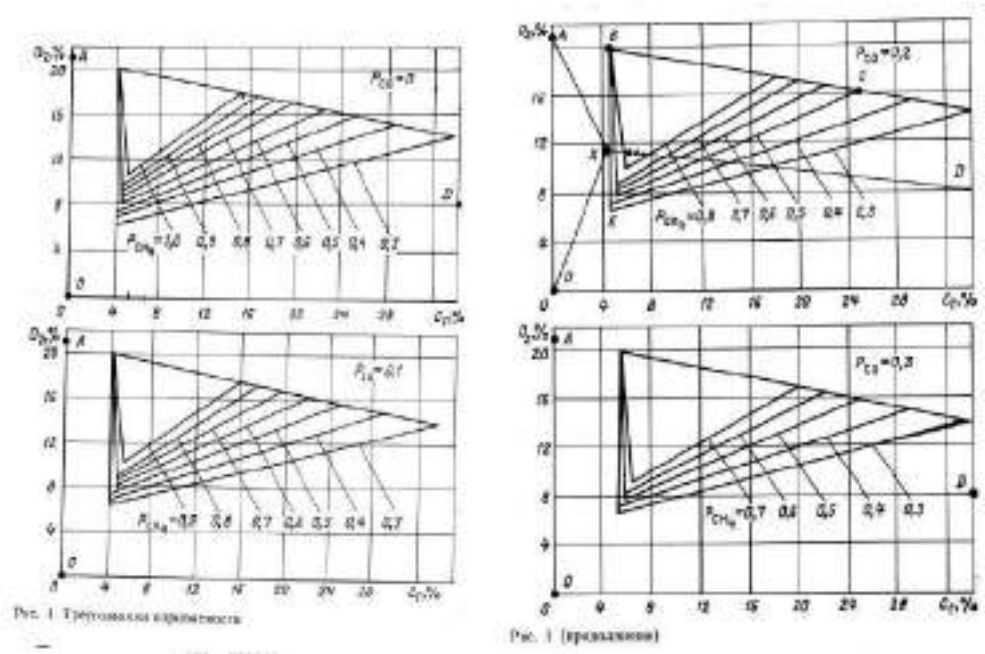


Рис. 1 (продолжение)

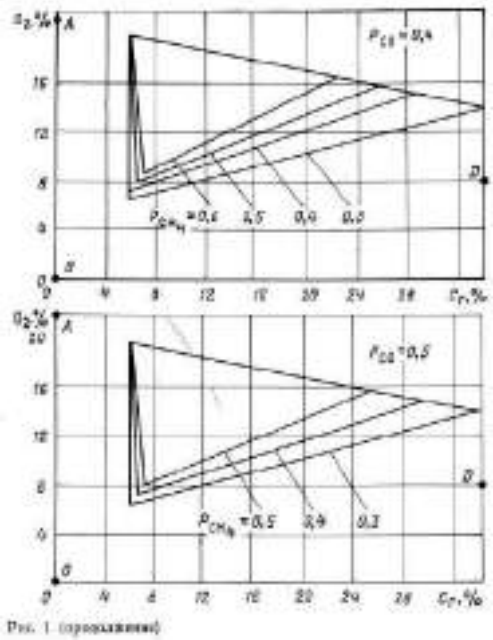


Рис. 1 (продолжение)

Вариант 7

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,8; O_2 – 15,0; CO – 2,0; H_2 – 2,0; CH_4 – 6,0.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

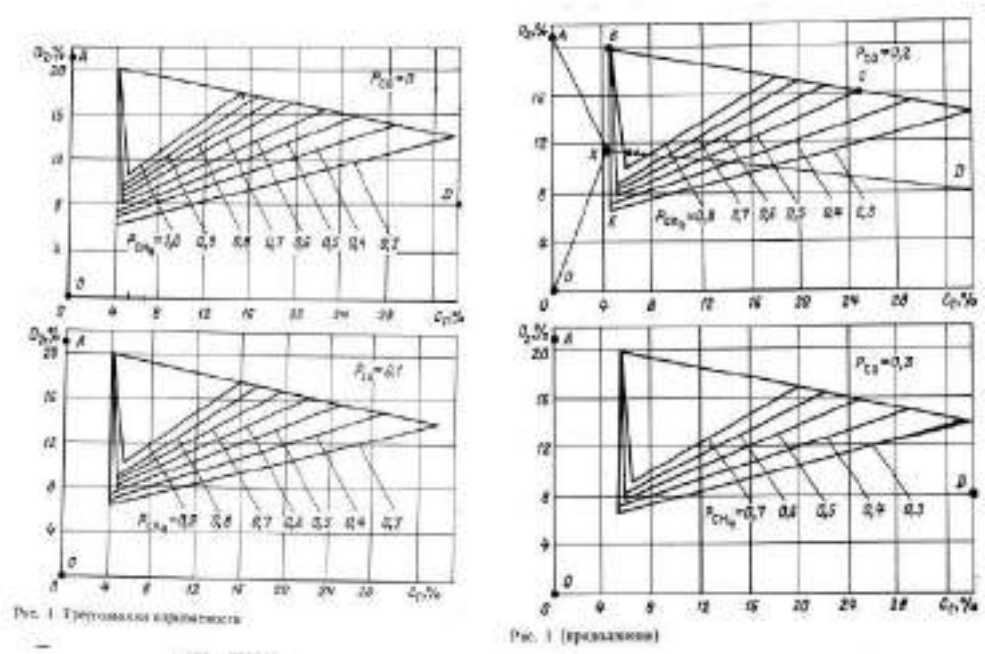


Рис. 1 (продолжение)

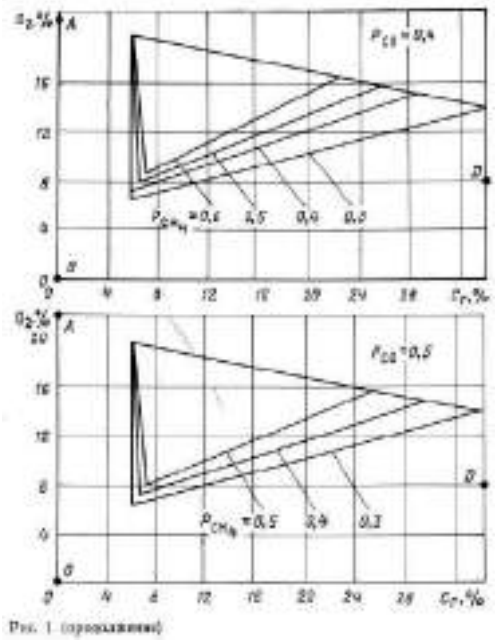


Рис. 1 (продолжение)

Вариант 8

1. Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 1,2; O_2 – 18,5; CO – 1,2; H_2 – 3,1; CH_4 – 5,2.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

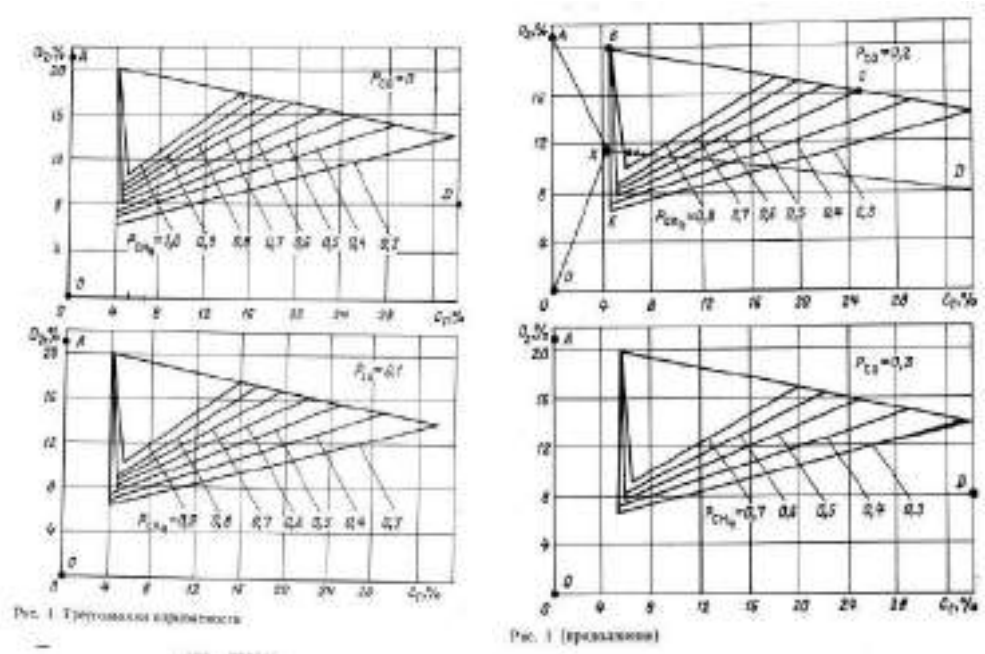


Рис. 1 (продолжение)

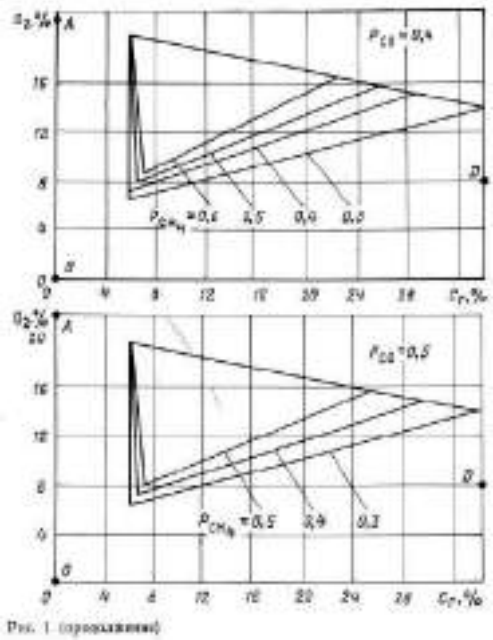


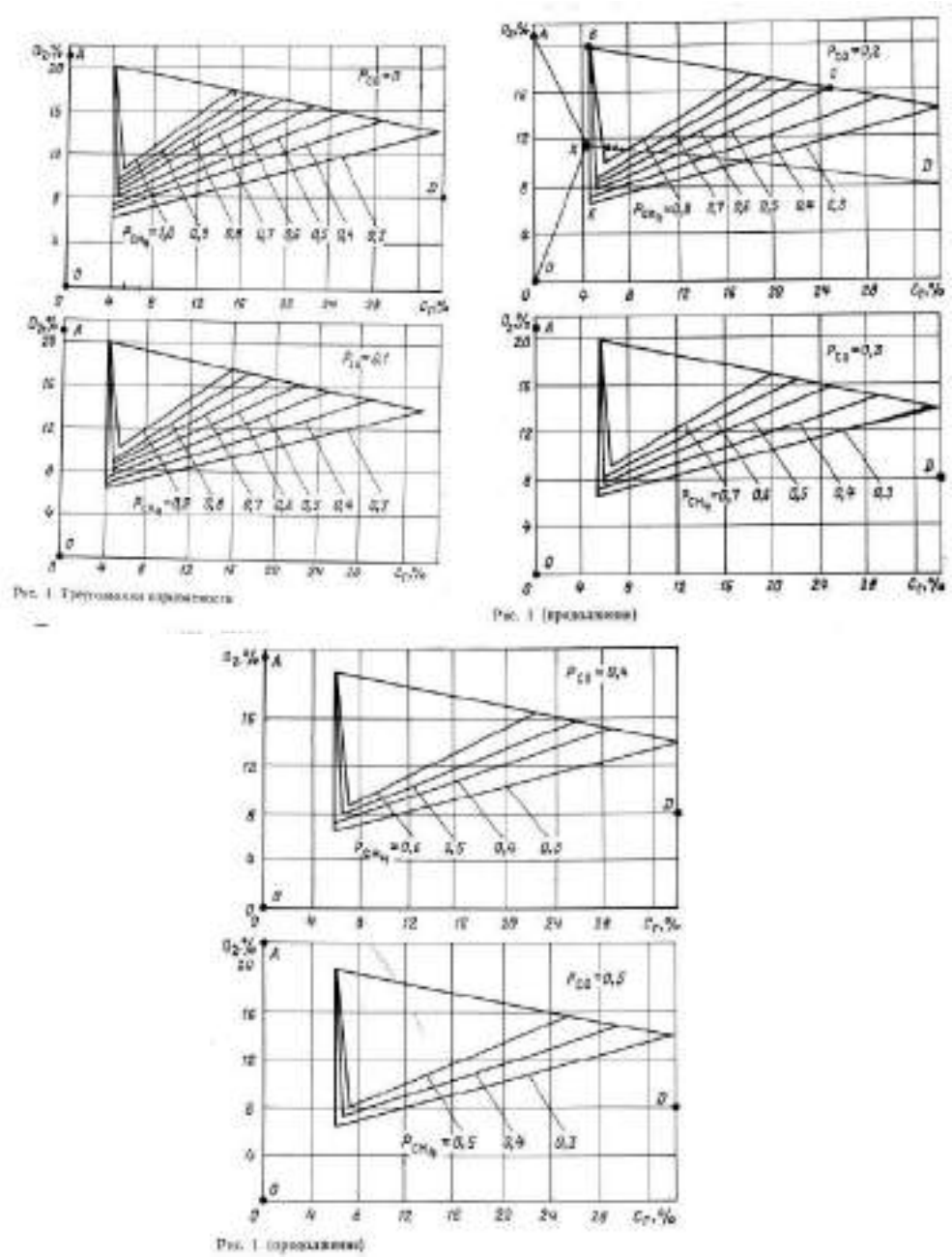
Рис. 1 (продолжение)

Вариант 9

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,8; O_2 – 8,0; CO – 4,1; H_2 – 0,1; CH_4 – 4,5.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.



Вариант 10

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 1,7; O_2 – 12,0; CO – 0,1; H_2 – 1,1; CH_4 – 6,9.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

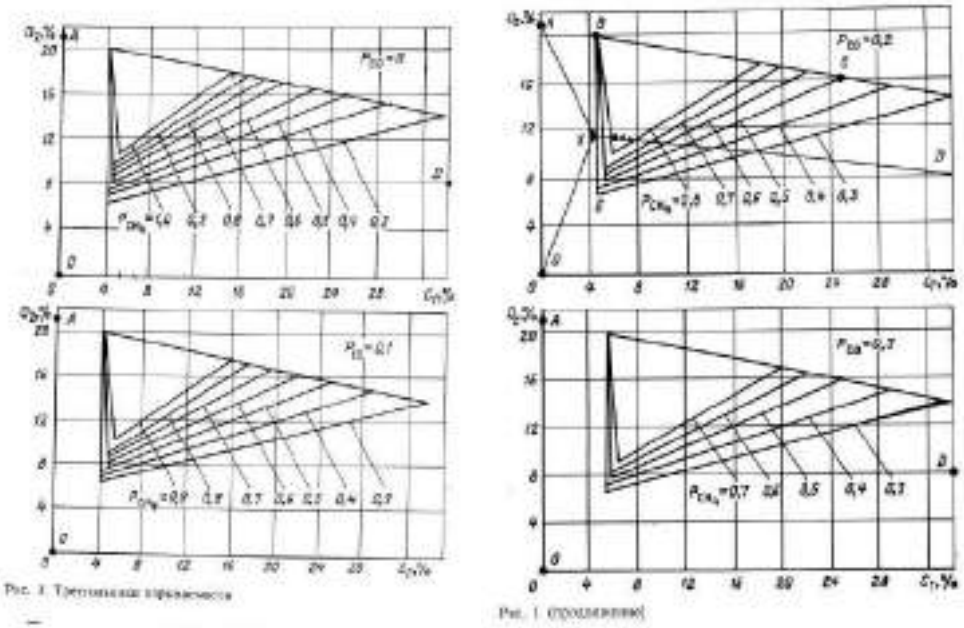


Рис. 1. Треугольник взрываемости

Рис. 1 (продолжение)

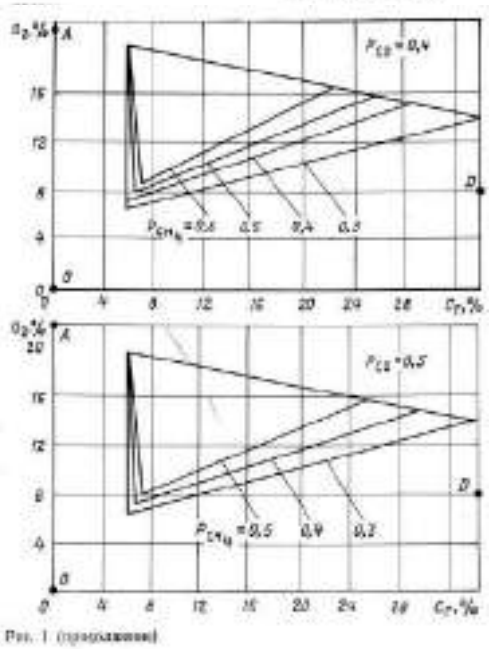


Рис. 1 (продолжение)

Вариант 11

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 4,2; O_2 – 10,5; CO – 5,5; H_2 – 1,2; CH_4 – 8,2.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

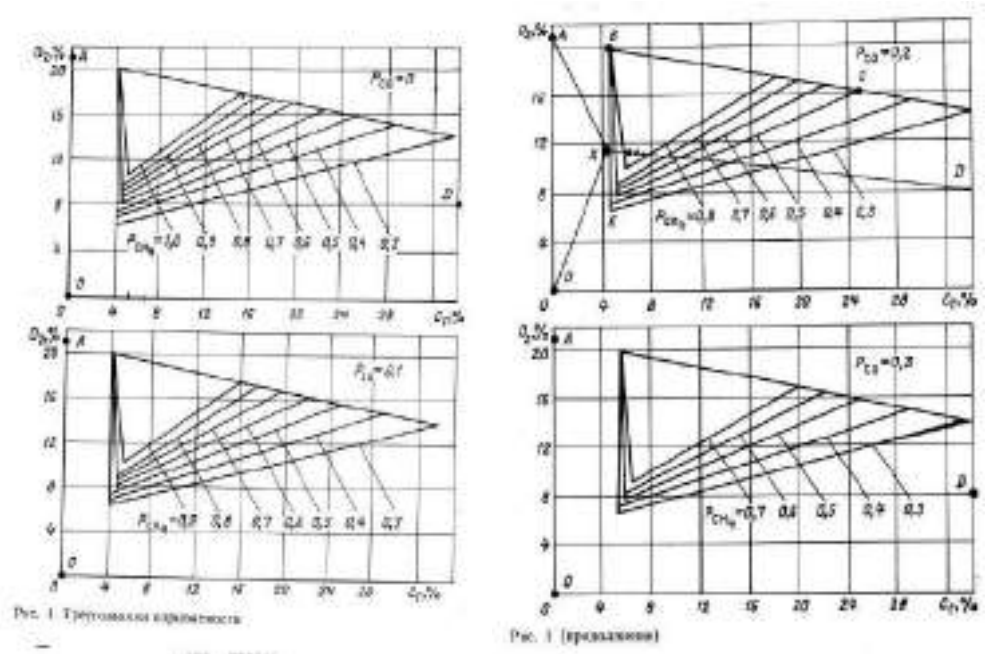


Рис. 1 (продолжение)

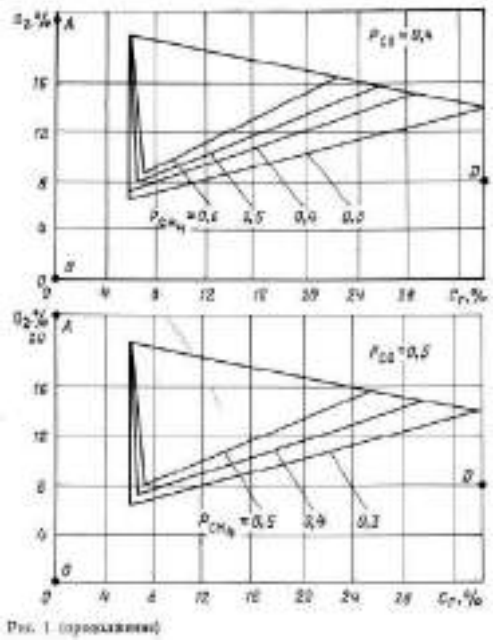


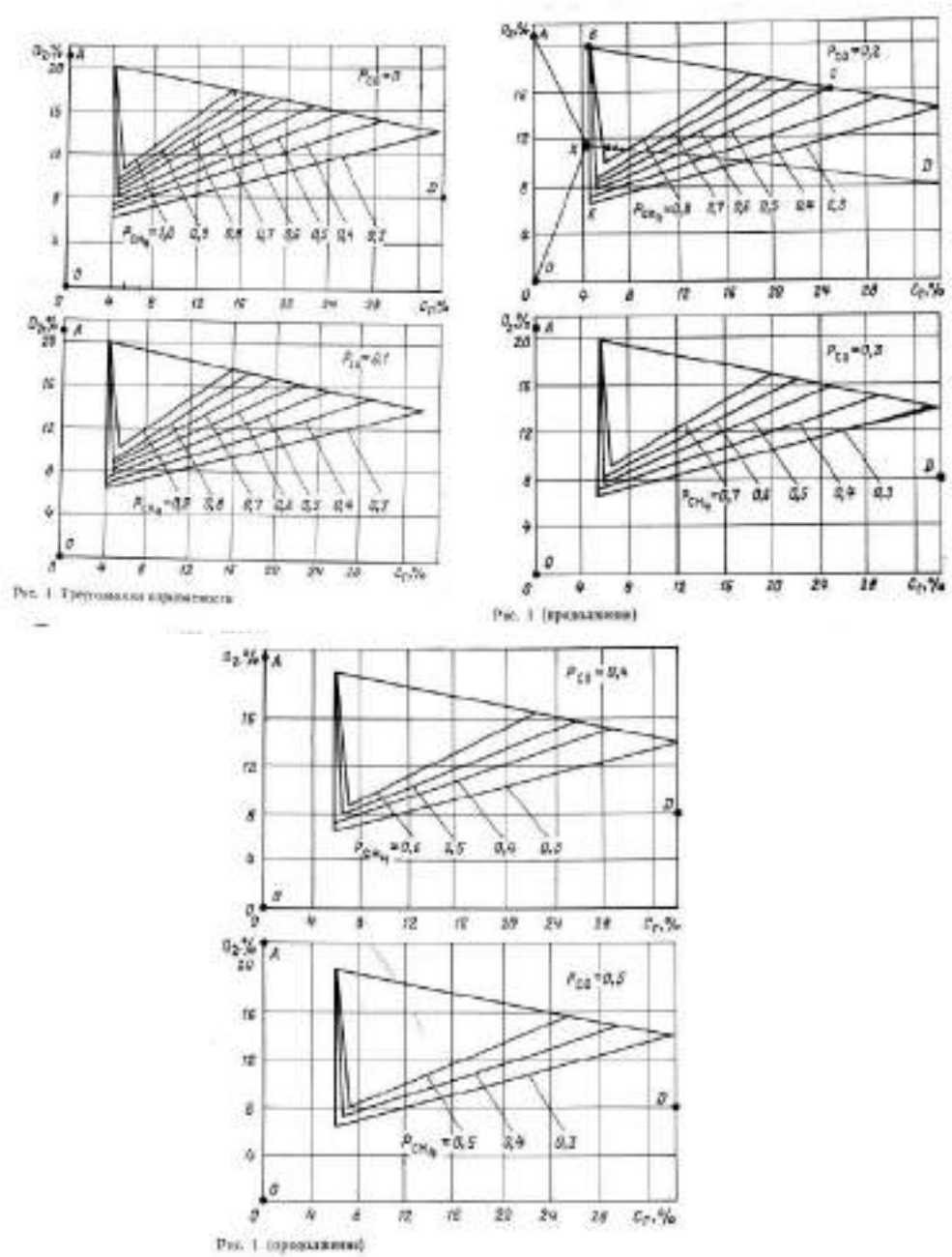
Рис. 1 (продолжение)

Вариант 12

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,7; O_2 – 16,5; CO – 1,7; H_2 – 2,1; CH_4 – 5,7.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.



Вариант 13

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,3; O_2 – 13,7; CO – 1,6; H_2 – 1,5; CH_4 – 3,8.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

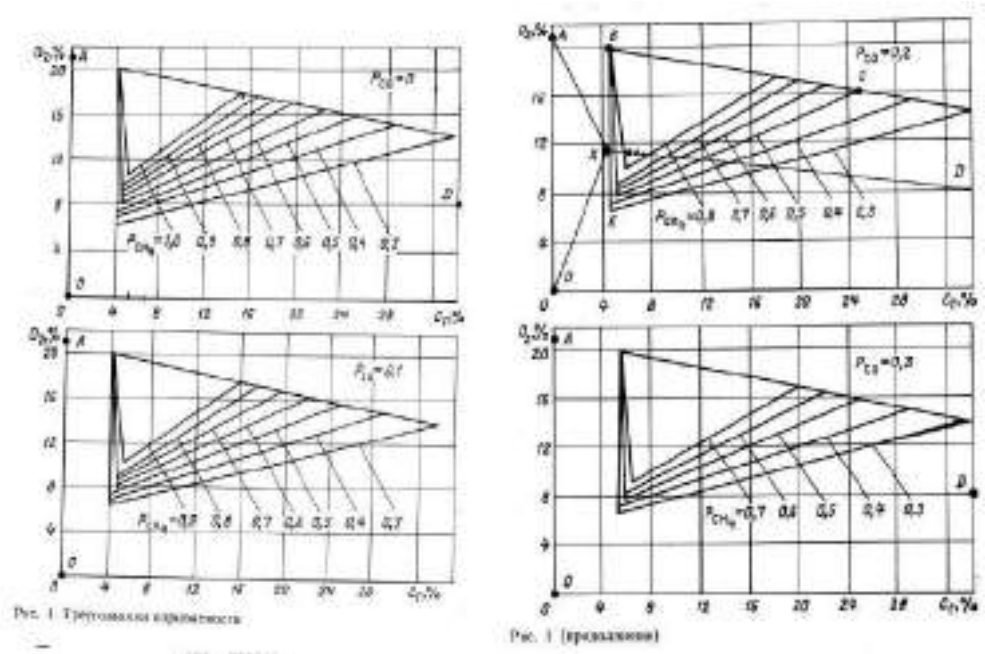


Рис. 1 (продолжение)

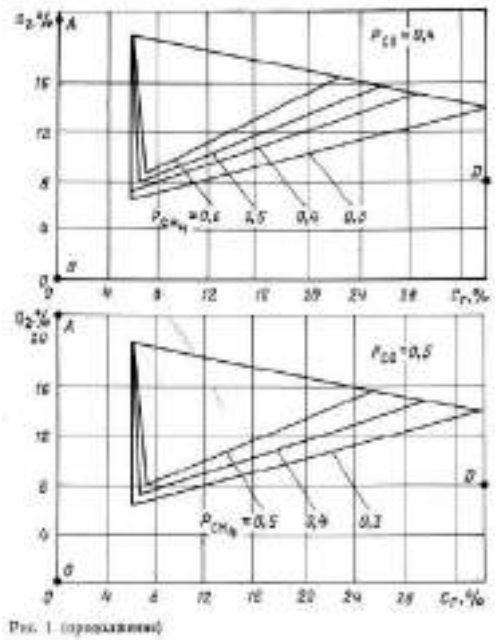


Рис. 1 (продолжение)

Вариант 14

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 5,8; O_2 – 9,0; CO – 0,5; H_2 – 4,7; CH_4 – 2,3.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

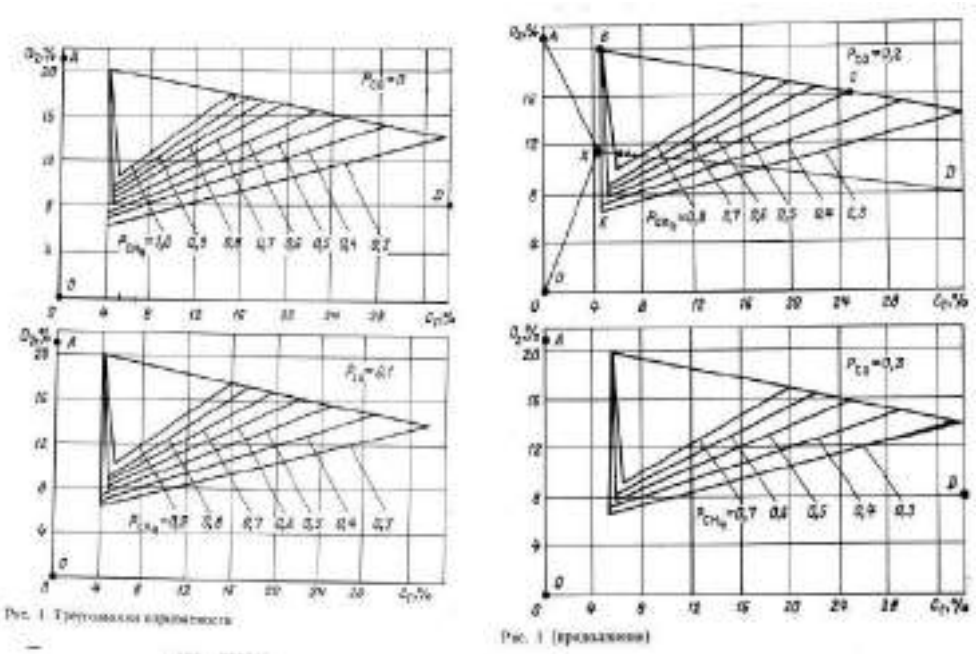


Рис. 1 (продолжение)

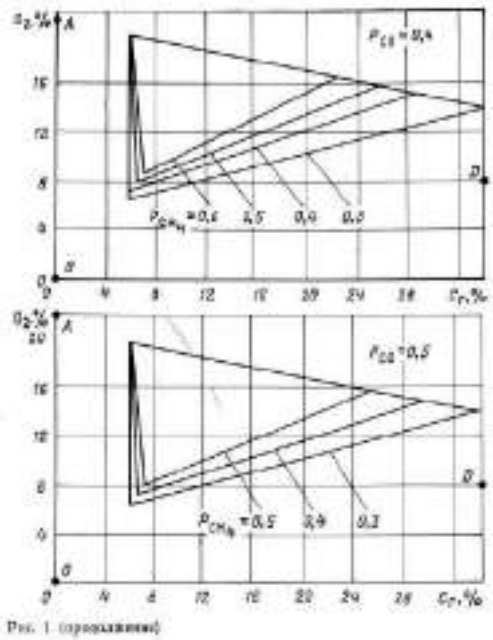


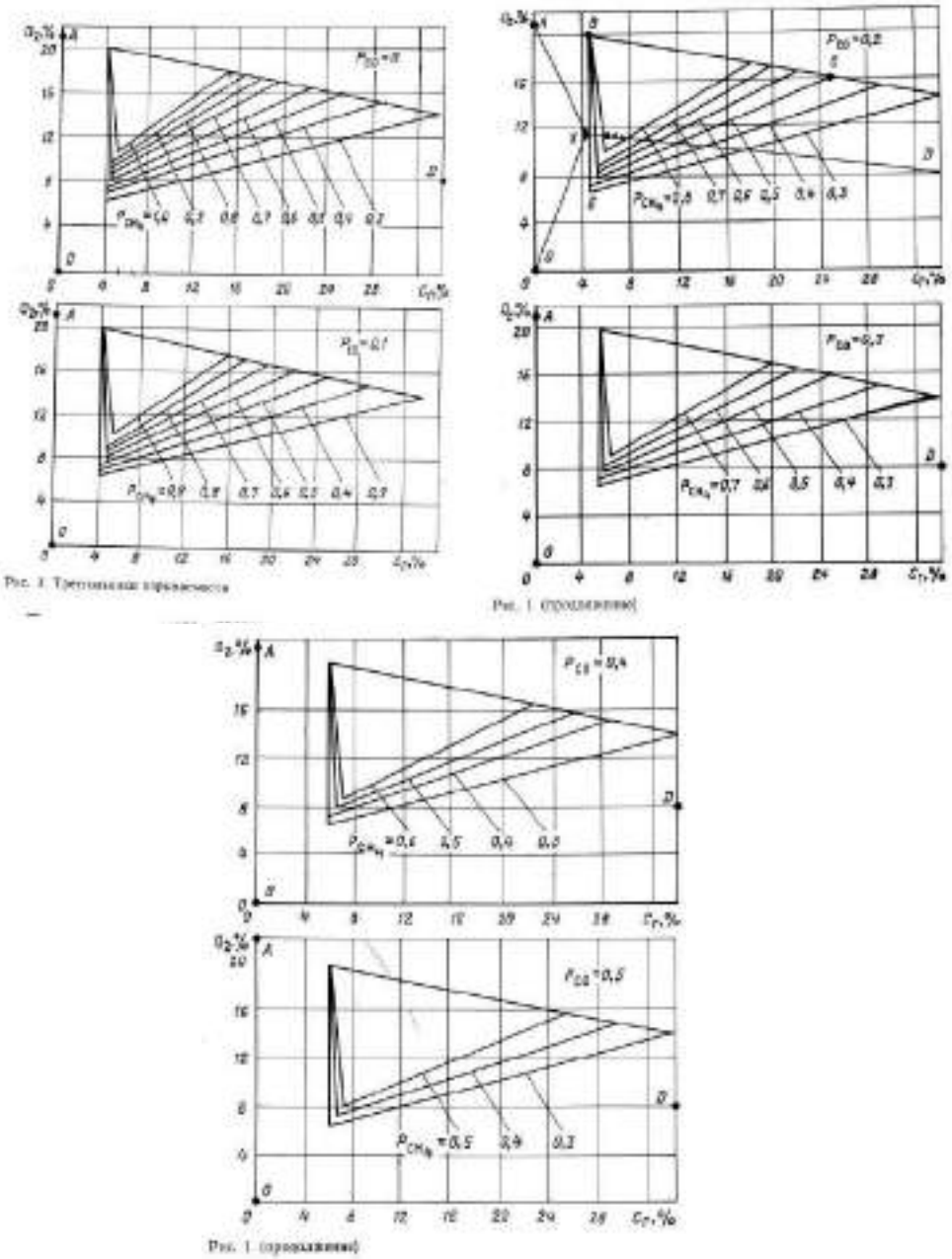
Рис. 1 (продолжение)

Вариант 15

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 1,8; O_2 – 17,6; CO – 0,5; H_2 – 0,9; CH_4 – 7,4.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

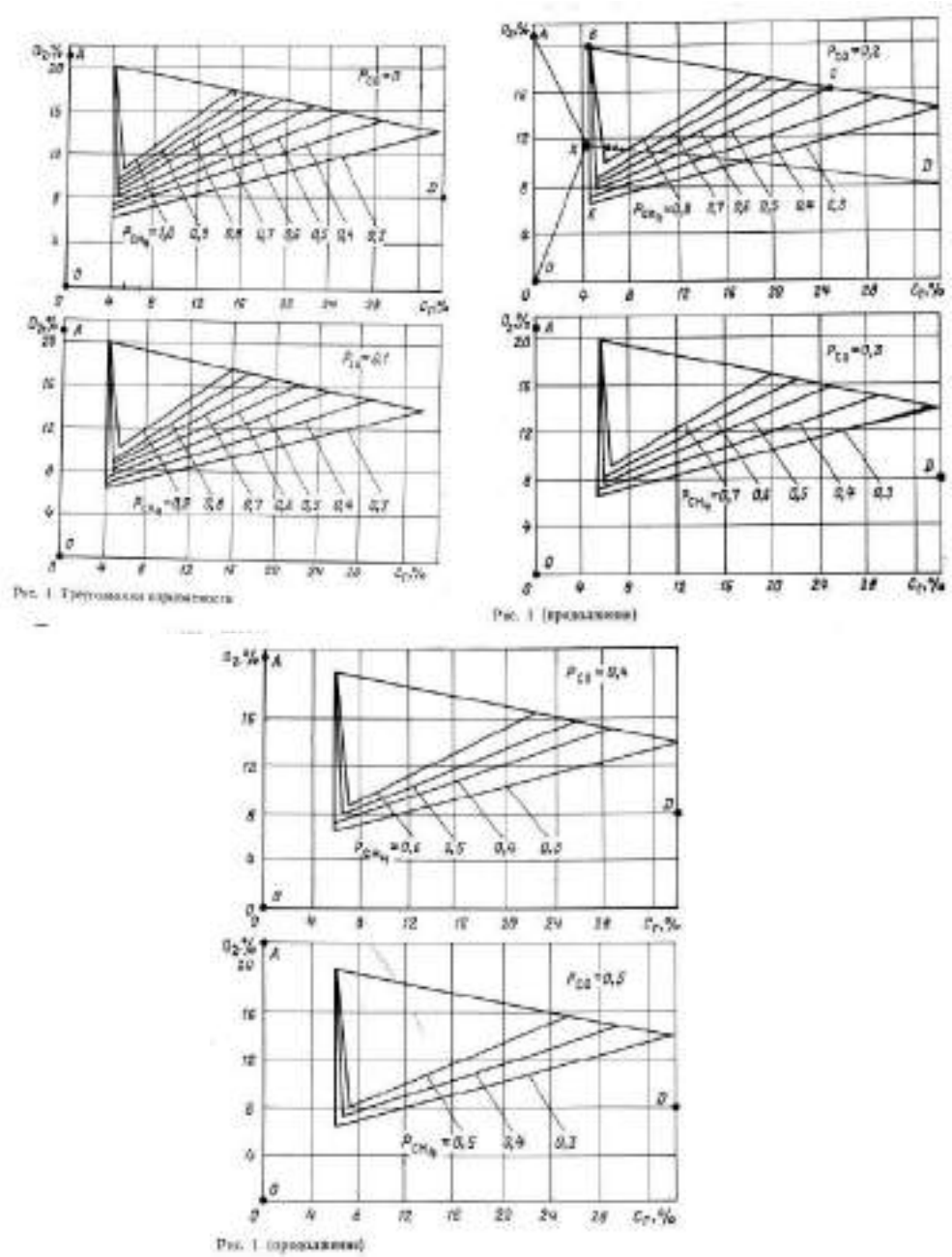


Вариант 16

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 3,2; O_2 – 17,0; CO – 0,5; H_2 – 0,9; CH_4 – 10,0.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

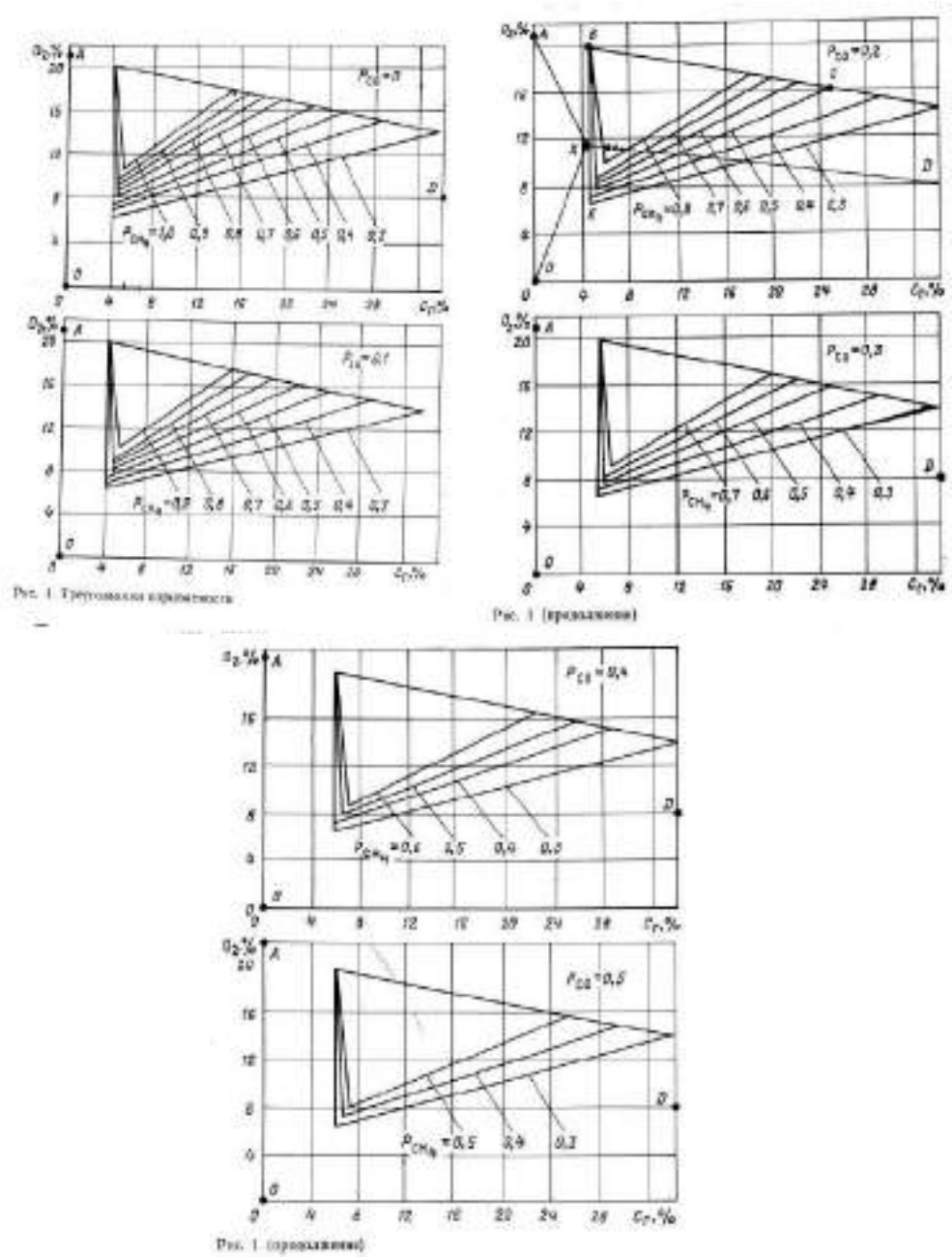


Вариант 17

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 3,0; O_2 – 18,0; CO – 5,0; H_2 – 3,0; CH_4 – 6,2.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.



Вариант 18

1. Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 3,0; O_2 – 18,0; CO – 1,0; H_2 – 3,0; CH_4 – 5,5.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

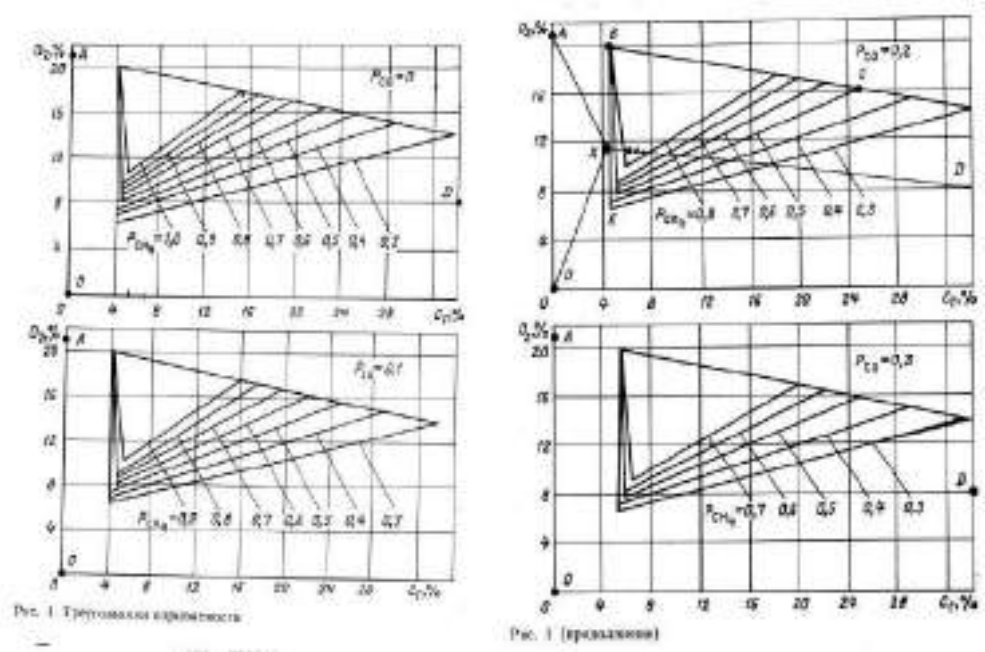


Рис. 1 (продолжение)

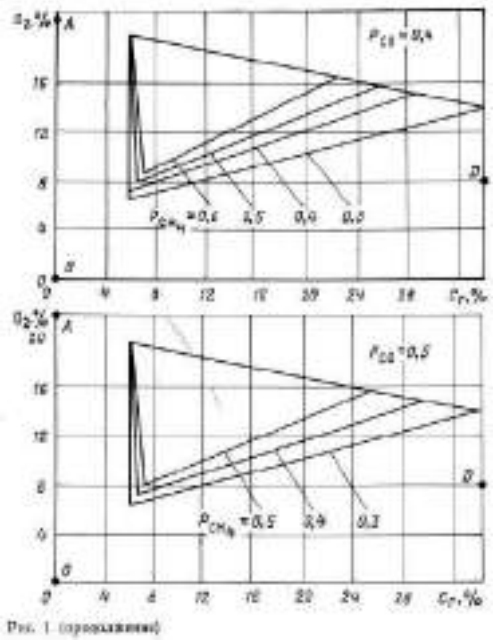


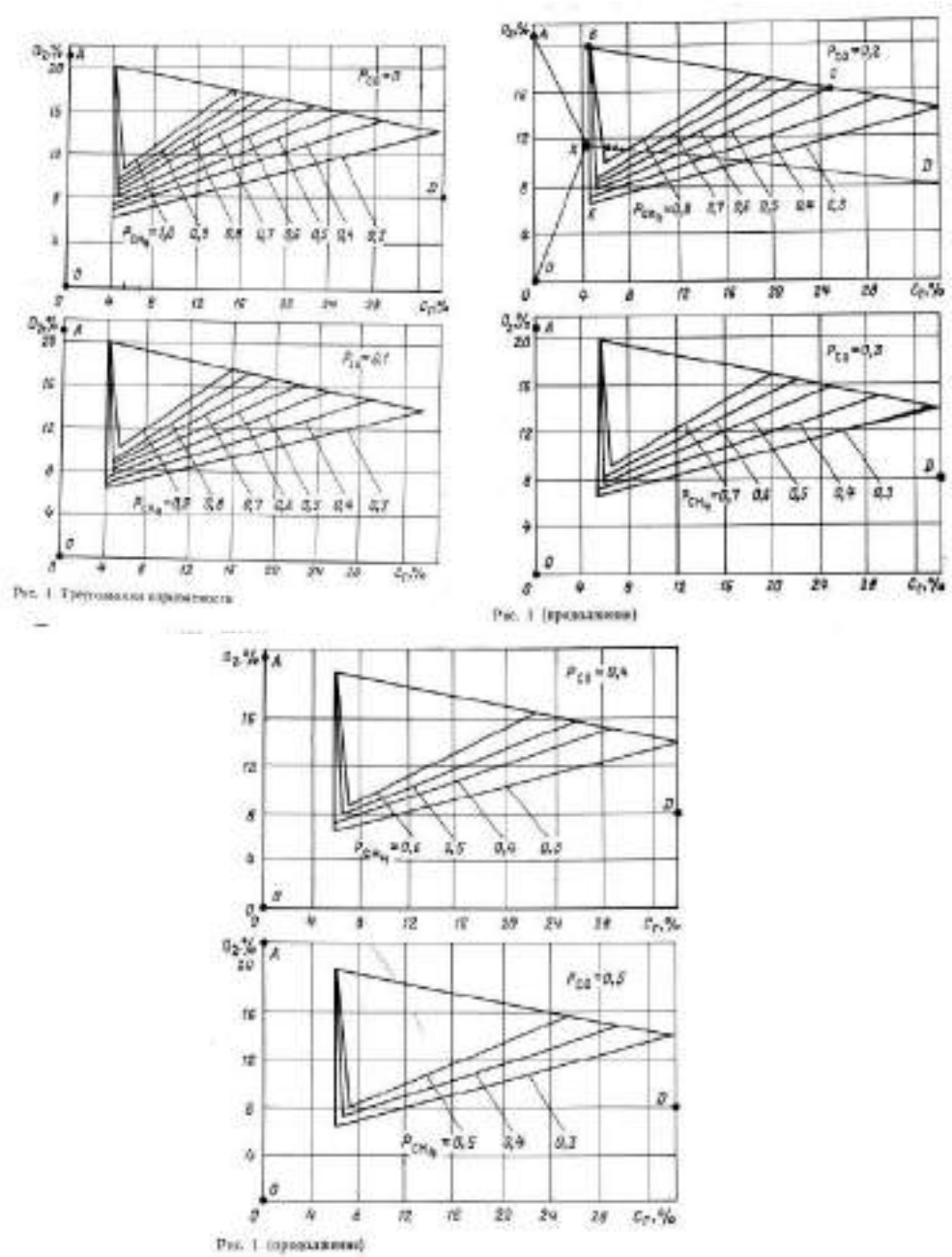
Рис. 1 (продолжение)

Вариант 19

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 3,5; O_2 – 9,5; CO – 4,5; H_2 – 1,5; CH_4 – 5,5.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.



Вариант 20

Определить взрываемость газовой смеси пожарного участка, в котором содержится по объёму, %:

CO_2 – 2,5; O_2 – 12,5; CO – 0,5; H_2 – 1,5; CH_4 – 6,5.

Дать рекомендации по предотвращению взрыва в ходе ведения горноспасательных работ.

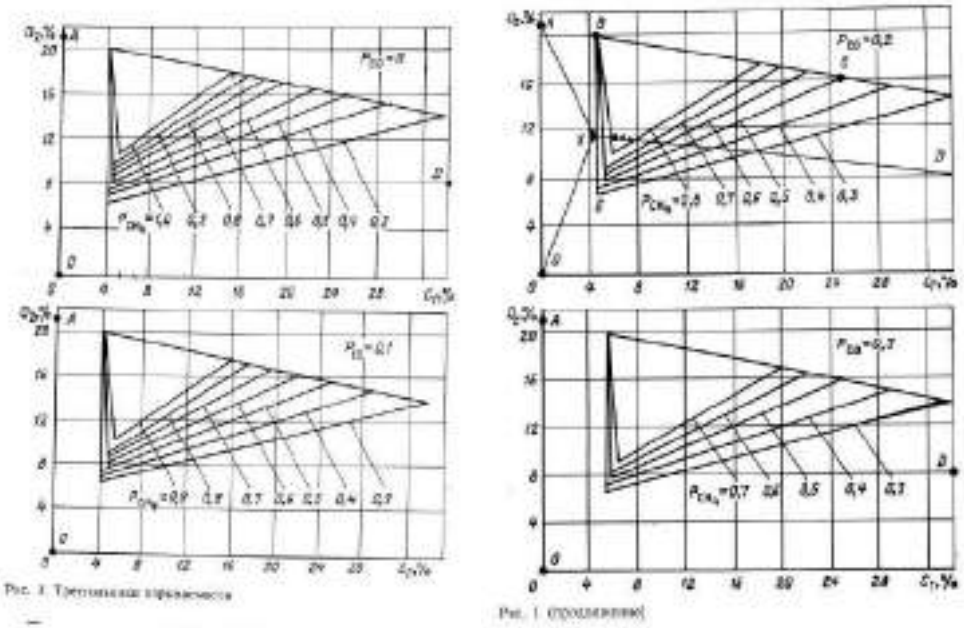


Рис. 1. Треугольник взрываемости

Рис. 1 (продолжение)

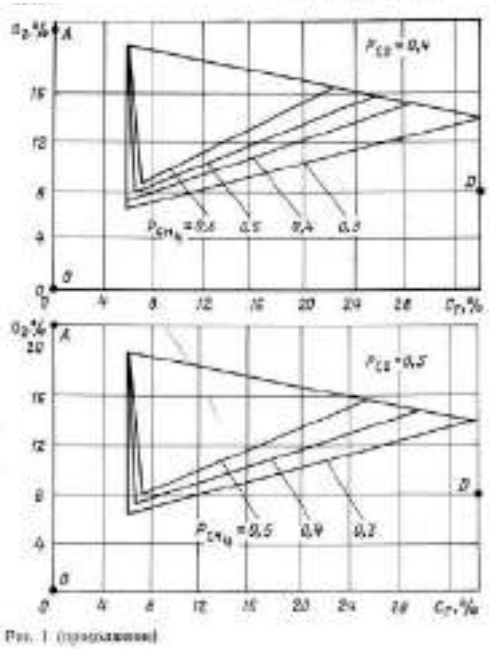


Рис. 1 (продолжение)

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«19» апреля 2019 г.

Председатель комиссии

ст.преп. Н. В. Колчина

А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» / А. Г. Петрушин, М. А. Азанов, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 65 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины в соответствии с учебником [1].

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов, выполнению контрольных и практических заданий всех специализаций специальности 21.05.04 «Горное дело» по курсу «Технология и безопасность взрывных работ».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Петрушин А.Г., Азанов М.А.,
© Прищепа Д. В.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ 19
Практико-ориентированное задание №1 19
Практико-ориентированное задание №2 23
Практико-ориентированное задание №3 26
Практико-ориентированное задание №4 30
Практико-ориентированное задание №5 32

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 144 часов или 4 зачетных единиц.

По курсу «Технология и безопасность взрывных работ» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий; подготовка и защита контрольной работы*. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Технология и безопасность взрывных работ». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

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.

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.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. Краткая история развития взрывных работ.

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования.

Тема 2. Современные виды взрывных работ.

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Назовите современные виды взрывных работ.
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин.
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.
2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

Тема 4. Вращательный способ бурения.

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий полдачи на инструмент.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи.
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно-вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения.

Тема 6. Шарошечное бурение.

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения.

Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.

Начальный импульс. Виды начального импульса. Инициирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсибилизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

Литература: [1, 2, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

Тема 11. Основные положения теории детонации.

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ. Метод Дотриша. Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.

Группы факторов, влияющие на скорость и устойчивости детонации. Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации. Влияние условий взрывания на скорость детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации.

Тема 14. Работа взрыва.

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва.
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

Тема 17. Действие взрыва.

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Отразите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?

4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.

Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения.

Литература: [1, 2, 4, 6]

Контрольные вопросы:

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки.
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства гранулотола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите названию взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

Тема 22. Методы производства взрывных работ.

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов. Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов; их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным спопобом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?

5. Какова величина предельного содержание метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, заряжание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном заряжании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному $q_э$ с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывании зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.

4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

Тема 27. Метод камерных зарядов.

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет. Камерные заряды на сброс и их расчет.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

Тема 30. Персонал для взрывных работ.

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?
3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему склада взрывчатых материалов.

3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Краткая теория

Определение кислородного баланса

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший окисел.

Реакции полного окисления:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 396 \text{ кДж/моль};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O \rightarrow H_2O + 283 \text{ кДж/моль при воде жидкой};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + 241 \text{ кДж/моль при воде парообразной};$$

$$2Al + 1.5O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 1671 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, если ВВ имеет состав в виде $C_aH_bN_cO_d$, то кислородный баланс (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; M_{BB} – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс;

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 109 \text{ кДж/моль;}$$

либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции

$$0{,}5N_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow NO - 90{,}5 \text{ кДж/моль.}$$

Пример 1. Определить кислородный баланс тротила $C_7H_5(NO_2)_3$, относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо $2a + b/2$ или $2 \cdot 7 + 5/2 = 16{,}5$ атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода.

Следовательно,

$$K_6 = \frac{\left[6 - \left(2 \cdot 7 + \frac{5}{2}\right)\right] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

Пример 2. Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры NH_4NO_3 и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен +20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0{,}3 \cdot 20 + 0{,}7 \cdot -74 = -45{,}5\%.$$

Составление рецептуры промышленных ВВ

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделятся не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6,5 и 2,5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие.

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом па основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[\text{КБ}_{DT}]}{[\text{КБ}_{\text{АС}}]},$$

где КБ_{DT} – кислородный баланс дизельного топлива;

$\text{КБ}_{\text{АС}}$ – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1+n},$$

$$x = \frac{100}{1+16} = 5{,}9\ \%.$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5{,}9 = 94{,}1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

$$94{,}1\%\ \text{аммиачной селитры};\ 5{,}9\%\ \text{дизельного топлива}.$$

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с пулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры (NH_4NO_3) и тротила ($C_7H_5(NO_2)_3$).

Кислородный баланс тротила –74%, относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры +20%, относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x\ (-74\%) + (100 - x)\ 20\% = 0,$$

где x – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что $x \approx 21\%$ и $(100 - x) = 79\%$. Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через y, число молей тротила через z. Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10{,}7z.$$

Приняв z = 1, получим y = 10,7.

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид

$$z + 10{,}7y = C_7H_5(NO_2)_3 + 10{,}7NH_4NO_3.$$

Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры NH_4NO_3; 3% солярового масла $C_{16}H_{34}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла x, аммиачной селитры y, алюминиевой пудры z, можно написать химическую формулу в виде

$$y NH_4NO_3 + x\ C_{16}H_{34} + z\ Al.$$

В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3};\quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда y = 83,9x; z = 22,4x.

Примем x = 1, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид

$$83{,}9\ NH_4NO_3 + C_{16}H_{34} + 22{,}4\ Al.$$

Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Краткая теория

Расчет идеальной работоспособности ВВ

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями (dQ). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е. $dQ = 0$. В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравновешивается противодавлением среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$\text{А}_\text{и} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где $\overline{C_V}$ - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от T_1 до T_2;

T_1 - начальная температура взрыва;

T_2 - конечная температура ПВ.

Для газовых взрываемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида pV' = const, пользуясь уравнением Клайперона $(PV'=RT)$, получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

где $Q_{\text{взр}}$- потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

V_1 и V_2 - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м^3/кг;

P_1 и P_2 - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$y = Cp/Cv$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета A_u конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе (P_2 = 1,01·10^{5}Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{\text{взр}} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$ - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \tag{2.10}$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \tag{2.11}$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности (A_u) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, $y = Cp/Cv$. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то y = 1,25. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то y = 1,2. Величина y снижается (соответственно снижается A_u и η), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, $A1_2O_3$ и др.). В этих случаях y = 1,15, и 1,05.

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания 900 кг/м^3 и следующих параметрах взрывного превращения:

$V_{пв}$= 0,86 м^3/кг,

$Q_{взр}$ = 4300кДж/кг;

$T_{взр}$=2600^o К.

Для расчета показатель адиабаты принимается y=1,25. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1{,}01*10^5*0{,}86*2600*900}{273*(1-0{,}001*0{,}86*900)} = 3{,}3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{3{,}3 * 10^9}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}}\right) = 3762{,}2\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762{,}2}{4300} = 0{,}875$$

или $\eta = 87{,}5\%$

Практико-ориентированное задание №3

Расчет скважинного заряда при уступной отбойке на карьере

Цель работы – овладение методикой проектирования параметров буровзрывных работ при открытой разработке месторождений скважинным способом

Краткая теория

При разработке месторождений открытым способом (на карьерах и разрезах) используют в основном метод скважинных зарядов. В слабых породах используют вращательное (шнековое) бурение. В более прочных породах преобладает шарошечное бурение. В крепчайших породах с коэффициентом крепости f > 14-16 наиболее эффективно термическое бурение скважин. Скважины на уступе карьера располагают в один или несколько рядов по различным схемам в зависимости от свойств разрушаемых пород и требуемой конфигурации забоя. Расположение скважин на уступе характеризуют следующими показателями (рис. 1):

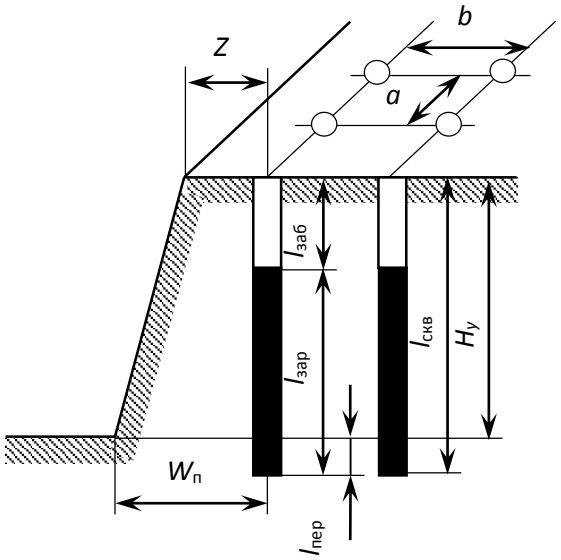


Рис. 3.1 Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – высота уступа, м; $W_п$ – линия сопротивления по подошве (ЛСПП); a – расстояние между скважинами, м; b – расстояние между рядами скважин, м; Z – безопасное расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, м; $l_{зар}$ – длина заряда, м; $l_{пер}$ – длина перебура, м; $l_{заб}$ – длина забойки, м; $l_{скв}$ – длина (глубина) скважины, м; α - угол откоса уступа.

Характеристики и расположение скважин в первую очередь зависят от удельного расхода ВВ. Оптимальная величина удельного расхода ВВ определяется множеством факторов. При этом определяющую роль играют свойства разрушаемого массива, размеры его блоков (расстояние между трещинами), степень и качество заполнения трещин, их расположение

относительно вектора смещения породы и т. п. Учесть все эти факторы в единой теоретической модели не представляется возможным. Поэтому во многом оптимальные параметры процесса определяются путем опытного взрывания и интерпретации его результатов на основе общефизических представлений.

Удельный расход «эталонного» ВВ ($q_э$) может быть определен по данным таблицы 1.

Таблица 3.1

Эталонный удельный расход ВВ, кг/м^3

Категория пород по степени трещиноватости	Коэффициент крепости горных пород f по шкале проф. М. М. Протодьяконова			
	2 - 6	6 - 10	10 – 14	более 14
I	0,2	0,25	0,3	0,35
II	0,3	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,5	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,9
V	0,9	1,0	1,1	1,2

Реальный удельный расход ВВ рекомендуется определять путем введения серии поправочных коэффициентов, учитывающих тип ВВ, конструкцию заряда, наличие свободных поверхностей, заданную степень дробления и др:

$$q_р = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_{гп}}{2{,}6}, \qquad (3.1)$$

где $q_э$ – эталонный расход Граммонита 79/21, кг/м^3;

e – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_{эт} / A_{ВВ}, \qquad (3.2)$$

$A_{эт}$ = 3560 кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Граммонит 79/21);

$A_{ВВ}$ – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

k_d - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

$\rho_{гп}$ – плотность горных пород, т/м^3.

Таблица 3.2

Значения поправочного коэффициента на кондиционный размер куска k_d

Допустимый размер крупных кусков, мм	250	500	750	1000	1250	1500
k_d	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

Диаметр заряда определяется диаметром рабочего органа буровой машины (долота, коронки или резца) $d_{скв}$ с учетом характеристик разрабатываемых пород:

$$d_{зар} = k_р d_{скв}, \quad (3.3)$$

где $k_р$ = 1,06 – (f – 2) 0,003 – коэффициент расширения скважин.

Удельная вместимость 1 м скважины:

$$P = 0{,}785 \cdot d_{зар}^2 \cdot \Delta, \quad (3.4)$$

где Δ, кг/м^3 - плотность заряда в скважине.

Линия сопротивления по подошве (ЛСПП) для одиночной скважины:

$$W_п = 0{,}9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_р}}, \quad (3.5)$$

В соответствии с правилами безопасности при бурении первого ряда скважин станок располагается перпендикулярно верхней бровке уступа, за призмой обрушения, но не ближе 2 м от верхней бровки уступа, поэтому минимально допустимая по условиям безопасного расположения бурового станка линия сопротивления по подошве (W_{min}) для вертикальных скважин рассчитывается из соотношения

$$W_{min} = H_у \operatorname{ctg}\alpha + Z, \quad (3.6)$$

где α – угол откоса рабочего уступа, град;

Z – ширина призмы обрушения, $Z \geq 2$ м.

Величина принимаемой при расчетах линии сопротивления по подошве ($W_п$) должна удовлетворять соотношению:

$$W_{min} < W_п. \quad (3.7)$$

Если значения $W_{min} > W_п$, это означает, что принятые параметры скважин и характеристики ВВ не обеспечивают проработку подошвы уступа. В этом случае следует изменить диаметр скважины, тип применяемого ВВ или перейти к наклонным скважинам.

Глубина перебура:

$$l_{пер} = 0{,}6 \cdot d_{скв} \cdot f + 0{,}75. \quad (3.8)$$

Глубина скважины:

$$l_{\text{скв}} = H_{\text{у}} + l_{\text{пер}} \tag{3.9}$$

Масса заряда в скважине:

$$Q = l_{\text{скв}} \cdot P \cdot k_{\text{зап}} \tag{3.10}$$

где $k_{зап}$ – коэффициент заполнения скважины, принимаемый по таблице 3.3.

Таблица 3.3

Коэффициент заполнения скважин

Категория блочности	Высота уступа										
	10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
1	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,51	0,52	0,53	0,53
2	0,51	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,58
3	0,56	0,57	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63
4	0,62	0,62	0,63	0,64	0,64	0,65	0,66	0,66	0,67	0,67	0,68
5	0,67	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72

Длина заряда:

$$l_{\text{зар}} = l_{\text{скв}} \cdot k_{\text{зап}} \tag{3.11}$$

Длина забойки:

$$l_{\text{заб}} = l_{\text{скв}} - l_{\text{зар}} \tag{3.12}$$

Расстояние между скважинами:

При квадратной сетке расположения, расстояния между рядами скважин (b) равно расстоянию между скважинами в ряду (a), тогда:

$$S_{a \cdot b} = \frac{Q}{H_{\text{у}} \cdot q_{\text{р}}} \tag{3.13}$$

$$S_{a \cdot b} = a \cdot b$$

$$a = b$$

$$a = \sqrt{S_{a \cdot b}}$$

Окончательные расстояния между рядами скважин и между скважинами в ряду округляются с шагом 0,5 м.

Задание: рассчитать параметры буровзрывных работ при скважинной отбойке в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

Практико-ориентированное задание №4

Расчёт безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов

Цель работы – овладение методикой расчета безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов.

При определении зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов на земной поверхности, следует выделять и отдельно рассчитывать безопасные расстояния для людей зданий и сооружений, машин и механизмов.

При взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) расстояние опасное для людей, рассчитывается по формуле:

$$r_{разл} = 1250 \cdot h_3 \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + h_{заб}} \cdot \frac{d}{a}} \qquad (4.1)$$

где $h_з$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$h_3 = \frac{l_{зар}}{l_c}, \qquad (4.2)$$

$l_{зар}$ – длина заряда ВВ, м;

$l_{зар}$ – глубина скважины, м;

f – коэффициент крепости горных пород;

$h_з$ – коэффициент заполнения скважины забойкой:

$$h_3 = \frac{l_{заб}}{l_н}, \qquad (4.3)$$

$l_{зар}$ – длина забойки, м;

$l_н$ – длина свободной от заряда верхней части скважины, м;

d – диаметр взрываемой скважины, м;

a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

Расчётные значения радиусов разлета осколков округляются в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое безопасное расстояние не должно быть меньше указанных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Минимально допустимые безопасные расстояния для людей при взрывных работах

№ п/п	Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
1.	Наружных зарядов, в том числе кумулятивных	300 (по проекту)
2.	Шпуровых зарядов	200
3.	Котловых шпуров	200
4.	Малокамерных зарядов (рукавов)	200*
5.	Скважинных зарядов	Не менее 200**
6.	Котловых скважин	Не менее 300
7.	Камерных зарядов	Не менее 300

* - при взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

** - радиус опасной зоны указан для взрывания зарядов с забойкой.

Практико-ориентированное задание №5

Составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

Краткая теория

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

5.1. Общие положения

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и

расположения их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

5.2. Определение параметров буровзрывных работ

5.2.1. Выбор взрывчатых материалов

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 5.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 5.1

Рекомендуемые ВВ

Условия взрывных работ	Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости пород *f*	Тип ВВ	Способ заряжания
Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли	Сухие шпуры	до 12	Гранулит М Граммонит 79/21 Гранулит АС-4В Гранулит-игданит	Механизированный
			Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Гранулит АС-8В	Механизированный
			Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	Ручной
	Обводнённые шпуры	до 12	Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	
Выработки, опасные по взрыву газа и пыли	Сухие и обводнённые шпуры	Для взрывания по породе	Аммонит АП–5ЖВ	Ручной
		Для взрывания по углю с учетом степени опасности	IV кл. Аммонит Т-19 Аммонит ПЖВ-20 V кл. Угленит Э-6 VI кл. Угленит 12ЦБ	
	Для водораспыления	Открытый заряд	Ионит	

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непредохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м^3	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м^3	Расстояние передачи детонации между патронами, см		Диаметр патронов, мм	Масса патрона, кг	Длина патрона, мм
					Сухие	После выдержки в воде			
Аммонит № 6ЖВ	3561	1000-1100	3917	1,0	5-9	3-6	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал М-10	4410	950-1100	4520	1,15	4	3	32	0,2	250
Детонит М	4316	1000-1200	4963	1,27	8-18	5-15	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал скальный № 1	4420	1000-1100	4641	1,18	8-14	5-10	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонит АП-5ЖВ	2991	1000-1150	3215	0,82	5-10	2-7	36	0,3	250
Аммонит Т-19	2564	1000-1200	2820	0,72	7-12	4-8	36	0,3	240
Угленит Э-6	1946	1100-1250	2289	0,58	5-12	3-10	36	0,3	240
Угленит 12 ЦБ	1770	1200-1350	2256	0,58	4	2	36	0,3	240
Ионит	1482	1000-1200	1704	0,44	–	–	36	0,3	240
Гранулит М	3163	780-820 (1000-1150)*	3384	0,86					
Гранулит АС-4В	3645	800-850 (1100-1200)*	4192	1,07					
Гранулит АС-8В	3997	800-850 (1100-1200)*	4597	1,17					
Гранулит-игданит	3150	800-850 (1100-1200)*	3760	0,85					

* Плотность при механизированном заряжании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 5.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 5.3

Электродетонаторы для шахт и рудников

Тип электродетонаторов	Кол-во серий	Интервалы замедления, мс (с)	Безопасный ток, А	Гарантийный ток, А	Сопротивление, Ом	Примечание
ЭД-8Ж(Э)	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы непредохранительные нормальной чувствительности
ЭД-3-Н	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭД-1-8-Т	1	0	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам
ЭД-3-Т	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭДКЗ-ОП	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности
ЭДКЗ-П	5	25, 50, 75, 100, 125 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭДКЗ-ПМ	7	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭД-КЗ-ПКМ	9	4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	

Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИ3 служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИ3 заданного интервала замедления.

Таблица 5.4

Характеристики систем неэлектрического инициирования

Устройство	Интервал замедления, мс	Назначение
СИНВ-Ш	0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	Изготовление патронов-боевиков
ДБИ3	0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	

Примечание. Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

5.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

– врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;

– врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 5.5.

Таблица 5.5

Тип вруба и глубина шпуров

Тип буровой техники	Сечение выработки, м^2	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м	Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м
Установки механизированного бурения	–	Прямые врубы с максимально возможной глубиной по технической характеристике машины

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки (B) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 B, применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м^2) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 5.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

5.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

5.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 5.6.

Таблица 5.6

Параметры вертикального клинового вруба

Группа крепости пород по СНиП	Коэффициент крепости пород *f*	Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм	Количество шпуров во врубе при сечении выработки ($м^2$)		Угол наклона шпуров к плоскости забоя α, град.
			до 12	более 12	
IV-V	1-6	500	4	4-6	75-70
VI	6-8	450	4-6	6-8	68
VII	8-10	400	6-8	8-10	65
VIII	10-13	350	8-10	10-12	63
IX	13-16	300	10-12	12-14	60
X	16-18	300	10-12	12-14	58
XI	20	250	10-12	12-14	55

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (5.1)$$

где e – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 5.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

d – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 5.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 5.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 5.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (5.2)$$

где B – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Таблица 5.7

Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, м

Ширина выработки, м	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
2,0	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
2,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
3,0	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
3,5	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4
4,0	2,8	2,6	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7
4,5	3,2	2,9	2,5	2,4	2,3	2,0	1,9
5,0	3,5	3,1	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1

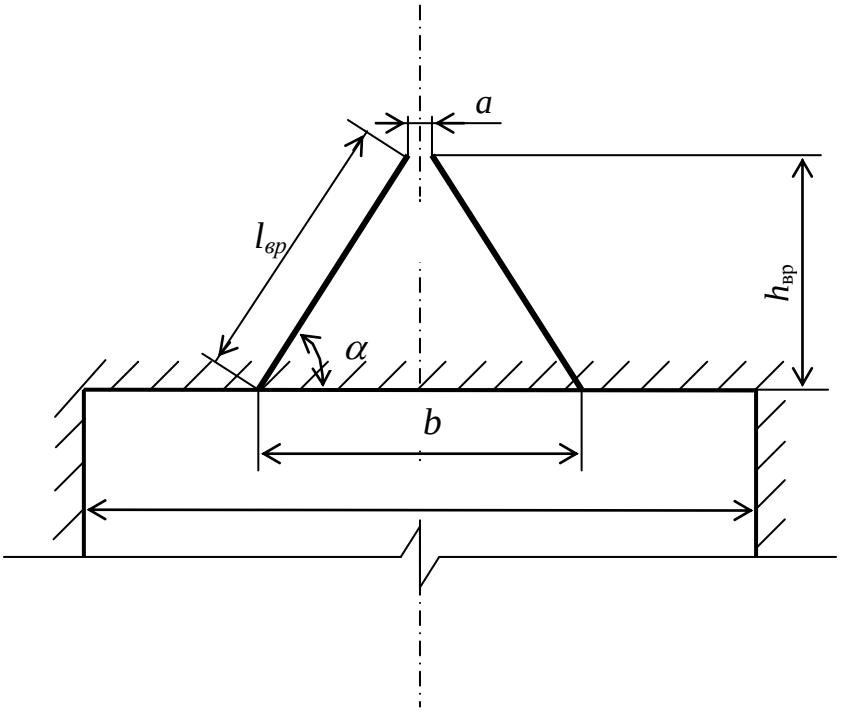


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0,1 \div 0,2), \quad (5.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (5.4)$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \quad (5.5)$$

где a – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород a = 0,15-0,2 м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров α.

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

5.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 5.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный *а*; щелевой *б*; спиральный *в* и двойной спиральный *г*.

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуром (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуром или серией шпуров (пробивное расстояние W_1) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 5.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние W_1, определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.1).

Пробивные расстояния W_1 учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрываемых вторыми и последующими во врубе (W_1, W_2, W_3 и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

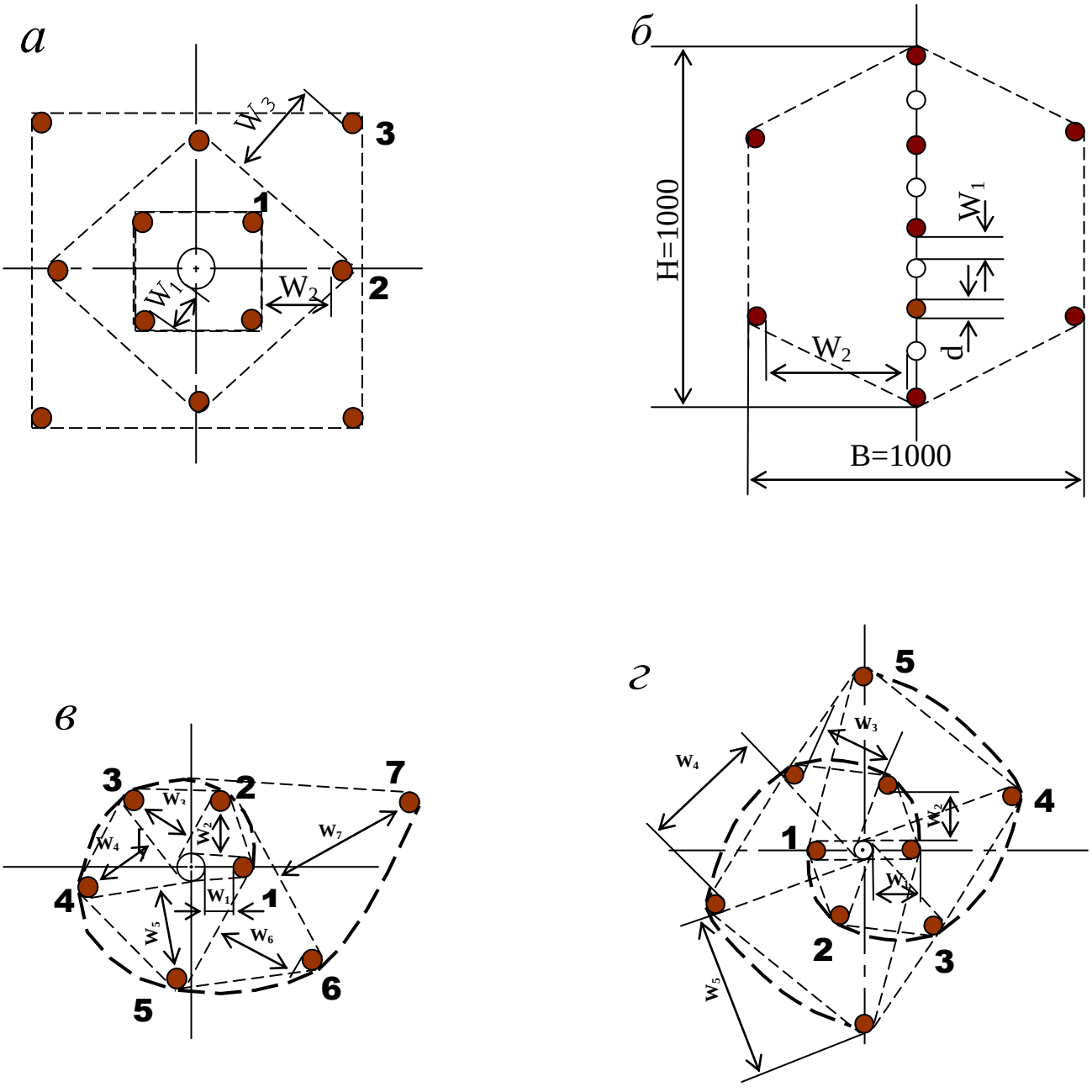


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Таблица 5.8

Пробивные расстояния W_1, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	115	100	90	80	60	60	55
51	125	110	100	90	80	70	65
56	150	130	110	95	90	85	75
75	170	150	130	105	100	95	85
105	190	170	150	120	110	105	95
125	230	200	170	140	120	110	100

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрываемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (5.6)$$

где W_1 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

D_x – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

d – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния (W_2, W_3 и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 5.2) в масштабе 1:5.

Таблица 5.9

Пробивные расстояния W_2, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	170	150	140	130	120	115	110
51	180	160	150	140	130	120	115
56	210	180	170	160	150	140	130
75	260	210	200	185	170	150	140
105	300	260	240	215	200	185	175
125	340	300	270	250	230	220	215

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм

Диаметр шпуров, мм	Коэффициент крепости пород *f*						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	1000-900	800	700	650	600	550	500

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м^2 необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 5.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{5.7}$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{5.8}$$

где H – высота вруба, мм;

W_1 – пробивное расстояние, мм;

d – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 5.2, *б*) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние W_2 для шпуров, взрываемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 5.11.

В породах с f >10 расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 5.11

Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами

Условия взрывания	Класса ВВ			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,6	0,6	0,5	0,4
По породе:				
при f <7	0,5	0,45	0,3	0,25
при f >10	0,4	0,3	–	–

В породах с коэффициентом крепости f < 6 обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 5.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

5.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (5.9)$$

где q – удельный заряд ВВ, кг/м^3;

f – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (5.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

f_1 – коэффициент структуры породы;

v – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

e – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \qquad (5.10)$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

ρ, $\rho_{\text{э}}$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м^3.

Необходимые данные для расчета величины e принимают из табл. 5.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (5.10) и в табл. 5.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы f_1 принимается из табл. 5.12.

Таблица 5.12

Коэффициент структуры породы f_1

Характеристика пород	Категория пород	Коэффициент структуры породы f_1
Монолитные, крепкие, вязкие, упругие	I	1,6
Трещиноватые, крепкие	II	1,2-1,4
Массивно-хрупкие	III	1,1
Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов	IV	0,8-0,9

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \qquad (5.11)$$

где $S_{\text{вч}}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м^2.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах v = 1,1–1,4 (меньшие значения – для больших сечений выработок).

При щелевом врубе на полную высоту выработки для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (5.9) следует принимать коэффициент зажима породы v = 1,4.

Прямые (дробящие) врубы требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (5.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы v = 1,1–1,4.

5.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 5.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное заряжание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжания. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

5.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (5.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м^3;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

γ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^{\,2} \rho \alpha / 4, \qquad (5.13)$$

где d – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном заряжании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном заряжании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 5.2). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м^3.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с f = 2-8 – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (5.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 5.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 5.13

Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок

Коэффициент крепости пород f	Сечение выработки вчерне, м^2						
	4	6	8	10	12	14	16
2-4	8-11	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	35-42
5-7	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	39-42	43-46
8-10	16-20	21-26	27-32	33-37	38-42	42-46	47-50
12-14	20-24	26-30	32-36	37-42	42-46	46-50	50-54
более 14	26-28	32-36	36-40	44-48	48-52	52-54	56-60

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (5.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), м^2;

N, $N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном 85–87^o к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии (150–200 мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

При применении прямых врубов количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (5.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, м^2.

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (5.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot(S_{вч} – S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (5.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (5.19)$$

где d – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения врубового шпура, 0,7-0,95 (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}} . \quad (5.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \quad (5.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \quad (5.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \quad (5.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжании патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжании заряд ВВ в шпуре состоит из патрона-боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжания при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \quad (5.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta)\,, \quad (5.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \quad (5.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м^2, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м^3 взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м^2	Коэффициент крепости пород f		
	1–2	2–9	10–20
до 8	5*	10	12
от 8 до 15	4	8	10
более 15	3	5	7

*Коэффициент излишка сечения: КИС = 1 + Δ = 1 + 5/100 = 1,05.

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\, \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м^3 взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\, l_{шп}\, \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (5.30)$$

где B – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

5.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 5.15).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho\,(l/S), \qquad (5.31)$$

где R – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0{,}0172\cdot10^{-6}$, для алюминиевых $0{,}0286\cdot10^{-6}$ и для стальных $0{,}12\cdot10^{-6}$ Ом·м;

l – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

S – сечение проводов, м^2.

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 5.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 5.15

Взрывные приборы и машинки

Наименование прибора (исполнение)	Напряжение, В	Масса, кг	Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом	Назначение и область применения
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М (РВ) КВП-2/200М (РН)	 600 1700	 2 2,5	 320 1700	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ)	610	2,7	320	
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН)	1600	3,0	200	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{гар}$ = 1 А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{гар}$ = 1,3 А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{гар}$ = 2,5 А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.35}$$

где I – сила тока в электровзрывной сети, А;

E – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

R – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

n – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

m – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

i – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

r – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_{\text{п}} + r_{\text{с}}L_{\text{с}} + r_{\text{м}}L_{\text{м}}, \tag{5.36}$$

где $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31));

$L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 5.16

Характеристики проводов для электровзрывания

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм^2	Сопротивление 1 м провода, Ом/м
ВП-05	соединительные	0,5	0,196	0,090
ВП-08	магистральные	0,8	0,502	0,034
ВП-07х2	магистральные	0,7х2	0,769	0,024

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \tag{5.37}$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \tag{5.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

5.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Сверло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 5.17

Область применения бурильных машин и установочных приспособлений

Коэффициент крепости пород	Тип бурильных машин и установочных приспособлений
1,5–3	Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках
4–6	Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
7–9	Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
10–20	Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБГП-1, ЭБГП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с f <8.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок проводят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с f < 8; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с f = 6-10, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с f = 10-14; ударно-поворотного действия в породах с f = 10-20.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 5.2 – 5.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м^2 площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м^2 площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 5.18

Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики	Тип бурильной установки					
	УБШ-204 (БУЭ-1М)	УБШ-214А	УБШ-308У (1СБУ-2)	УБШ-303 (1БУР-2)	УБШ-254	УБШ-332Д
Коэффициент крепости пород f	4-8	4-16	8-14	4-16	8-14	8-14
Диаметр шпуров, мм	42	42-52	42-52	42-52	42-52	42-52
Длина шпуров, м	2,75	2,75	2,8	2,8	2,4	3,0

Зона бурения, м^2		6-12	4,2-12	до 20	до 20	до 12	8-22
Бурильная машина	тип	БУЭ	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	«Норит-1» (гидравл.)	М2 (БГА-2М)
	кол-во	1	1	2	2	1	2
Тип платформы		рельс.	рельс.	гусен.	рельс.	гусен.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		8,2	6,0	7,8	7,1	7,2	11,0
ширина		1,3	1,0	1,6	1,15	1,4	1,75
высота		0,9	1,5	1,7	1,65	1,8	2,3
Масса, т		5,4	4	8,6	5	7,2	12

Таблица 5.19

Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики		Тип бурильной установки				
		Minimatic 205-40	Mini 206-60	Paramatic 305-60	Rocket Bomer 104S	Rocket Bomer 282S
Коэффициент крепости пород *f*		8-20	8-20	8-20	8-20	8-20
Диаметр шпуров, мм		32-50	32-50	32-50	32-50	32-50
Длина шпуров, м		3,4	3,4	3,4	4,0	4,0
Высота обуривания, м		6,0	6,4	7,1	4,7	6,3
Ширина обуривания, м		8,8	9,8	10,4	4,7	8,7
Зона бурения, м^2		8-49	8-60	12-68	до 20	до 45
Бурильная машина	тип	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	COP 1838 ME пневмат.	COP 1838 ME пневмат.
	кол-во	2	2	3	1	2
Тип платформы		пневм.	пневм.	пневм.	пневм.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		12,3	12,7	5,3	9,8	12,1
ширина		1,98	2,24	2,5	2,0	2,0
высота		2,35	2,35	2,8	2,6	3,1
Масса, т		19	20	36	14	18

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 м^2.

5.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

Пример оформления графической части:

Паспорт
буровзрывных работ на проведение

_____

(*наименование выработки*)

1. Характеристика выработки

1.1. Форма сечения выработки _____

1.2. Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м^2 _____

1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____

- ширина, м _____

1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

2. Характеристика пород

2.1. Наименование пород _____

2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова _____

2.3. Трещиноватость пород _____

2.4. Обводнённость пород _____

3. Исходные данные

3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____

3.2. Способ взрывания _____

3.3. Диаметры - шпуров, мм _____

- патронов, мм _____

3.4. Тип вруба _____

3.5. Материал забойки _____

3.6. Схема соединения электродетонаторов _____

3.7. Источник электрического тока _____

4. Расчётные данные по шпурам

№№ шпуров	Наименование шпуров по назначению	Глубина шпуров, м	Угол наклона шпуров, град.	Расстояние между шпурами, м	Величина заряда в шпуре, кг	Длина заряда, м	Длина забойки в шпуре, м	Очередность взрывания, интервал замедления, мс	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Схема расположения шпуров

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

6. Конструкции зарядов

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

7. Основные показатели буровзрывных работ

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Количество
1	Коэффициент использования шпуров	-	
2	Подвигание забоя за взрыв	-	
3	Объём горной массы за взрыв	$м^3$	
4	Количество шпуров на цикл	шт.	
5	Количество шпурометров на цикл	м	
6	Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки	м шп./м	
7	Количество шпурометров на 1 $м^3$ взорванной породы	м шп./$м^3$	
8	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	кг/м	
10	Расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной породы	кг/$м^3$	
11	Расход средств инициирования на цикл: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	
12	Расход средств инициирования на 1 метр выработки: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	

8. Меры безопасности

8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва_____

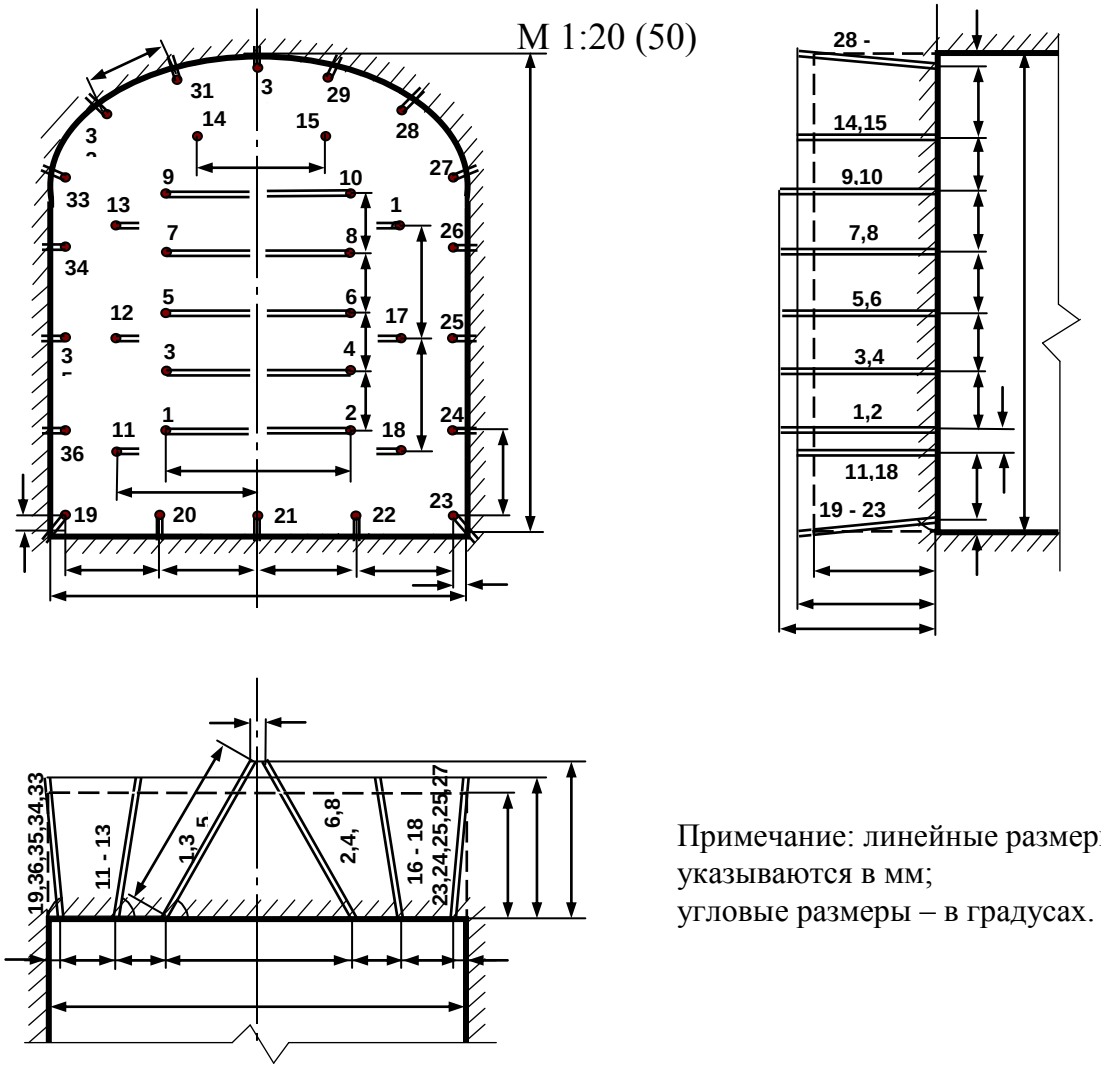
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

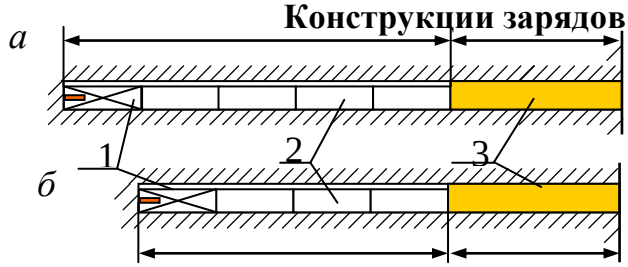
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры
указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

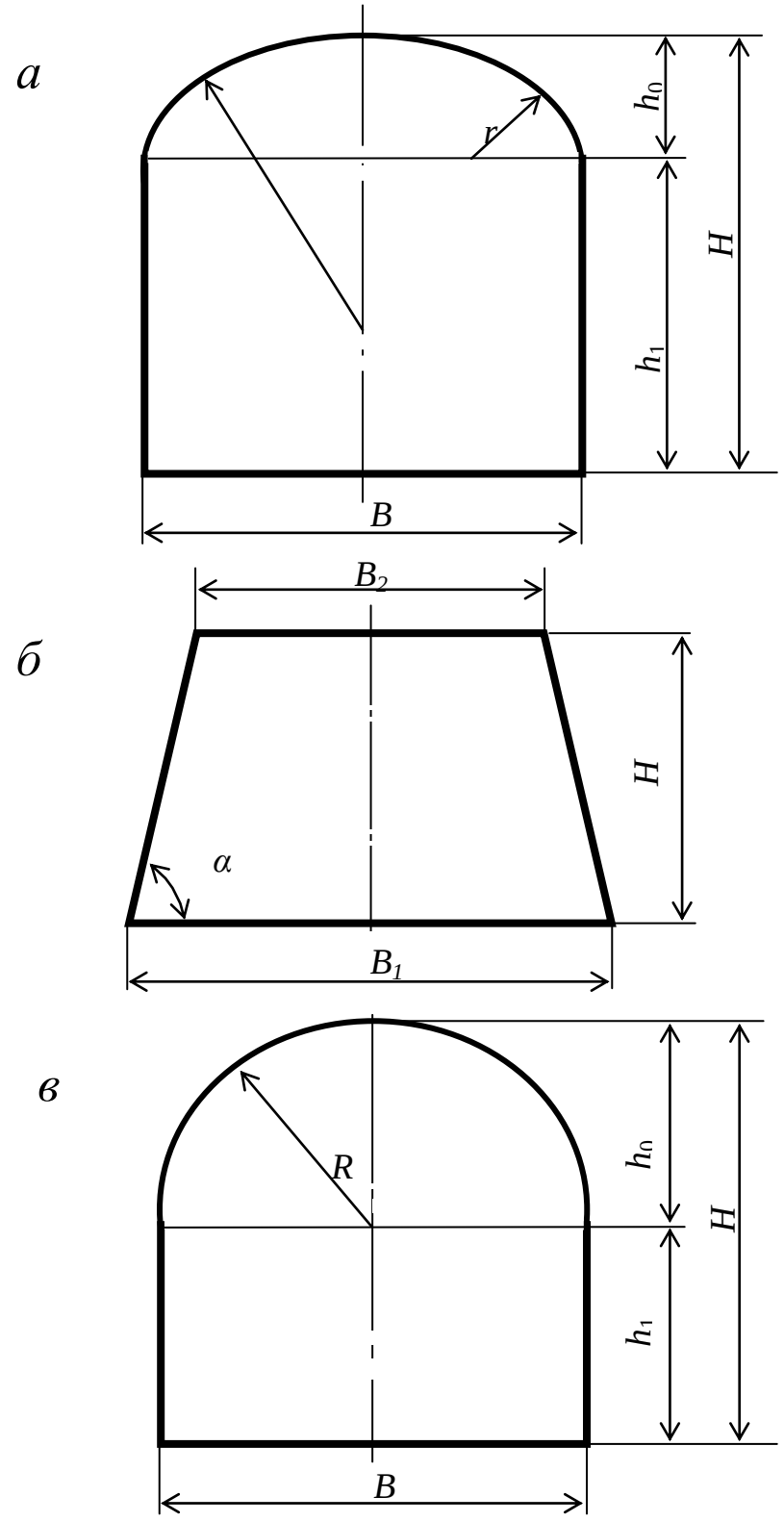
Конструкции зарядов



а – врубовые шпуры;
б – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

Примечание. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок



$h_0 = B / 3$;
$h_1 = B - h_0$;
$R = 0{,}694\ B$;
$R = 0{,}262\ B$.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
а – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
б – трапецевидная;
в – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

Форма поперечного сечения выработки	Площадь поперечного сечения	Периметр
Сводчатая с коробовым сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}26 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}33 \cdot B$
Трапециевидная	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
Арочная с полуциркульным сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}57 \cdot B$

Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.

2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы: учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.

3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – 345 с.

4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.

5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.

6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605; в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.

7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Петрушин Алексей Геннадиевич
Азанов Михаил Алексеевич
Прищепа Дмитрий Вячеславович

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «технология и безопасность взрывных работ» для студентов специальности 21.05.04 «горное дело»

Редактор *Д. В. Прищепа*

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Попов А. Г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических и контрольных работ

по дисциплине

Б1.О.28 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: **очная, заочная**

год набора: **2022**

Екатеринбург

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУЗОПОТОКАХ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

1.1. Назначение и схемы транспорта обогатительных фабрик, требования, предъявляемые к нему

На горных предприятиях, в том числе и на обогатительных фабриках от работы транспортных машин зависит как производительность предприятия, так и себестоимость продуктов обогащения. На обогатительных фабриках примерно 50 % от всего оборудования составляют транспортные машины. В процессе переработки полезных ископаемых перемещение продуктов обогащения от одних обогатительных машин и аппаратов к другим осуществляется транспортными машинами. С помощью транспортных машин из карьеров и шахт полезное ископаемое доставляется на обогатительную фабрику, продукты обогащения доставляются потребителям, а пустая порода (хвосты) – в отвалы.

Транспортные операции в пределах корпуса (отделения) обогатительной фабрики или перемещения груза между ними объединяют понятием «внутрифабричный транспорт».

Существуют следующие схемы размещения оборудования обогатительных фабрик (рис. 1.1):

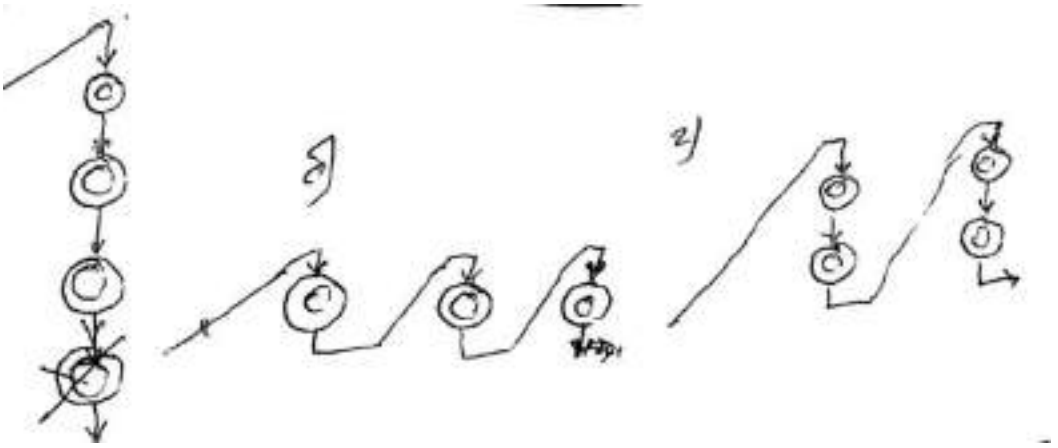


Рис. 1.1. Схемы транспорта обогатительных фабрик:
а) – вертикальная; *б*) – горизонтальная; *в*) комбинированная

– вертикальная, при которой оборудование располагают по одной вертикали и движение полезного ископаемого из аппарата в аппарат происходит под действием силы тяжести (самотеком). По этой схеме полезное ископаемое поднимается на необходимую высоту в один прием. Вертикальную схему размещения оборудования принимают редко, ввиду наличия циркуляционных нагрузок на аппараты;

– горизонтальная – оборудование располагают на одном уровне. Полезное ископаемое перемещается с помощью транспортных устройств. В практике

проектирования эту схему не применяют ввиду необходимости большой площади здания при небольшой ее высоте;

– комбинированная, сочетающая в себе элементы вертикальной и горизонтальной схем размещения оборудования. Эта схема получила наиболее широкое применение.

Выбор схемы транспорта производится исходя из наименьших экономических затрат, применения высокопроизводительного оборудования, надежности, техники безопасности, промсанитарии и обеспечения охраны окружающее среды.

Транспортные устройства обогатительных фабрик являются в основном стационарными установками большой производительности и работают в особо тяжелых условиях вследствие большой крупности кусков и абразивности грузов, запыленности среды и значительных колебаний температуры окружающей среды. К особым условиям работы относится взрывоопасность окружающей атмосферы по причине наличия метана или взрывчатой пыли, что учитывается при выборе электрооборудования транспортных устройств.

Условия эксплуатации влияют на выбор типа транспортной установки и ее расчет.

Характеристика транспортируемых грузов

Основные грузы, перемещаемые на обогатительных и брикетных фабриках, делятся на *насыпные* (массовые) – руда, уголь, продукты обогащения и *штучные* – состоящие из большого количества однородных по составу кусков (например, брикетов, грузов в ящиках, мешках, оборудования).

Насыпные грузы характеризуются крупностью, плотностью, углом естественного откоса, абразивностью и другими свойствами.

Крупность груза определяется размерами его куска. Различают

максимальный размер куска – a'_{max}, мм;

минимальный размер куска – a'_{min}, мм;

средний размер куска – $a'_{ср}$, мм.

По однородности состава кусков насыпные грузы разделяют на *рядовые и сортированные*.

Насыпной груз называется рядовым, если отношение размера наибольшего куска к размеру наименьшего куска больше 2,5 ($\frac{a'_{max}}{a'_{min}} > 2{,}5$), и сортированным, если это отношение меньше или равно 2,5.

Сортированный груз характеризуется средним размером

$$a_{ср} = \frac{a'_{max} + a'_{min}}{2} \text{ мм}, \qquad (1.1)$$

Рядовой – размером типичного куска – a'.

Если в пробе вес кусков с размерами от $0{,}8\,a'_{max}$ до a'_{max} больше 10 % от веса пробы, то размер типичного куска принимается равным a'_{max}, а если вес этого размера кусков меньше 10 % от веса пробы, то размер типичного куска a' принимается равным $0{,}8\,a'_{max}$.

Средний $a_{ср}$ и типичный размер куска a' являются расчетным куском, используемых при выборе ширины грузонесущих органов транспортных машин и расчете выпускных отверстий бункеров.

По крупности кусков насыпные грузы делятся:

особокрупнокусковые – a'>500 мм;
крупнокусковые – 160< a' <500 мм;
среднекусковые – a' =60-160 мм;
мелкокусковые – a' =10-60 мм;
зернистые – a' =0,5-10 мм;
пылевидные – a' <0,5 мм.

Насыпной плотностью груза ρ (т/м^3) называется масса насыпного груза в 1 м^3.

В зависимости от плотности насыпные грузы разделяют:

на тяжелые – ρ>1,1 т/м^3 (руды цветных и черных металлов);
средние – ρ=0,6-1,1 т/м^3 (угли);
легкие – ρ<0,6 т/м^3 (сухой торф).

Углом естественного откоса в покое φ′ называется угол, образованный боковой поверхностью свободно-насыпного штабеля сыпучего груза с горизонтальной плоскостью (рис. 1.2).

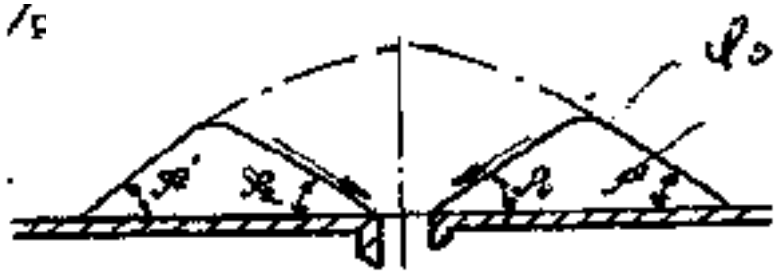


Рис. 1.2. Угол естественного откоса и обрушения

Угол естественного откоса в состоянии движения φ″ образуется на движущихся, колеблющихся и вибрирующих плоскостях.

Они связаны между собой следующим соотношением:

$$\varphi'' = K\varphi', \qquad (1.2)$$

где K – числовой коэффициент (K=0,35-0,7).

Для угля φ′ =30-45^0, для руды φ′ =40-50^0.

Более крутой угол естественного откоса образует осыпающийся груз при отгребании его у подошвы или при высыпании его через отверстие, располо-

женное под штабелем. Этот угол называется углом обрушения и обозначается φ_0.

Угол естественного откоса влияет на заполнение грузом рабочих органов конвейеров, бункеров.

Между частицами насыпных грузов действуют силы трения и силы сцепления, ограничивающие подвижность груза.

Грузы, силы сцепления между частицами которых невелики по сравнению с силами трения, называются легкосыпучими, а грузы, у которых силы сцепления проявляются в большей мере, чем силы трения, называются плохосыпучими (влажные, пылевидные).

Силы трения учитываются *коэффициентом внутреннего* трения. Точно определить коэффициент внутреннего трения трудно, поэтому в ряде практических расчетов (бункера, затворы) принимают

$$f_{\text{вн}} = \operatorname{tg}\varphi' \tag{1.3}$$

Подвижность груза, обусловленная коэффициентом внутреннего трения, характеризуется коэффициентом подвижности груза, который определяется по следующему выражению:

$$K_{\text{п}} = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right). \tag{1.4}$$

Абразивность (истирающая способность) – способность транспортируемых грузов вызывать износ некоторых частей транспортируемых установок (желоб, лента и др.). Абразивность определяется твердостью, формой, размерами частиц и т. п.

По абразивности все грузы можно разделить на 4 группы:

а) неабразивные (опилки, сухой торф);

б) малоабразивные (глина, мокрый торф);

в) абразивные (бурый и каменный уголь);

г) весьма абразивные (дробленая руда, цемент, песок, кокс, пемза и др.).

Крепость горных пород характеризует относительную сопротивляемость породы разрушению. Крепость определяется коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова. За единицу принято сопротивление одноосному сжатию (раздавливанию) образца правильной формы (40×40 мм или диаметром 40-50 мм,) равное 10 МПа.

$$f_{\text{к}} = \frac{\sigma}{10},$$

где σ – сопротивление раздавливанию образца, МПа.

Коэффициент крепости изменяется для разных пород от 0,3 до 20.

Влажность насыпных материалов определяется соотношением (в процентах) массы воды и твердых частиц. Влажность зависит от способности материала поглощать воду. Влажная горная порода подвержена слеживанию, уплотнению.

Относительная влажность определяется по выражению

$$W = \frac{W_{\text{в}}}{W_{\text{в}} + W_{\text{тв}}}\ 100\ \%,$$

где $W_{\text{в}}$ – содержание воды; $W_{\text{тв}}$ – содержание твердого. Определяется взвешиванием после сушки при температуре 105 ^{0}С.

Коррозионность – способность транспортируемых грузов вызывать ржавление транспортных установок.

Другими свойствами транспортируемых грузов являются: липкость, взрывоопасность, пожароопасность, ядовитость.

Характеристики транспортируемых грузов учитываются при выборе транспортных установок и способах перемещения грузов.

Транспортные устройства и их классификации

По роду действия транспортные устройства можно разделить на две основные группы:

непрерывного действия, перемещающие груз непрерывным потоком (конвейеры, гидротранспортные устройства, желоба);

периодического (прерывного) действия, перемещающие грузы периодически, с перерывами.

Механические транспортные установки, перемещающие массовые грузы непрерывным потоком, нося название конвейеров.

Конвейерные установки, предназначенные для перемещения грузов в вертикальном направлении или близком к вертикали, называются *элеваторами*.

Из транспортных устройств периодического действия на обогатительных фабриках используют железнодорожный и автомобильный транспорт, скреперные установки, канатные подвесные дороги.

По тяговому органу транспортные установки подразделяются на:

а) транспортные установки с гибким тяговым органом (ленточные, скребковые, пластинчатые конвейеры, элеваторы и т. д.);

б) транспортные установки без тягового органа (винтовые конвейеры, шнеки, вибрационные конвейеры).

По роду привода:

а) с пневмоприводом;

б) с электроприводом;

в) с гидроприводом.

Особую группу машин, их узлов и установок составляют вспомогательные устройства, которые не являются самостоятельными средствами для транспортирования грузов и предназначаются для совместной работы с транспортирующими машинами. К вспомогательным устройствам относятся питатели, весы, погрузочные машины, бункеры, затворы, дозаторы, желоба и т. п.

Транспорт на обогатительных фабриках разделяется на внешний транспорт и внутрифабричный транспорт.

Внешний транспорт предназначен для доставки полезного ископаемого на фабрику, отправки готового продукта и удаления отходов. Транспортирование грузов осуществляется конвейерами, автомобильным, железнодорожным, водным транспортом, канатными подвесными дорогами и в исключительных случаях воздушным транспортом.

Внутрифабричный транспорт включает межцеховой и цеховой транспорт. Внутрифабричный транспорт осуществляется конвейерами, элеваторами, самотечными желобами, гидро- и пневмотранспортными установками.

В качестве вспомогательного транспорта на обогатительных фабриках используются (для ремонтных работ) автомобили, краны, локомотивы, элеваторы и автокары.

2. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

2.1. Производительность фабрики и транспортной установки

Производительность – количество груза (в тоннах или кубических метрах), транспортируемого в единицу времени (час, смену, сутки). Различают *объемную* V [м^3/ч] производительность и массовую Q [т/ч]. Они связаны между собой зависимостью $Q=\rho V$, где ρ – насыпная плотность груза, т/м^3.

Годовая производительность фабрики должна быть равна годовой производительности шахты, рудника, карьера

$$Q_{\text{год}}^{\text{ф}} \geq K_{\text{н}} Q_{\text{год}}^{\text{ш}}, \qquad (1.5)$$

где $K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности (принимается в пределах 1,15-1,25).

Для центральной обогатительной фабрики ее производительность равна сумме производительностей отдельных шахт, рудников, карьеров.

Техническая производительность установок непрерывного действия равна

$$Q = 3{,}6qv \text{ т/ч},$$

где q – масса груза на 1 м длины рабочего органа, кг/м; v – скорость движения грузонесущего органа, м/с.

Масса груза на 1 м длины зависит от площади поперечного сечения груза F, м^2 (рис. 2.1). Поэтому производительность можно определять по выражению

$$Q = 3600Fv\rho \text{ т/ч или}$$

$$Q = 3600Fv \text{ м}^3\text{/ч},$$

где ρ – плотность насыпного груза, т/м^3.

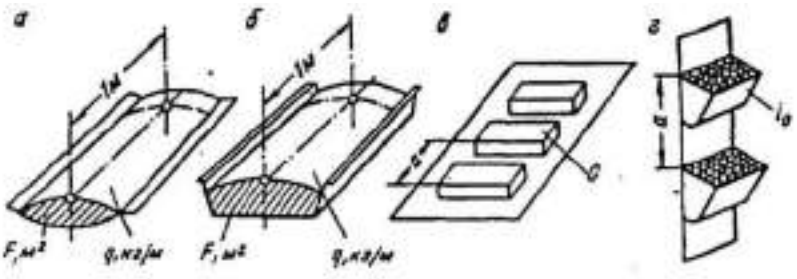


Рис. 2.1. Расположение груза на ленте:
а – на ленте; *б* – в желобе; *с* – в ковше

При перемещении материала по желобу (самотечные установки, скребковые конвейеры)

$$Q = 3600 F_0 v \gamma_р \psi \text{ т/ч},$$

где F_0 – площадь поперечного сечения желоба, м^2; ψ – коэффициент заполнения желоба.

Производительность конвейерных установок, перемещающих груз в сосудах, расположенных на равных расстояниях по длине тягового органа (ковшовые элеваторы),

$$Q = 3{,}6 \frac{i_0}{a_0} v \gamma \psi \text{ т/ч},$$

где i_0 – вместимость сосуда, л; a_0 – расстояние между сосудами, м; ψ – коэффициент заполнения сосуда.

Погонная нагрузка такой транспортной установки

$$q = \frac{i_0}{a_0} \rho \psi \text{ кг/м},$$

где ρ – насыпная плотность груза, т/м^3.

Техническая производительность установок циклического действия определяется по выражению

$$Q = \frac{60}{T_ц} G, \text{ т/ч или } Q = \frac{60V}{T_ц} \text{ м}^3/\text{ч},$$

где G – грузоподъемность транспортной установки, т; V – полезная вместимость транспортной установки, м^3; $T_ц$ – продолжительность цикла (рейса), мин.

Продолжительность цикла равна

$$T_ц = t_{погр} + t_{дв}^{гр} + t_{разг} + t_{дв}^{пор} + \theta \text{ мин},$$

где $t_{погр}$ – время погрузки, мин; $t_{дв}^{гр}$ – время движения с грузом, мин; $t_{разг}$ – время разгрузки, мин; $t_{дв}^{пор}$ – время движения без груза, мин; θ – дополнительное время на ожидание погрузки и разгрузки, маневра и остановок в пути, мин.

2.2. Сопротивление движению (сила тяги) при перемещении сосредоточенных грузов в установившемся режиме

При транспортировании энергия расходуется на подъем груза и на преодоление сопротивлений, возникающих при движении.

При перемещении груза скольжением с постоянной скоростью по наклонной плоскости на тело действуют: сила тяжести mg, Н; F – сила тяги, Н; $F_{тр}$ – сила трения, Н, направленная в сторону, обратную направлению движения; T – скатывающая сила, Н.

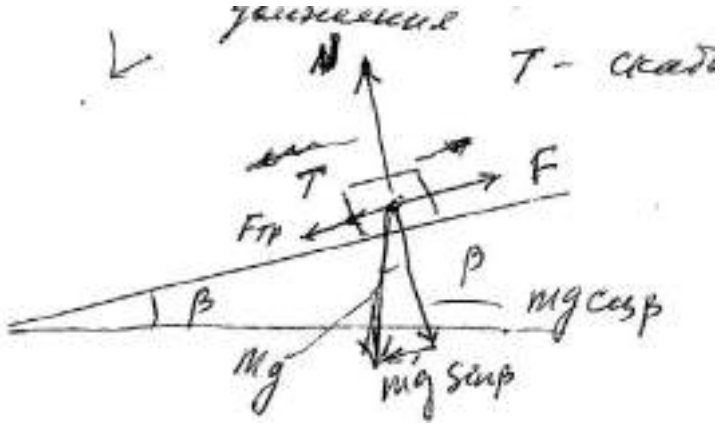


Рис. 2.2

Уравнение движения тела запишется

$$F = W = F_{тр} \pm T.$$

При движении вверх сила T берется со знаком «плюс», при движении вниз – со знаком «минус».

Сила трения равна

$$F_{тр} = Nf = mg\cos f,$$

где f – коэффициент трения скольжения в движении.

Скатывающая сила равна

$$T = mg\sin\beta.$$

Сила тяги F равна силе сопротивления W при движении с постоянной скоростью и записывается

$$F = Wmg\cos\beta f \pm mg\sin\beta.$$

При перемещении груза на колесах с постоянной скоростью по наклонной плоскости

$$F = W = mg\,\omega'\cos\beta \pm mg\sin\beta,$$

где ω' – обобщенный коэффициент сопротивления качением. Учитывает трение, конструктивные параметры колеса и состояние дороги и колеса.

Таким образом, первое слагаемое учитывает «ходовые сопротивления движению», а второе слагаемое – скатывающую силу. При движении вверх на

подъем эту силу нужно преодолевать, а при движении вниз эта сила помогает движению, а при ее избытке необходимо притормаживать движение.

2.3. Сопротивление движению (сила тяги) при перемещении распределенных грузов в установившемся режиме

На обогатительных фабриках встречаются следующие типичные случаи перемещения насыпных грузов транспортными машинами:

– толканием (волочением) по неподвижному желобу скребками, прикрепленными к тяговому органу, который скользит по желобу;

– переноской на несущей поверхности (пластины, лента), прикрепленной к тяговому органу, опирающемуся на ходовые ролики, движущиеся по направляющим;

– переноской на несущей поверхности ленты, движущейся по стационарным опорным роликам.

Силы сопротивления движению на одном метре длины для различных конвейеров приведены в табл. …..

В таблице приняты следующие обозначения:

№	Исходные данные	Обозначение	Размерность
1	вес груза (погонный вес) на 1 м конвейера	q	Н/м
2	погонный вес ленты	$q_л$	Н/м
3	погонный вес скребковой цепи и пластинчатой ленты	$q_о$	Н/м
4	погонный вес вращающихся частей роликов груженой и порожней ветвей ленточного конвейера	$q'_р$ *и* $q''_р$	Н/м
5	коэффициент сопротивления движению тягового органа	ω'	-
6	коэффициент сопротивления движению материала по желобу	f_1	-
7	высота слоя груза	h	м
8	насыпная плотность груза	ρ	т/м^3
9	коэффициент подвижности груза	$K_п$	-

Силы сопротивления движению на 1 м длины конвейеров, Н

Схемы конвейера	Силы сопротивления движению
Ленточного	***Груженая ветвь*** $W_{\text{гр.1}} = (q + q_{\text{л}} + q'_{\text{р}})\omega' \cos\beta \pm$ $\pm (q + q_{\text{л}}) \sin\beta.$ ***Порожняя ветвь*** $W_{\text{п.1}} = (q_{\text{л}} + q''_{\text{р}})\omega' \cos\beta \mp$ $\mp q_{\text{л}} \sin\beta.$
Скребкового	***Груженая ветвь*** $W_{\text{гр.1}} = (qf_1 + q_0\omega')\cos\beta \pm$ $\pm (q + q_0)\sin\beta.$ ***Порожняя ветвь*** $W_{\text{п.1}} = q_0(\omega' \cos\beta \mp \sin\beta.$
Сопротивление от неподвижных бортов длиной $L_{\text{б}}$	$W_{\text{н.б}} = \dfrac{9800\rho h^2 f_1 L_{\text{б}} K_{\text{п}}}{\cos^2\beta}$ Н.
Скребкового сплошного волочения	***Груженая ветвь*** $W_{\text{гр.1}} = (qf_1 + q_0\omega')\cos\beta \pm$ $\pm (q + q_0)\sin\beta + \dfrac{9800\rho h^2 f_1 K_{\text{п}}}{\cos^2\beta}$ K – коэффициент подвижности материала. ***Порожняя ветвь*** $W_{\text{п.1}} = q_0(\omega' \cos\beta \mp \sin\beta.$
Пластинчатого	***Груженая ветвь*** $W_{\text{гр.1}} = (q + q_0)(\omega' \cos\beta \pm \sin\beta).$ ***Порожняя ветвь*** $W_{\text{п.1}} = q_0(\omega' \cos\beta \pm \sin\beta).$

Погонный вес груза равен

$$q = \frac{9{,}81Q}{3{,}6v} = 2{,}72\frac{Q}{v} \text{ н/м},$$

где Q – производительность, т/ч; v – скорость грузонесущего органа, м/с.

Коэффициент подвижности груза

$$K_{\text{п}} = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'},$$

где φ' – угол естественного откоса груза в покое, град.

2.4. Мощность приводного блока

Сопротивление на криволинейных участках (приводных и направляющих звездочках, барабанах, блоках), складывающееся из трения в подшипниках и сопротивления жесткости (трение в шарнирах цепи, сопротивление на сгибание ленты или каната), в приближенных расчетах учитываются введением коэффициента C>1.

Численное значение коэффициента принимается в зависимости от типа конвейера.

С учетом сказанного сопротивление движению на приводной звездочке, приводном барабане можно определить

$$W_0 = C(W_{\text{гр1}} + W_{\text{п1}})L \text{ Н} \quad \text{или} \quad W_0 = CLW_{\text{м1}} \text{ Н},$$

где L – длина конвейера, м.

Мощность приводного электродвигателя равна

$$N = \frac{K_N W_0 v}{1000\eta_{\text{пер}}} \text{ кВт},$$

где K_N – коэффициент запаса мощности, K_N =1,1-1,2; v – скорость движения тягового органа, м/с; $\eta_{\text{пер}}$ – кпд передаточного механизма, η=0,85-0,92.

3. ГРАВИТАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

3.1. Общие сведения

Принцип действия гравитационного транспорта основан на движении насыпных и штучных грузов по наклону или вертикали под действием силы тяжести.

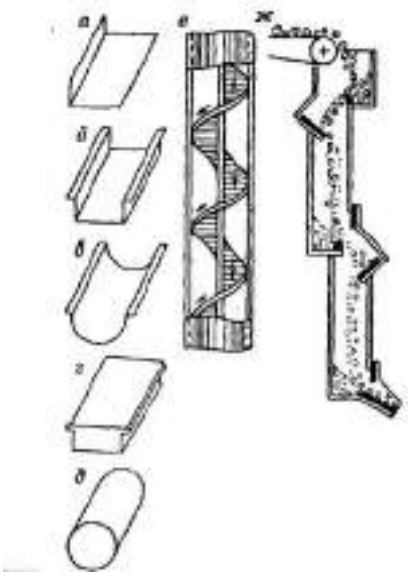
Основные достоинства гравитационного транспорта: простота, большая производительность, отсутствие электромеханического оборудования, возможность использования транспортных устройств для накопления материалов. Недостатки: измельчение материалов, значительный износ транспортных устройств, зависимость от свойств материала и климатических условий.

На обогатительных фабриках гравитационный транспорт применяют для передачи материалов с верхних этажей на нижние, загрузки бункеров, подводки материала к технологическим агрегатам, направления потока сыпучего матери-

ала на погрузочных и перегрузочных пунктах. Транспортирование производится по открытым или закрытым металлическим желобам, трубам, винтовым и каскадным спускам (рис. 3.1).

Направляющие желоба предназначены для направления потока насыпных материалов на погрузочных и перегрузочных пунктах.

Транспортирующие желоба, являющиеся самостоятельными транспортными устройствами, предназначены для спуска потока насыпных материалов на относительно небольшие расстояния. Для транспортирования пылящих материалов применяют закрытые желоба круглого и прямоугольного сечения.



Требования, предъявляемые к желобам и трубам: поперечные размеры их должны соответствовать кусковатости материала и обеспечивать заданную производительность; прочность конструкции; износостойкость и сопротивляемость ударам кусковатого материала; соблюдение заданной скорости движения материала.

Рис. 3.1. Устройства гравитационного транспорта:
а – однобортный лист; *б*, *в* – открытые желоба;
г – закрытый желоб; *д* – труба; *е* – винтовой спуск;
ж – каскадный спуск

Для спуска материала на относительно большую высоту при отсутствии места для установки транспортирующего желоба, который обеспечивал бы движение груза с допустимой скоростью, устраивают вертикальные *винтовые* (спиральные желоба) или *каскадные спуски*. Винтовые спуски применяют также для сохранения груза от дробления (сортовой уголь, брикеты и др.) при загрузке бункеров.

3.2. Основы теории гравитационного транспорта

Определим условия скольжения груза вниз по наклонной плоскости под действием силы тяжести. Для трогания с места груза массой m (рис.) необходимо, чтобы продольная составляющая силы тяжести была больше силы трения, т. е.

$$Mg\sin\beta > mgf_0\cos\beta,$$

где β – угол наклона плоскости; f_0 – статический коэффициент трения скольжения между грузом и плоскостью (или коэффициент трения скольжения в покое).

Разделив обе части неравенства на $mgf_0\cos\beta$, получим

$$\operatorname{tg}\beta > f_0.$$

Из этого выражения может быть определен предельный угол наклона β_0, при котором находящийся на наклонной плоскости груз сохраняет еще состояние покоя

$$\mathrm{tg}\beta_0 = f_0.$$

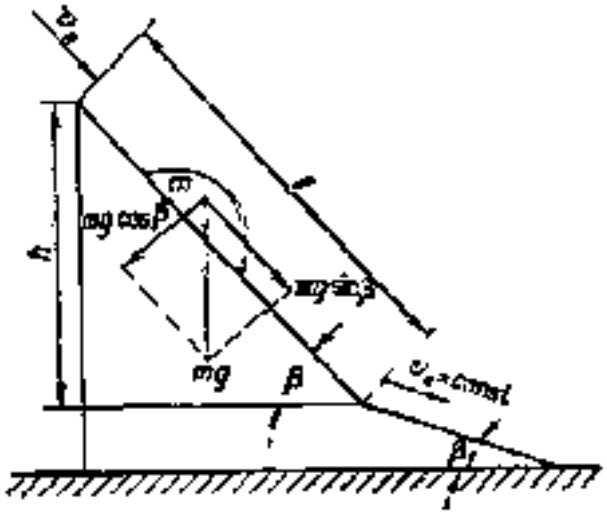


Рис. 3.2. Схема самотечного спуска

При $\beta > \beta_0$ груз начинает двигаться под действием собственной силы тяжести. Для того, чтобы поддерживать начавшееся движение груза, требуется меньший угол наклона ($\beta_1 < \beta_0$), так как коэффициент трения скольжения в движении f меньше коэффициента трения в покое f_0. Чтобы движение осуществлялось с постоянной скоростью, необходимо, чтобы продольная составляющая силы тяжести и сила трения был равны между собой, т. е.

$$mg\sin\beta_1 = mgf\cos\beta_1, \text{ или } \mathrm{tg}\beta_1 = f.$$

Угол наклона, при котором груз движется вниз по наклонной плоскости под действием собственной силы тяжести с постоянной скоростью, называется *углом трения движения*. Этот угол можно определить, зная значение коэффициента трения в движении f, определяемое опытным путем. Коэффициент трения f колеблется от 0,25-0,3 (для антрацита), до 0,95-1,0 (для угольной пыли), 0,7-1,4 (для руды) при транспортировании по стальным листам. Если груз движется по желобу прямоугольной или скругленной формы, то следует учитывать сопротивление трения по боковым стенкам желоба. Меньшие значения f относятся к сухому и крупному материалу, бóльшие – к влажному и мелкому, для транспортирования которого требуется бóльший угол наклона желобов. Коэффициент трения в движении примерно равен $f \approx (0{,}7\text{-}0{,}9) f_0$.

Работа силы тяжести груза, затрачиваемая на преодоление силы трения и приращение кинетической энергии при скольжении груза массой m с коэффициентом трения f по наклонной плоскости под углом β на длине l при разности уровней в начальной и конечной точках $h = l\sin\beta$ и скорости в этих точках $v_н$ (начальная) и $v_к$ (конечная), определяется по формуле

$$Mgh = mgfl\cos\beta + m(v_к^2 - v_н^2)/2$$

При заданных скоростях $\nu_н$ и $\nu_к$ в начальной и конечной точках и разности уровней между ними h, угол β, под которым должна быть расположена наклонная плоскость, находят из равенства

$$\mathrm{tg}\beta = 2ghf/(2g + \nu_н^2 - \nu_к^2).$$

При известных начальной скорости $\nu_н$ и угле наклона β конечная скорость

$$\nu_к = 2gh(1 - f\,\mathrm{ctg}\beta) + \nu_н^2.$$

При $\nu_к = \nu_н$, т. е. При движении с постоянной скоростью, $\mathrm{tg}\beta_0 = f$. Для ускоренного движения ($\nu_к > \nu_н$) $\beta > \beta_0$, для замедленного движения ($\nu_к < \nu_н$) $\beta < \beta_0$.

3.3. Расчет желобов и труб

Расчет желобов и труб заключается либо в определении их пропускной способности при известных размерах поперечного сечения и скорости движения груза в них, либо в определении размеров поперечного сечения по заданной производительности.

Пропускная способность желоба равна

$$Q = 3600F_0\nu_{min}\rho\psi \text{ т/ч},$$

где F_0 – площадь поперечного сечения желоба или трубы, м^2; ν_{min} – минимальная скорость движения груза в желобе, м/с; ρ – насыпная плотность груза, т/м^3; ψ – коэффициент заполнения. Для желобов ψ=0,5-0,6; для труб ψ=0,35-0,5.

$$F_0 = bh = \frac{Q}{3600\nu_{min}\rho\psi} \text{ м}^2,$$

где b – ширина желоба; h – высота желоба. Для открытых желобов h/b=0,4-0,6; для закрытых желобов h/b=0,6-1,0.

Начальная скорость движения груза по желобу при истечении его из бункера без перепада высот равна

$$\nu_н = \nu_{ист}\sin\beta,$$

где $\nu_{ист}$ – скорость истечения груза из бункера, м/с; β – угол наклона желоба к горизонту, град.

При наличии перепада высоты между выпускным отверстием бункера и желобом начальная скорость движения груза по желобу определяется

$$\nu_н = \left(\nu_{ист} + \sqrt{2gh}\right)\sin\beta,$$

где h – перепад высоты, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

При перегрузке груза с конвейера на желоб (направляющий рукав) или с конвейера на конвейер для определения начальной скорости строится траектория полета частиц груза.

Скорость движения груза в конце пути при высоте спуска H равна (м/с)

$$\nu_к = 2gH(1 - f\,\mathrm{ctg}\beta) + \nu_н^2.$$

При спуске по желобам скорость движения грузов не должна превышать:

для угля крупнее 50 мм – v=0,75-1,0 м/с;

для угля крупностью 10-50 мм – v=1,0-1,75 м/с;

для мелкого угля и породы – 2,0-2,2 м/с.

Для уменьшения конечной скорости движения груза по желобу желоб иногда устраивают с плавным перегибом в вертикальной плоскости. В этом случае первый (по ходу груза) участок делают с большим углом наклона, а второй – с меньшим.

Поперечные размеры желоба должны соответствовать кусковатости груза:

ширина желоба b (2,5-4,0) $a'_{\max}$

высота желоба b (1,7-1,8) $a'_{\max}$.

Полученные размеры желоба принимаются большими из расчетов по требуемой производительности и кусковатости груза, а угол наклона на 5-10 градусов больше угла трения движения.

Срок службы стальных листов для желобов при транспортировании угля составляет в среднем 4-5 месяцев. В более короткий срок изнашиваются при транспортировании руды и породы. Для увеличения срока службы желобов, днища и стенки их облицовывают стальными съемными листами, чугунными или керамическими плитками и специальным каменным литьем из диабаза, шлакоситалла или базальта. На углеобогатительных фабриках для облицовки желобов применяют также утолщенное термически обработанное листовое стекло, а на обогатительных фабриках рудной промышленности – резину. Футеруются днища желобов и стенки на 2/3 их высоты.

Срок службы желобов увеличивается также путем наваривания на их дно поперечных ребер. Мелкий груз, заполняющий пространство между ребрами, образует постель, защищающую дно желоба от износа и повреждений.

В этих случаях в расчеты принимаются соответственно коэффициенты трения движения груза по каменному литью или по подстилающему слою из мелочи.

Винтовые спуски, как правило, выполняются с наружным диаметром 1600 или 2000 мм, а внутренним – 800 мм. Спуск собирается из отдельных звеньев. Каждое из них составляет одну четверть полного хода спирали.

Устранению застревания мелких влажных грузов в желобах содействуют вибраторы, устанавливаемые на желобах ближе к нижнему концу, или обогрев стенок желобов до температуры 120-140 °С.

Целесообразно также выполнять желоба не прямоугольного, а круглого сечения возможно большего размера, а также избегать по возможности поворотов и сужений или выполнять их с минимально возможным углом.

4. ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

4.1. Общие сведения

Ленточные конвейеры относятся к наиболее распространенным транспортирующим машинам непрерывного действия, применяемым на обогатительных фабриках. Они предназначены для транспортирования горной массы, продуктов обогащения, сухих хвостов, других сыпучих материалов и штучных грузов.

Конвейеры классифицируют по следующим основным признакам:

– по назначению: общего назначения; подземные; карьерные; специальные;

– по конструктивному исполнению: стационарные, передвижные;

– по типу приводных устройств и числу приводов: с одним и двумя ведущими барабанами, одно- и многоприводные;

– по форме поперечного сечения ленты: с плоской и желобчатой;

– по способу разгрузки: на концевом барабане и с промежуточной разгрузкой;

– по виду трассы: прямолинейные, криволинейные (в профиле или плане);

– по типу ленты: с прорезиненной, стальной цельнопрокатной и проволочной лентой, ленточно-канатные и ленточно-цепные.

Конвейеры общего назначения, получившие широкое распространение на обогатительных фабриках, подразделяют: на *распределительные* – для загрузки бункеров, сортировочных и обогатительных агрегатов; *сборочные* – для сбора материала из ряда последовательно расположенных ячеек или от нескольких конвейеров; *передаточные* – для связи между отдельными обогатительными аппаратами и цехами.

Ленточными конвейерами можно транспортировать практически все насыпные грузы обогатительных фабрик, за исключением весьма липких.

Угол наклона конвейера зависит от силы трения между лентой и транспортируемым материалом. Рекомендуется принимать следующие предельные значения угла наклона конвейера, градус:

железная руда……15	известняк…….18
рядовой кокс……..15	каменная соль (кусковая)……..18
апатит……16	каменный уголь (рядовой)……18
бурый уголь (сухой)….16	глина (кусковая, влажная)…….24.

Значения предельного угла наклона зависят от состояния груза – его влажности, размеров кусков, а также от наклона боковых роликов при желобчатой ленте (может повышаться на 5-15°).

Длина конвейера зависит от прочности материала ленты и колеблется в широких пределах – о нескольких десятков до нескольких тысяч метров.

Преимущества ленточных конвейеров: высокая производительность, относительно большая длина транспортирования, простота конструкции, бес-

шумность в работе, небольшой удельный расход электроэнергии, возможность автоматизации, простота обслуживания. Недостатки: высокая стоимость, небольшой срок службы ленты и роликов, ограниченные угол наклона и кривизна (в плане) трассы, необходимость предварительного дробления крупнокусковатого материала.

Ленточные конвейеры обозначают по ширине ленты и диаметру приводного барабана, например, Л80 40-60. Первые цифры указывают ширину ленты – 80 см, вторые – диаметр приводного барабана – 40 см и третья группа – диаметр вала под подшипник – 60 мм.

В обозначении ленточного конвейера могут быть введены дополнительные буквы, которые подчеркивают специфику конвейера: ЛП – ленточный передвижной, ЛО – ленточный отборочный.

Расположение конвейеров в галереях и эстакадах приведено на рис. 4.1.

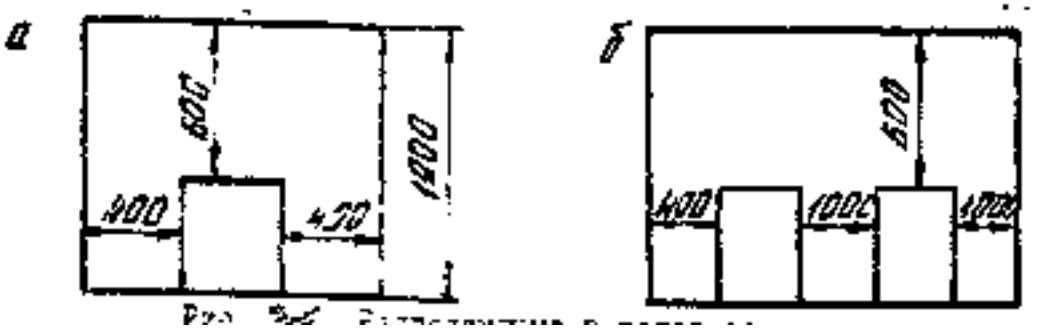


Рис. 4.1.Расположение в галерее:
а – одного конвейера; *б* – двух конвейеров

Если галерея не оборудуется трапом для прохода людей, то зазоры с обеих сторон конвейера составляют не менее 400 мм, а в случае прохода для людей с обеих сторон конвейера зазоры оставляются с обеих сторон не менее 1000 мм.

При расположении в галерее двух конвейеров расстояние между конвейерами составляет не менее 400 мм в случае отсутствия оборудованного прохода между ними и не менее 1000 мм при наличии оборудованного прохода.

4.2. Устройство и основные элементы ленточного конвейера

Общие виды стационарного и передвижного конвейеров с указанием основных элементов приведены на рис. 4.2, 4.3.

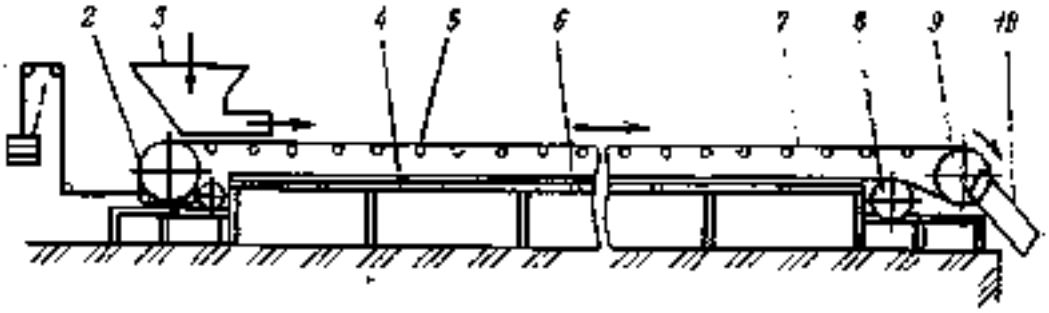


Рис. 4.2. Схема ленточного конвейера:
1 – натяжной груз; *2* – натяжной барабан; *3* – загрузочное устройство; *4* – рама; *5* – роликоопоры груженой ветви; *6* – роликоопоры порожней ветви; *7* – лента; *8* – отклоняющий барабан; *9* – приводной барабан; *10* – приемная воронка

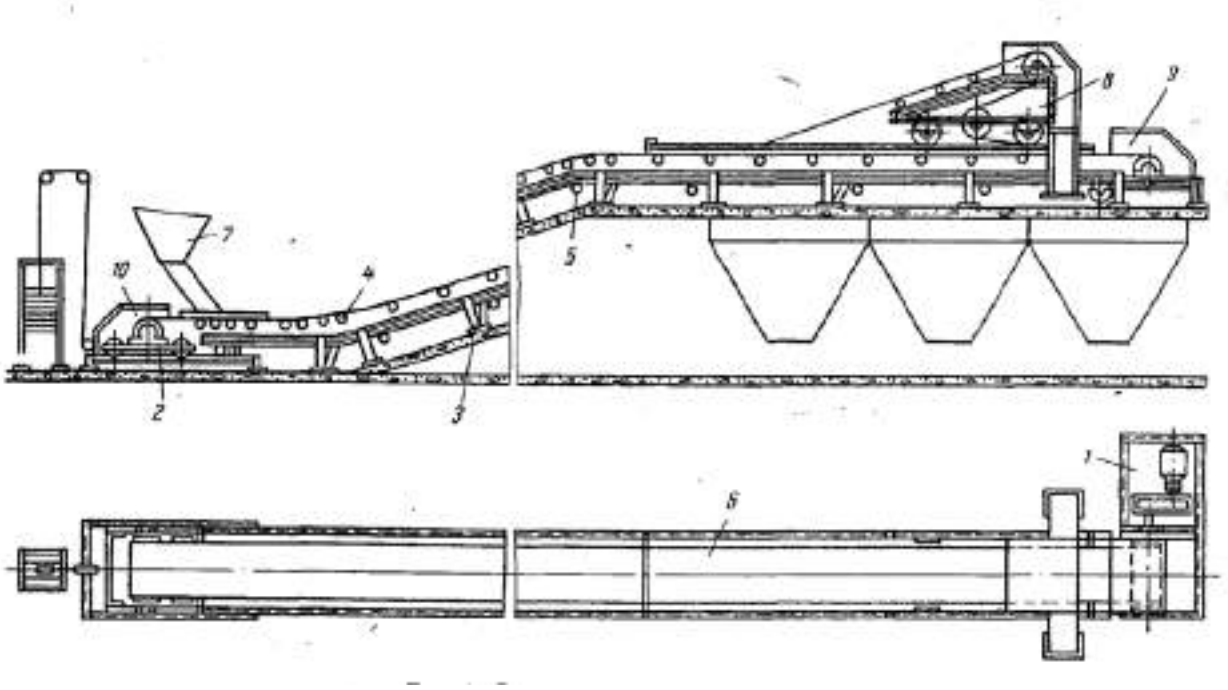


Рис. 4.3. Стационарный конвейер:
1 – приводная станция; *2* – натяжная станция; *3* – рама; *4* – роликоопоры рабочей ветви; *5* – роликоопоры нерабочей ветви; *6* – лента; *7* – загрузочная воронка с уплотнением; *8* – разгрузочная тележка; *9* – укрытие приводного барабана;
10 – укрытие натяжного барабана

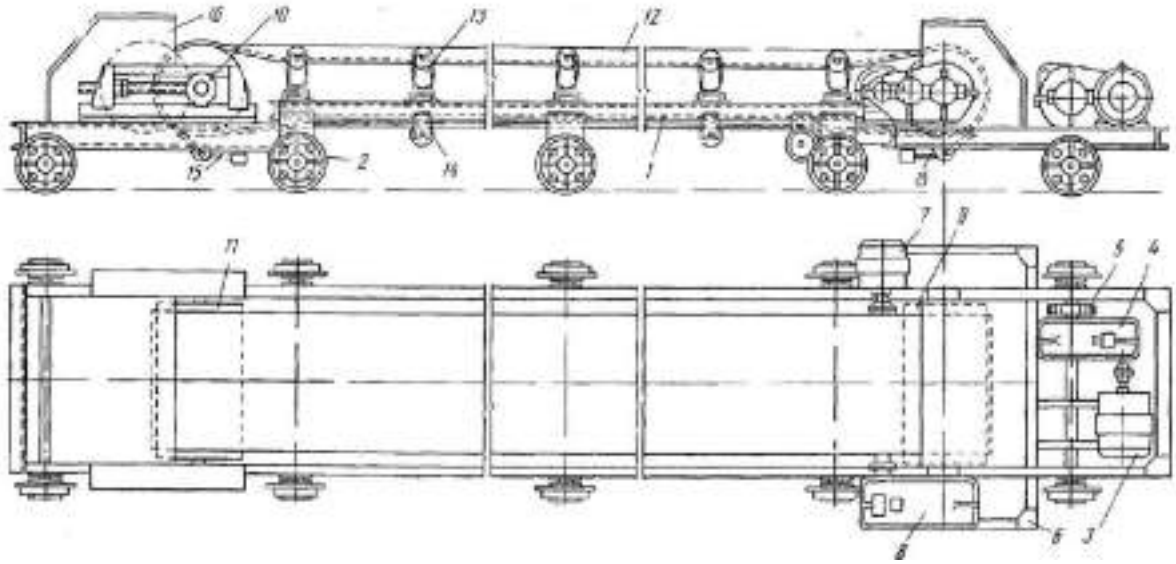


Рис. 4.3. Передвижной конвейер:
1 – рама; *2* – колеса; *3* – двигатель механизма передвижения; *4* – редуктор механизма передвижения; *5* – открытая зубчатая передача механизма передвижения; *6* – рама под привод; *7* – двигатель привода; *8* – редуктор привода; *9* – приводной барабан; *10* – винтовое натяжное устройство; *11* – натяжной барабан; *12* – лента;
13 – роликоопоры рабочей ветви; *14* – роликоопоры нерабочей ветви;15 – скребковые очистители; 16 – укрытие

Сыпучий материал подается на движущуюся ленту через загрузочное устройство, разгружается (или перегружается) через разгрузочное устройство. Ветвь конвейерной ленты, на которой размещен транспортируемый материал, называют *рабочей*, *груженой* или *несущей*, а ветвь, свободную от материала, – *порожней*. В поперечном сечении несущая ветвь имеет желобчатую (или плоскую) форму, порожняя – плоскую. Желобчатая форма придается ленте роликовой опорой, например, трехроликовой.

4.3. Конвейерные ленты

Лента является основным несущим и тяговым органом конвейера. Основными частями ленты являются каркас и защитное покрытие. Каркас предназначен для поддержания груза и передачи тяговых усилий. Покрытие защищает каркас от механических повреждений и воздействия окружающей среды.

В настоящее время выпускаются резинотканевые многопрокладочные, однопрокладочные цельнотканевые и резинотросовые ленты. Для снижения износа бортов (краев) ленты в некоторых конструкциях укладывают резиновые шнуры, вокруг которых размещают защитную кордовую ткань. Ленты, подвергающиеся сильным ударным нагрузкам, изготавливаются с защитными брекерными (одной или двумя) прокладками, выполненными из металлических тросиков или сетки.

Поперечные сечения резинотканевых и резинотросовых лент приведены на рис. 4.4.

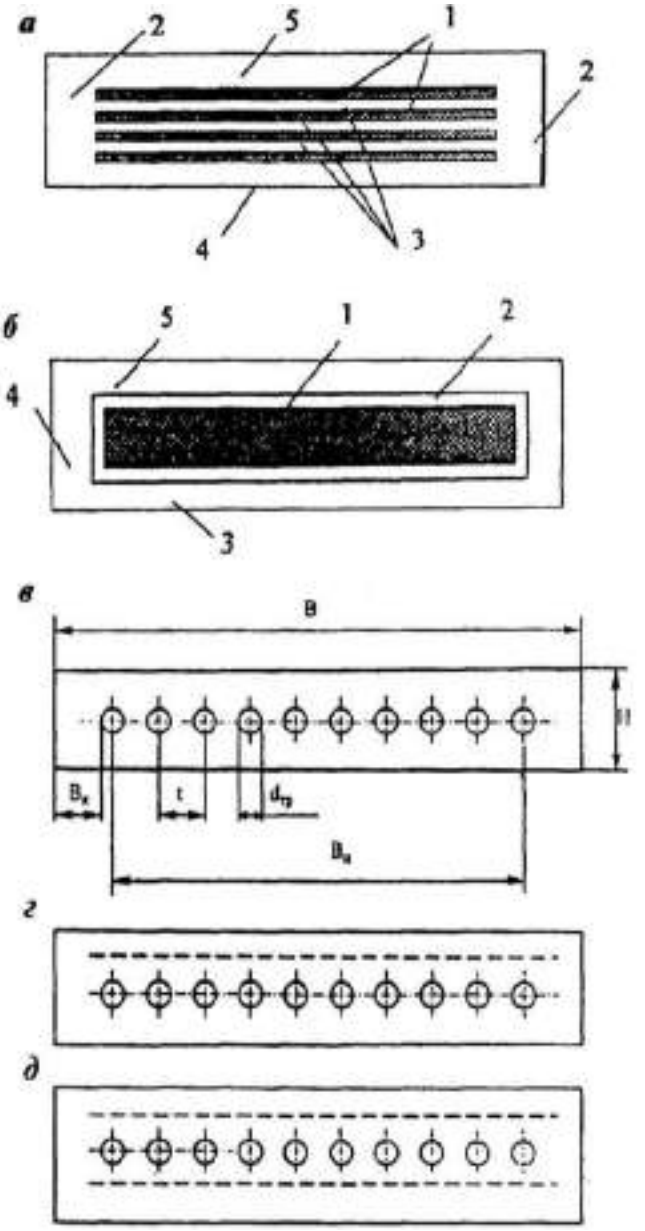


Рис. 4.4. Схемы поперечного сечения лент:
а – многопрокладочная резинотканевая лента: *1* – тканевые прокладки; *2* – резиновые борта; *3* – резиновые промежуточные слои (сквиджи); *4* – резиновая нерабочая обкладка; *5* – резиновая рабочая обкладка; *б* – однопрокладочная цельнотканевая лента: однопрокладочный цельнотканевый тяговый каркас; *2* – резиновая прослойка; *3, 4* –рабочая и нерабочая резиновые обкладки; *5* – резиновый борт; *в* – резинотросовая лента безтканевой конструкции, тип РТЛ, где: *B* – ширина ленты, $B_н$ – несущая ширина ленты, *H* – толщина ленты, $B_к$ – ширина резинового борта, $d_{тр}$– диаметр тросов, *t* – шаг тросов; *г* – резинотросовая лента с одной защитной прокладкой, тип 1РТЛ; д – резинотросовая лента с двумя защитными прокладками, тип 2РТЛ

Для пищевой промышленности и безроликовых конвейеров выпускаются ленты с одной и двумя прокладками.

Для изготовления тканей применяются волокна из полиамида (типа ТА, ТК, МК), а также комбинации полиэфирных и хлопковых волокон (БКНЛ).

В обозначении ткани: первая буква расшифровывается – ткань; вторая буква А – анид, К – капрон, Л – лавсан; третья буква Т – термофиксирована (термообработана); цифры – разрывную прочность на миллиметр ширины прокладки, Н/мм. Прокладки выпускаются с разрывной прочностью: 65; 100; 150; 200; 300 и 400 мм.

Ткань БКНЛ расшифровывается – бельтин (хлопок) – крученая нить – лавсан.

Ткань МК – многокомпанентная ткань.

Пример условного обозначения:

Лента 1.1×1600×4×МК-400×8-2×А ГОСТ 20-85.

Лента конвейерная типа 1, подтипа 1.1 общего назначения, шириной 1600 мм, с четырьмя прокладками из ткани МК-400, с рабочей обкладкой 8 мм и нерабочей 2 мм из резины класса А.

Разновидности конвейерных резинотканевых лент типа 1 и типа 2, выпускаемые по ГОСТ 20-85, и область их применения приведены в табл. 4.1, а резинотросовых лент – в табл. 4.2.

Таблица 4.

Тип и основные характеристики ленты	Вид транспортируемого материала груза	Условия эксплуатации	Вид ленты	Обозначение ленты	Тип ткани	Класс резины наружных обкладок	Толщина наружных обкладок, мм		Температура окружающего воздуха, °С
							рабочей поверхности	нерабочей поверхности	
1. Многопрокладочная, с двухсторонней резиновой обкладкой и защитной или брекерной прокладкой рабочей поверхности и резиновыми бортами	Руды черных и цветных металлов, крепкие горные породы кусками до 500 мм и др. материалы	Очень тяжелые	Общего назначения	1.1	Синтетическая 400	А Б	8 10	2 3	От –4 до +6
			Морозостойкая	1.1М		М	10	3	От –6 до +6
	Известняк, доломит, кусками размером до 500 мм, руды черных и цветных металлов кусками размером до 350 мм и др. крупнокусковые материалы	Тяжелые	Общего назначения	1,2	Синтетическая 200–400	А Б	6 8	2 3	От –4 до +6
			Морозостойкая	1,2М		М	8	2	От –6 до +6
	Уголь кусками размером до 700 мм и породы кусками размером до 750 мм	Тяжелые	Трудновоспламеняемые	1,2Ш	Синтетическая (полиамидная) 200–400	Г-1	6	3,5	От –2 до +6
			Трудновоспламеняемая, морозостойкая	1,2ШМ		Г-2	6	3,5	От –4 до +6
2. Многопрокладочная, с двухсторонней резиновой обкладкой и резиновыми бортами	Руды черных и цветных металлов, крепкие горные породы кусками до 100 мм, известняк, доломит, кокс, агломерат, шихта, концентрат рудный и др. высокоабразивные материалы кусками размером до 150 мм	Средние	Общего назначения	2.1	Синтетическая 100–300	А И.Б И.Б	6 8 6	2 2 2	От –4 до +6
			Морозостойкая	2М		М М	8 6	2 2	От –6 до +6

Окончание табл. 4.3

Тип и основные характеристики ленты	Вид транспортируемого материала груза	Условия эксплуатации	Вид ленты	Обозначение ленты	Тип ткани	Класс резины наружных обкладок	Толщина наружных обкладок, мм		Температура окружающего воздуха, °С
							рабочей поверхности	нерабочей поверхности	
	Уголь рядовой, глина, цемент, мягкие породы и др. малоабразивные материалы кусками до 150 мм	Средние	Общего назначения	2.2	Синтетическая 100–200 или комбинированная (полиэфир/х/б), *55*	И.Б И.Б	5 4,5	2 3,5	От –45 до +60
			Морозостойкая	2М		М	5	2	От –60 до +60
	Уголь (куски размером до 500 мм) и породы (куски размером до 300 мм)	Средние	Трудновоспламеняемые	2Ш	Синтетическая (полиамидная) 100–300	Г-1 Г-3	4,5 4,5	3,5 3,5	От –25 до +60
			Трудновоспламеняемая, морозостойкая	2ШМ	Синтетическая (полиамидная) 100–300	Г-2	4,5	3,5	От –45 до +60
Примечание. В графе "тип ткани" приведена прочность ткани тяговой прокладки каркаса (Н/мм).									

Соединение конвейерных лент. С заводов резинотехнических изделий конвейерная лента поступает свернутой в рулоны.

При навеске ленты на конвейер концы ее соединяют, как правило, вулканизацией, реже механическим способом (у неответственных конвейеров).

Конструкции стыков лент приведены на рис. 4.5.

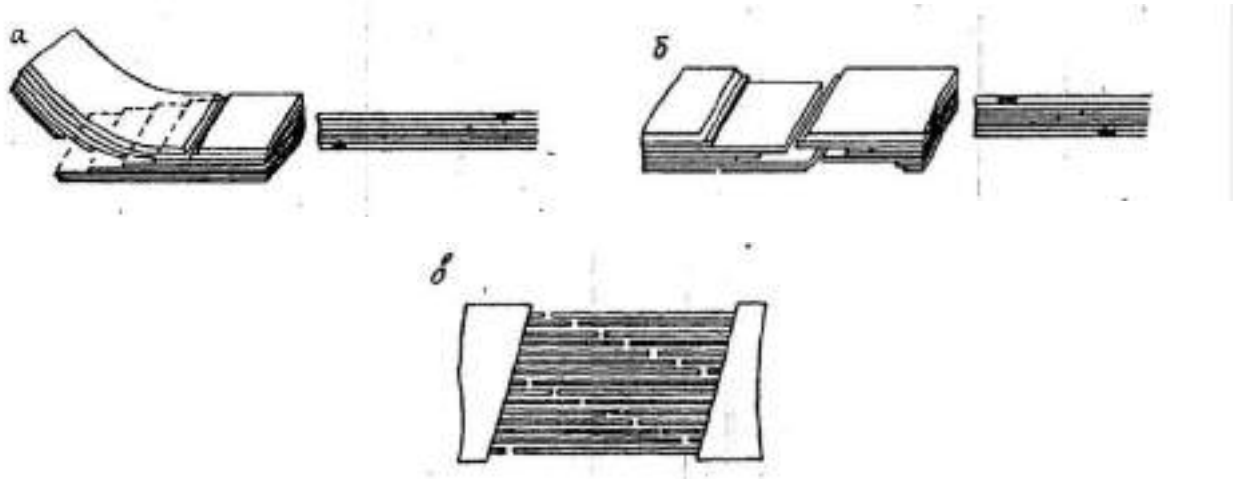


Рис. 4.5. Конструкции вулканизированных стыков:
а, б – стыки для резинотканевых лент; *в* – стык резинотросовой ленты

При соединении вулканизацией прочность стыков достигает 90 % прочности целой ленты. При стыковке и ремонте лент применяется холодная и горячая вулканизация. Для холодной вулканизации применяется самовулканизирующийся клей СВ-5, а для горячей – клей ЛС-425 и резиновая смесь №109. Стыковка конвейерных лент ведется по инструкции, в которой указываются все размеры, порядок раскроя и обработки, марки материала и режим вулканизации.

Для горячей вулканизации применяются переносные электрические плиты.

Механические стыки менее прочны, чем вулканизированные. Их прочность составляет 45–60 % от прочности ленты. Механические стыки применяют на передвижных или полустационарных конвейерах (см. конвейер в лаборатории).

Таблица 4.3

Типы и виды конвейерных лент

Тип ленты	1	2
Основные характеристики ленты	Многопрокладочная, с двухсторонней резиновой обкладкой и защитной или брекерной прокладкой под резиновой обкладкой рабочей поверхности и резиновыми бортами	
Вид транспортируемого материала, груза	Руды черных и цветных металлов, крепкие горные породы кусками размером до 500 мм, бревна диаметром до 900 мм и другие материалы Известняк, доломит кусками размером до 500 мм, руды черных и цветных металлов кусками до 350 мм и другие крупнокусковые материалы, бревна диаметром до 900 мм Уголь кусками размером до 700 мм и породы кусками размером до 500 мм, антрацит кусками размером до 700 мм или порода кусками размером до 500 мм	
Категория условий эксплуатации	Очень тяжелые	
Вид ленты	Общего назначения	
Обозначение ленты	1.1	
Тип ткани тяговой прокладки каркаса с прочностью по основе, Н/мм	Синтетические, 400	
Класс резины наружных обкладок	А Б	
Толщина наружных обкладок, мм: – рабочей поверхности – нерабочей поверхности	 8–10* 2–3	
Температура окружающего воздуха, °С	От – 45 до +60	

4.4. Основы теории передачи тягового усилия от барабана к ленте конвейера

Тяговое усилие передается бесконечной ленте от барабана силами трения, возникающими на поверхности их соприкосновения.

Л. Эйлер в 1765 году вывел соотношение натяжений в точках набегания $S_{нб}$ и сбегания $S_{сб}$ идеальной гибкой и нерастяжимой нити с приводного барабана

$$S_{нб} \le S_{сб} e^{\mu\alpha},$$

где μ – коэффициент сцепления (трения) между лентой и барабаном; α – угол обхвата лентой приводного барабана, рад; e – основание натуральных логарифмов.

Величина $e^{\mu\alpha}$ называется *тяговым фактором* привода.

В связи с тем, что реальная конвейерная лента, как гибкое упругое тело, имеет на набегающей ветви большее упругое удлинение (вытяжку), чем на сбегающей, на барабане при его вращении происходит постоянное проскальзывание сокращающейся ленты от меньшего натяжения к большему, т. е. от точки сбегания к точке набегания.

Явление проскальзывания упругой гибкой ленты по приводному барабану впервые установили и исследовали русские ученые Н. П. Петров и Н. Е. Жуковский (независимо один от другого).

Теоретически и экспериментально установлено, что при передаче тягового усилия гибкому тяговому органу со стороны набегающей ветви образуется *дуга относительного покоя* – $\alpha_п$, в пределах которой $S_{нб}$ остается постоянным, а со стороны сбегающей ветви ленты – *дуга относительного скольжения* – $\alpha_{ск}$, на которой происходит передача силы тяги (рис. 4.6).

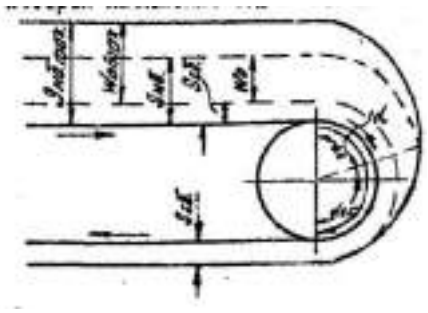


Рис. 4.6

При учете этого формула Эйлера принимает вид:

$$S_{нб} = S_{сб} e^{\mu\alpha_{ск}}.$$

Тяговое (окружное) усилие W, передаваемое от барабана к ленте, равно

$$W = S_{нб} - S_{сб}.$$

С учетом выражений величина тягового усилия запишется

$$W_0 = S_{сб}(e^{\mu\alpha_{ск}} - 1) \le S_{сб}(e^{\mu\alpha} - 1);$$

$$W_0 = S_{нб}(e^{\mu\alpha_{ск}} - 1/e^{\mu\alpha_{ск}}) \le S_{нб}(e^{\mu\alpha} - 1/e^{\mu\alpha}).$$

Наибольшая величина тягового усилия, передаваемого от барабана к ленте будет при $\alpha_{ск} = \alpha$, но при этом происходит пробуксовка барабана

$$W_{0max} = S_{сб}(e^{\mu\alpha} - 1) = S_{нб}(e^{\mu\alpha} - 1/e^{\mu\alpha}).$$

Величину дуги относительно скольжения можно определить из выражения

$$\alpha_{ск} \frac{1}{\mu} \ln \frac{S_{нб}}{S_{сб}}.$$

Величина запаса силы тяги (силы трения) на приводе характеризуется коэффициентом запаса силы тяги – $K_т$

$$K_т = \frac{W_{0\,max}}{W_0} = \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha_{ск}} - 1}.$$

Обычно при проектировании привода принимают $K_т$ = 1,3-1,4.

Если движение груза на конвейере происходит вниз по уклону и конвейер является самодействующим, так что на приводе происходит притормаживание ленты, условие отсутствия скольжения ленты по барабану принимает вид

$$S_{сб} \le S_{нб} e^{\mu\alpha},$$

а тормозное усилие

$$W_т = S_{сб} - S_{нб} \le (e^{\mu\alpha} - 1)$$

$$W_т = S_{сб} \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha}}.$$

Как видно из полученных выражений, тяговое усилие, передаваемое от барабана к ленте тем больше, чем больше натяжение ленты, угол обхвата лентой приводного барабана и коэффициент сцепления ленты с барабаном.

4.5. Приводные станции ленточных конвейеров

Приводная станция служит для приведения в действие ленточного конвейера. Приводная станция устанавливается в конце груженой ветви ленты, на порожней ветви ленты вблизи поворотного (разгрузочного) барабана или в пролете между концевыми барабанами. Если по местным условиям такое расположение привода оказывается неудобным, то его устанавливают в начале груженой ветви (например, на погрузочных стрелах).

Приводные станции конвейеров общего назначения изготавливаются однобарабанными (рис. 4.7, *а, б*), а с целью увеличения тягового фактора привода – двухбарабанными (рис. 4.7, *в, г, д*) и специальных конструкций – с прижимным роликом (рис. 4.7, *е*) с прижимной лентой (рис. 4.7, *ж*) и др.

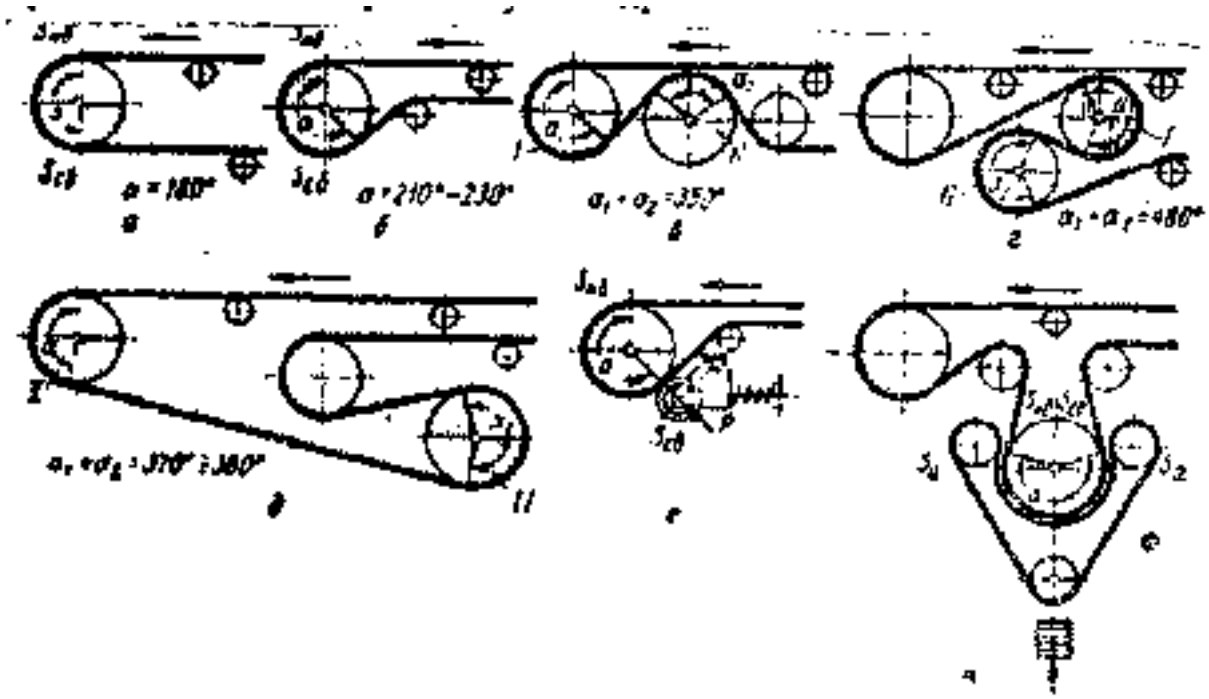


Рис. 4.7. Схемы огибания лентой приводных барабанов ленточных конвейеров:
а и *б* – однобарабанные; *в, г* и *д* – двухбарабанные; *е* – с прижимным роликом; *ж* – с прижимной лентой

Для внутрицеховых транспортных установок применяют конвейеры с однобарабанными приводными станциями (рис. 4.8), а для мощных межцеховых конвейеров применяют также двухбарабанные приводные станции и специальные типы станций.

В качестве приводных электродвигателей конвейеров при мощности до 100 кВт применяются обычно асинхронные с к.з. ротором, при мощности свыше 100 кВт применяются асинхронные с к.з. ротором и муфтой скольжения или асинхронные с фазным ротором.

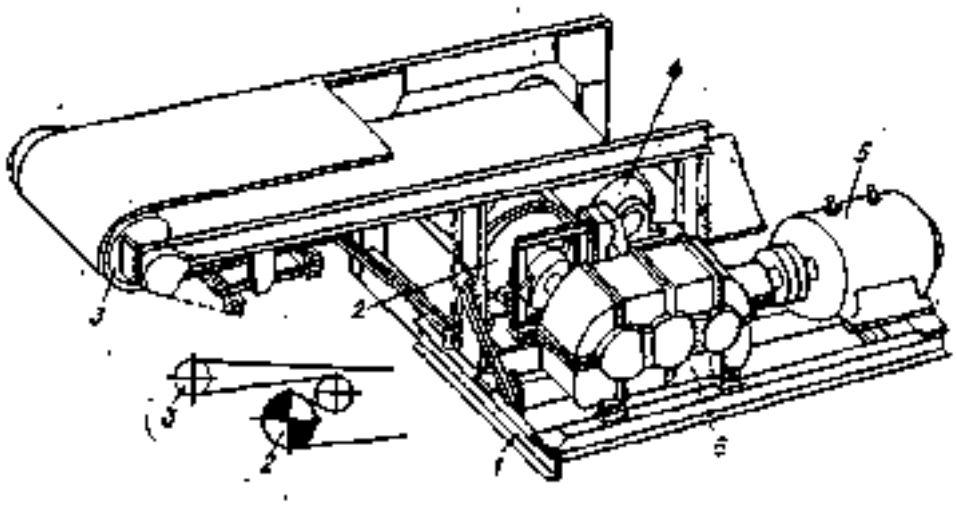


Рис. 4.8. Приводная станция ленточного конвейера:
1 – рама; *2* – приводной барабан; *3* – разгрузочный барабан; *5* – электродвигатель; *6* – редуктор

Вал электродвигателя и вал редуктора соединяются или упругой муфтой (пальцевой, с закладными эластичными элементами) или муфтой скольжения (фрикционной, турбомуфтой, электромагнитной). Выходной вал редуктора и приводного барабана соединяются жесткой муфтой. Применение муфт скольжения способствует удлинению периода разбега при пуске конвейера и уменьшению динамических нагрузок на ленту, двигатель и редуктор.

Приводные станции комплектуются редукторами типов РМ, ЦД, РЦД, КЦ. Редукторы обеспечивают диапазоны скоростей ленты от 1,0 до 3,15 м/с.

Приводные барабаны изготавливаются сварные и литые. Они могут иметь гладкую металлическую поверхность или с целью увеличения сцепления быть футерованными резиной, деревом, пластмассой, алюминием или отработанной лентой. Увеличение коэффициента сцепления также достигают, создавая на поверхности футеровки канавки в виде шевронов. Натяжные, отклоняющие и прижимные барабаны не футеруют.

Диаметр приводного барабана выбирается в зависимости от материала и числа прокладок в ленте или диаметра тросиков:

для лент с прокладками из синтетической ткани

$$D_{\text{пр}} \geq (160\text{-}180)i \text{ мм};$$

для резинотросовых лент

$$D_{\text{пр}} \geq (144\text{-}320)d_{\text{т}} \text{ мм},$$

где i – число прокладок в ленте; $d_{\text{т}}$ – диаметр тросиков, мм.

Для конвейеров, работающих при температуре ниже – 10 °С, диаметр приводного барабана увеличивают примерно на 30 %.

При двухбарабанном приводе диаметр приводных барабанов увеличивается против расчетного примерно на 15 % вследствие изгиба ленты в противоположных направлениях.

Для лучшего центрирования обод барабана делается выпуклым. Стрела выпуклости принимается равной 2,5-3,0 % от длины барабана. Для барабанов диаметром до 800 мм допускается биение до 1 мм, а для барабанов свыше 800 мм – до 1,5 мм.

Диаметр хвостового и натяжного барабанов принимается равным $0{,}85D_{\text{пр}}$, а отклоняющего барабана – $0{,}6D_{\text{пр}}$.

Полученные по расчету диаметры приводных, хвостовых и отклоняющих барабанов округляются до ближайшего бóльшего по ГОСТу (160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 мм).

Длина барабанов принимается на 100-200 мм больше ширины ленты.

Тормозные устройства служат для предотвращения обратного хода конвейерной ленты наклонного конвейера (во избежание завала погрузочного пункта и механических поломок) при отключении электродвигателя. Они устанавливаются на конвейерах с углом подъема свыше 6-7°. В качестве тормозных устройств применяются колодочные тормоза, ленточные, роликовые и храповые остановы.

Колодочный тормоз состоит из колодок, рычажной системы, пружины и электромагнита. Колодки воздействуют на обод специальной муфты, соединяющей вал редуктора с валом электродвигателя. Электромагнит питается от того же пускателя, что и электродвигатель конвейера.

При включении электродвигателя получает одновременно питание и электромагнит, который, снимая пружину, растормаживает колодки. При отключении электродвигателя электромагнит обестачивается и происходит затормаживание конвейера под воздействием пружины.

Ленточный останов (рис. 4.9, *а*) состоит из отрезка ленты *1* и щитков *2*. При рабочем ходе конвейерной ленты лента останова оттягивается от приводного барабана холостой ветвью ленты. При отключении двигателя и обратном ходе конвейерной ленты лента останова затягивается под барабан и застопаривает его.

Роликовое стопорное устройство (рис. 4.9, *б*) состоит из ролика *1*, штифта с пружиной *2*, неподвижной обоймы *3* и подвижной обоймы *4*.

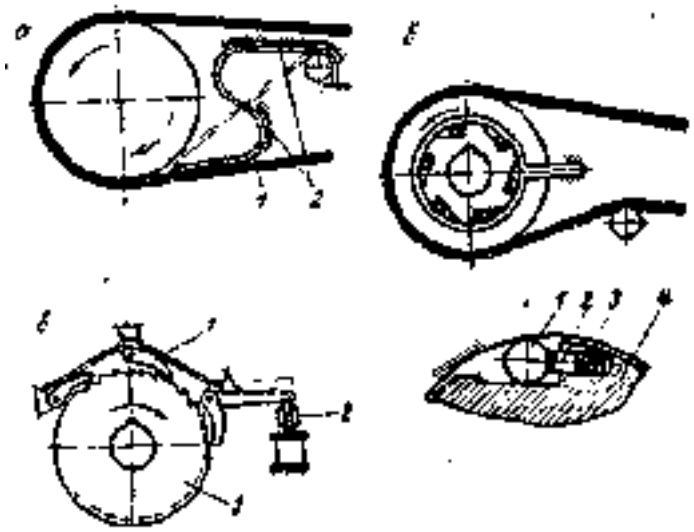


Рис. 4.9. Обратные остановы:
а – ленточный, *1* – отрезок ленты; *2* – щитки (пунктиром показано положение отрезка ленты при срабатывании останова);
б – роликовый, *1* – ролик; *2* – штифт с пружиной; *3* – неподвижная обойма; *4* – вращающая обойма;
в – храповой, *1* – собачка; *2* – электродвигатель (или электромагнит с грузом) для поднятия собачек при включении конвейера; *3* – храповое колесо

Подвижная обойма насаживается на приводной вал. При рабочем вращении вала ролики увлекаются силами трения в широкую часть зазора между обоймами. При остановке конвейера и обратном ходе ролики заклинивают обоймы и конвейер останавливается.

Храповое стопорное устройство (рис. 4.9, *в*) состоит из собачки *1*, электродвигателя и электромагнита *2* и храпового колеса *3*. При подаче питания на электродвигатель конвейера одновременно подается питание на электромагнит

стопорного устройства и собачки поднимаются. При останове и вращении храпового колеса в обратную сторону собачки под действием груза опускаются и препятствуют вращению колеса и, соответственно, приводного вала.

4.6. Натяжные станции

Натяжные станции создают натяжение ленты, необходимое для обеспечения передачи ей тягового усилия приводом, а также для ограничения провеса ее между роликоопорами. Их располагают в конце конвейера или в любом месте на нижней его ветви.

По принципу действия натяжные станции делятся на:

нерегулируемые (жесткие), *регулируемые* (*автоматические) и комбинированные*.

В нерегулируемых натяжных станциях натяжение ленты осуществляется периодически по мере остаточной вытяжки ленты с помощью винтов (рис. 4.10, *а*) или с помощью ручных (рис. 4.10, *б, в*) и электрических лебедок (рис. 4.10, *г*).

Винтовое натяжное устройство применяется при длине конвейера до 50 м. Ход натяжения составляет 750-800 мм.

Недостатки: бесконтрольность натяжения ленты, работа при завышенном натяжении (во избежание срыва сцепления между лентой и барабаном при пуске конвейера), что приводит к сокращению срока службы ленты.

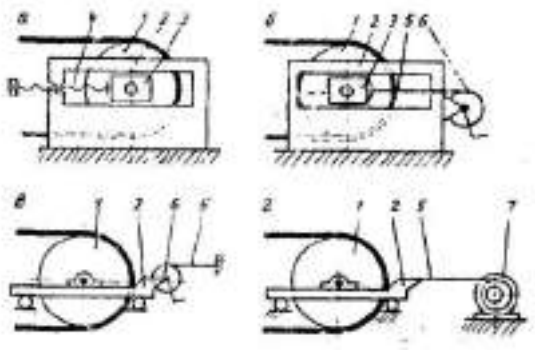


Рис. 4. 10. Схемы нерегулируемых (жестких) натяжных станций:
а – винтовая; *б* – с ручной лебедкой и неподвижной рамой; *г* – с электрической лебедкой и подвижной рамой
1 – натяжной барабан; 2 – рама; 3 – башмак, перемещающийся по раме; 4 – винт; 5 – канат; 6 – ручная лебедка; 7 – электрическая лебедка

Автоматические натяжные станции можно подразделить на грузовые (рис. 4.11, *а, б, в, г*), механические (рис. 4.12, *д, е*) и гидравлические (рис. 4.11, *ж*). Такие натяжные станции позволяют автоматически компенсировать остаточную вытяжку лент.

Грузовые натяжные станции выполняются с вертикальным (рис. 4.11, *а*) и горизонтальным ходом барабана (рис. 4.11, *б*). Грузовые натяжные станции с вертикальным ходом барабана более компактны и требуют меньше места для их установки, чем натяжные станции с горизонтальным ходом барабана, но конвейерная лента дополнительно изгибается на трех барабанах в разных направлениях, что уменьшает срок службы ленты. Натяжная станция с вертикальным ходом барабана может устанавливаться в любом месте на холостой ветви ленты.

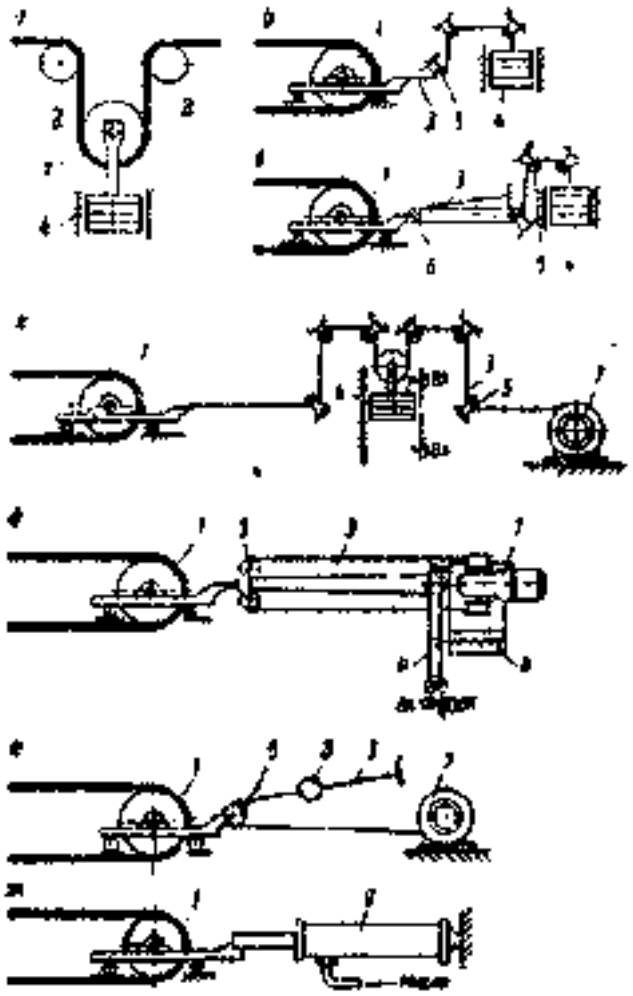


Рис. 4. 11. Схемы автоматических натяжных станций:
а, б, в, г – грузовые; *д, е* – механические;
ж – гидравлическая
1 – натяжной барабан; 2 – отклоняющий барабан;
3 – канат; 4 – груз; 5 – отклоняющие шкивы каната;6 – полиспаст; 7 – лебедка электрическая;
8 – динамометр с постом управления двигателем лебедки; 9 – гидравлический цилиндр со шкивом;
ВК – конечный выключатель

Натяжные станции с горизонтальным ходом барабана обычно устанавливаются в хвосте конвейера. Натяжная станция с полиспастом (рис. 4.11, *в*) применяется для мощных конвейеров, когда требуется создать значительное натяжение ленты.

Натяжная станция (рис. 4.11, *г*) применяется на длинных конвейерах с резинотканевыми лентами. Концевые выключатели ВК ограничивают ход грузов. При вытяжке ленты груз опускается и воздействует на нижний ВК. При этом в работу включается электрическая лебедка и выбирает канат *3*. Груз поднимается до верхнего ВК, который отключает лебедку. Недостатком, присущим натяжным станциям с горизонтальным ходом барабана, является наличие от 3 до 6-ти блоков, что приводит к уменьшению чувствительности натяжной станции на изменение натяжения ленты, вследствие больших потерь на трение в блоках, а также чувствительности к загрязнениям.

Натяжные станции с горизонтальным ходом барабана рекомендуются при длине конвейера до 100 м. Натяжные станции с вертикальным ходом рекомендуются на конвейерах большой длины (более 100 м).

В механических натяжных станциях натяжной барабан перемещается лебедками, управляемыми системой контроля натяжения ленты. В схеме (рис. 4.11, *д*) натяжение контролируется пружинным или гидравлическим динамо-

метром Д, который связан с рычагом Р. При изменении натяжения рычаг перемещается влево или вправо и воздействует на один из концевых выключателей ВК, которые включают реверсивную электрическую лебедку, уменьшающую или увеличивающую натяжение ленты. Настройка заданного натяжения ленты осуществляется начальным зажатием пружины динамометра.

В схеме (рис. 4.11, *е*) электроконтактный динамометр *8* включен непосредственно в канат. Динамометр имеет два неподвижных контакта, один из которых настраивается на минимально допустимое, а другой на максимальное натяжение ленты и подвижный контакт, связанный со стрелкой. Если натяжение ленты соответствует заданному, то стрелка находится между контактами и оба контакта разомкнуты. Если натяжение ленты уменьшится или увеличится, то замыкается один из контактов, который включает лебедку и, соответственно, натяжение ленты увеличивается или уменьшается.

В гидравлических станциях (рис. 4.11, *ж*) перемещение натяжного барабана осуществляется гидроцилиндром, в котором поддерживается постоянное давление масла от насосов или гидроаккумулятора.

Все автоматические натяжные станции автоматически обеспечивают заданное натяжение ленты или натяжение, гарантирующее отсутствие срыва сцепления ленты на приводном барабане. Кроме перечисленных недостатков всем автоматическим станциям присущ общий недостаток – несколько повышенное натяжение ленты во избежание срыва сцепления между лентой и барабаном в период пуска. Этот недостаток устранен в комбинированных натяжных станциях.

Комбинированная натяжная станция работает в период пуска как жесткая, т. е. натяжной барабан перед пуском автоматически оттягивается и создается повышенное натяжение ленты. По окончании запуска натяжение ленты уменьшается и натяжная станция работает в режиме поддержания номинального напряжения ленты.

4.7. Конструкции роликоопор и роликов

Роликоопоры предназначены для поддержания ленты, центрирования ее хода, придания ленте формы лотковости. Они должны быть достаточно прочными, долговечными, иметь возможно малый вес и сопротивление вращению.

По назначению роликоопоры классифицируются на *рядовые* и *специальные*.

Рядовые роликоопоры предназначены для поддержания ленты и придания ей необходимой формы (рис. 4.12, *а*, *б*, *в*, *г*).

Специальные роликоопоры, кроме того, выполняют ряд других функций и, в зависимости от того, классифицируются на центрирующие (рис. 4.12, *ж*), которые регулируют положение ленты относительно продольной оси конвейера; регулирующие (рис. 4.12, *з*); амортизирующие (рис. 4.12, *д*), которые смягчают удары кусков материала о ленту в местах загрузки; очистные (рис. 4.12, *г,*

д, е), очищающие ленту от налипшего материала; переходные, меняющие лотковость ленты перед барабанами.

По количеству роликов в одной опоре роликоопоры делят на одноролико-вые (для плоскости ленты) и двух,- трех-, четырех-, пятироликовые (для лотковой ленты, рис. 4.12). Грузовая ветвь конвейера может иметь любые их этих опор, порожняя чаще всего имеет одноролико-вые, реже двухроликовые (при широких лентах).

Для лучшего центрирования верхней грузовой ветви ленты предусматривается наклон боковых роликов на 3-4° в сторону движения ленты (рис. 4.12, *б*). Нормальные трехроликовые опоры имеют одинаковую длину всех роликов, а угол наклона боковых роликов к горизонту равен 20° (рис. 4.12, *а*), но применение лент с синтетическим каркасом позволило увеличить угол наклона боковых роликов до 30° (рис. 4.12, *г*). В пятироликовой опоре наружные ролики наклонены под углом 40°, а внутренние под углом 20° (рис. 4.12, *в*). Переходные 3-х роликовые опоры имеют угол наклона боковых роликов 11°. Длина переходного участка 3-2 м.

По устройству ролики для рабочей ветви ленты и холостой аналогичны, отличие заключается только в длине ролика (рис. 4.12, *а, б, в*).

По конструкции осей ролики делят на ролики с жесткими и с гибкими осями. Первые могут быть на оси и на цапфах, вторые – на оси из каната и из цепи. По способу смазки подшипниковых узлов ролики бывают с долговременной закладной смазкой и регулярной смазкой. Наиболее ответственным элементом ролика является подшипниковый узел.

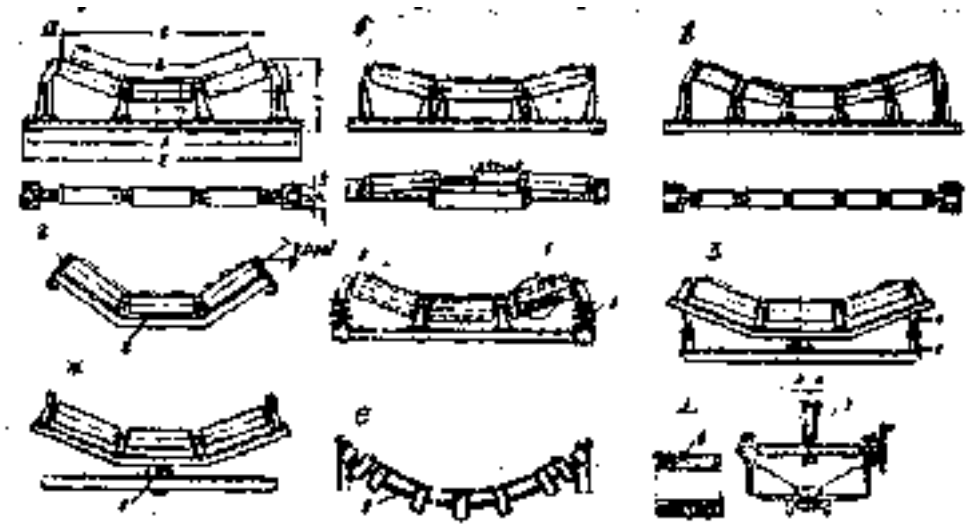


Рис. 4.12. Роликоопоры рабочей ветви:
а – трехроликовая; *б* – трехроликовая с развернутыми боковыми роликами; *в* – пятироликовая; *г* – трехроликовая с увеличенным углом наклона боковых роликов;
д – амортизирующая; *е* – с гибким валом; *ж* – центрирующая; *з* – с винтовым фиксирующим устройством
1 – ролик; *2* – рама с кронштейнами; *3* – пружина; *4* – резина; *5* – гибкая нить;
6 – шарнир; *7* – винтовое фиксирующее устройство

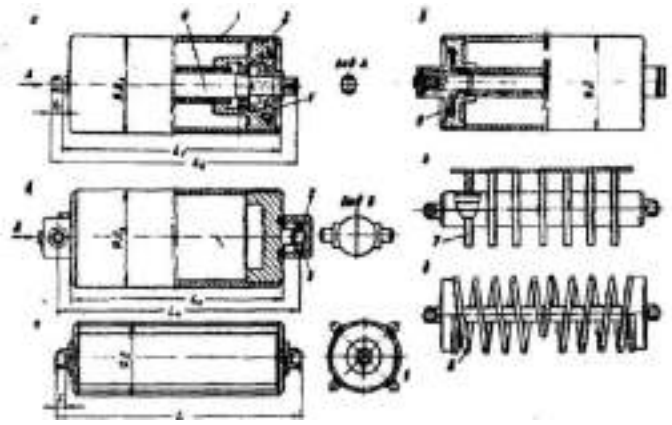


Рис. 4.13. Роликоопоры нерабочей ветви:
а – с подшипниками, расположенными внутри обечайки; *б* – с выносными подшипниками; *в* – для конвейеров тяжелого типа с шириной ленты 1600 и 2000 мм; *г* – дисковый; *д* – спиральный; *е* – вибрирующий
1 – обечайка; *2* – корпус подшипника; *3* – подшипник; *4* – ось; *5* – крышка; *6* – лабиринтное уплотнение; *7* – диск; *8* – спираль; *9* – круг диаметром 10-12 мм

Самоцентрирующие роликоопоры отличаются от обычных наличием шарнира в центре опоры и вертикальных (дефлекторных роликов, установленных на консольных кронштейнах) (рис. 4.12, *ж*). При смещении ленты в сторону она бортом нажимает на вертикальный ролик. Роликоопора поворачивается на некоторый угол и лента возвращается к центру.

Регулирующие роликопоры с фиксированным углом поворота (рис. 4.12, *з*) отличаются от самоцентрирующих наличием винтового фиксирующего устройства *7*. Их применяют на конвейерах тяжелого типа.

Недостатки самоцентрирующих и регулирующих опор: при поперечном смещении ленты возникают значительные усилия, что приводит к интенсивному износу бортов; шарнирные узлы роликопор часто засоряются и заклиниваются. Более эффективно работают центрирующие устройства в виде батареи из нескольких центрирующих роликоопор, связанных между собой.

Если по конвейеру транспортируют высоко абразивные или химически агрессивные грузы, то ролики нерабочей ветви за концевым разгрузочным барабаном, на длине 10-15 м, очень быстро изнашиваются. На этом участке устанавливают ролики, футерованные резиной.

На конвейерах длиной свыше 30 м устанавливают самоцентрирующие или регулирующие роликоопоры; на рабочей ветви через каждые 10 обычных опор, а на холостой ветви – через каждые 7 обычных роликоопор.

Дальнейшее совершенствование конструкций роликоопор направлено на уменьшение их веса путем применения полимеров, стекловолокна, прессматериалов, на совершенствование конструкций подшипниковых узлов с целью увеличения межремонтных сроков.

Перспективным является создание надежных и долговечных конструкций гибких роликоопор, которые создают лучшие условия для работы ленты (лотковость без изломов), требуют меньше подшипников, имеют гораздо меньший

вес, чем ролики из труб (рис. 4.12, *е*), но имеют больший коэффициент сопротивления движению.

4.8. Загрузочные устройства ленточных конвейеров

Ленточные конвейеры можно загружать в одном или одновременно в нескольких местах по длине. Места загрузки оборудуют загрузочными устройствами (рис. 4.14).

Загрузочные устройства должны удовлетворять следующим требованиям:

а) груз на ленту должен ложиться центрировано, равномерно располагаясь по длине;

б) лента и установленные под ней в месте погрузки роликоопоры не должны по возможности испытывать вредного воздействия поступающего на ленту груза;

в) в месте загрузки ленты должны отсутствовать завалы и рассыпание груза;

г) на ленте должны оставаться с обеих сторон свободные поля;

д) потоку груза в зоне его соприкосновения с лентой должна придаваться скорость, равная скорости ленты.

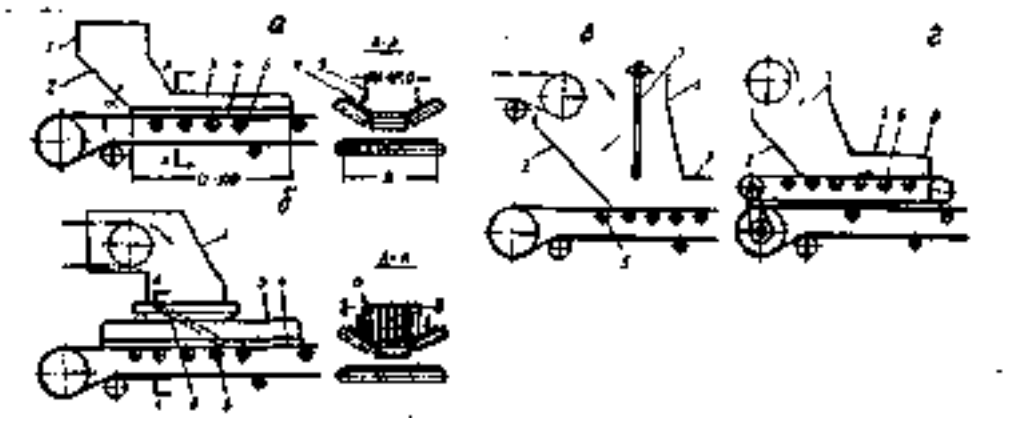


Рис. 4.14. Схемы загрузочных устройств:
а – загрузочная воронка для сыпучих неабразивных материалов; *б* – воронка с короткими съемными колосниками (для крупной руды); *в* – воронка с отбойным щитом (для руды и других абразивных материалов); *г* – пункт погрузки с загрузочным конвейером;
1 – приемная воронка; *2* – дно желоба (лотка); *3* – направляющие борта; *4* – футеровочная резина (лента) направляющих бортов; *5* – батарея жестко укрепленных или подрессоренных роликов (роликовый стол); *6* – съемные колосники; *7* – отбойный щит, предохраняющий воронку от износа и повреждений ударами кусков материала; *8* – загрузочный конвейер

Загрузочные устройства классифицируют в зависимости от времени работы на одном месте на стационарные и передвижные.

Первые неподвижно укрепляют на горизонтальном или слабонаклонном (до 5-6°) участке рамы конвейера, вторые – передвигают относительно рамы.

Загрузочное устройство (рис. 4.14, *а*) применяется для загрузки конвейеров сыпучими грузами. При транспортировании грузов, способных прилипать к

днищу или бортам лотка, последнее оборудуют постоянно работающими или периодически выключаемыми вибраторами.

При транспортировании абразивного груза дно лотка часто выполняют в виде колосниковой решетки (рис. 4.14, *б*). При этом мелкие куски груза попадают на ленту раньше крупных кусков и предохраняют ее от износа.

Для уменьшения износа лотка и воронки часто армируют особо прочными сплавами, которые устойчивы против истирания. Для амортизации ударов кусков о ленту и предохранения ее от износа роликоопоры, устанавливаемые в месте загрузки футеруют толстым слоем мягкой резины, ставят их в 2-3 раза чаще, чем на линейных секциях, монтируют эти ролики на подрессоренных столах, несколько увеличивают лотковость для улучшения центрирования материала на ленте.

Загрузочное устройство с отбойным щитом (рис. 4.14, *в*) устанавливается для гашения скорости груза, когда скорость ленты последующего конвейера значительно меньше скорости предыдущего, а измельчение груза в процессе транспортировки не снижает его качества.

На конвейерах с большой скоростью ленты (более 3-4 м/с) загрузочные устройства оборудуются ускорительными короткими конвейерами (обычно ленточными (рис. 4.14, *г*) на выходе с которых скорость груза близка к скорости движения ленты.

При компоновке загрузочных устройств необходимо прежде всего построить траекторию потока груза, поступающего на конвейер, в соответствии с которой располагают приемный желоб.

Ширина верхней части желоба B_1 определяется обычно конструктивно. Ширину желоба в нижней части принимают в пределах

$$B_2 = (0{,}65\text{-}0{,}7)B,$$

где B – ширина ленты загружаемого конвейера, м.

Высота бортов $h_б$ должна быть больше высоты слоя груза $h_{гр}$, которая в зоне его поступления на ленту может быть определена из уравнений

$$h_{гр} = \frac{Q}{3600 B_2 \nu_1 \rho} \text{ м},$$

где ν_1 – скорость входа груза на ленту, м/с.

Значения длины и высоты бортов по данным практики приведены в таблице.

Таблица

Размеры направляющих бортов, мм

Ширина ленты, мм	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Длина бортов (не менее), мм	1200	1500	2000	2000	2000	2500	2500
Высота бортов	250	300	350	500	550	600	700

4.9. Устройства для промежуточной разгрузки с ленты транспортируемого материала

Разгрузочные устройства должны быть просты по конструкции, иметь возможно малый вес, разгружать весь груз, не образовывать просыпи, не изнашивать интенсивно ленту.

Разгрузку ленточных конвейеров осуществляют через один из концевых барабанов (концевая разгрузка) или в любом месте по длине (промежуточная разгрузка). В первом случае у разгрузочного барабана монтируют приемную воронку, во втором – конвейер оборудуют специальными разгрузочными устройствами. Последние, в зависимости от времени работы на одном месте, делят на стационарные и передвижные, а по конструктивным признакам – на плужковые, барабанные, механические и устройства с обратной лотковостью (рис. 4.).

Плужковые сбрасыватели, односторонние и двусторонние (рис. 4. , *а, б*), изготовляют металлическими и для уменьшения износа ленты армируют съемными резиновыми полосами. Применяют для разгрузки неабразивных грузов с плоской ленты при скорости ленты до 1,5 м/с, плужковые сбрасыватели устанавливаются под углом α=30-45°. При применении плужковых сбрасывателей на лотковой ленте последнюю выпрямляют в месте установки сбрасывателей несколькими сближенными однороликовыми опорами.

Плужковые сбрасыватели просты по конструкции, однако они интенсивно изнашивают ленту, односторонние, кроме того, сдвигают ее в сторону.

Двусторонние механические сбрасыватели (рис. 4.15, *в*) применяют для промежуточной разгрузки грузов, измельчение которых при разгрузке нежелательно (например, брикеты).

Для разгрузки абразивных кусков грузов, а также конвейеров большой производительности с большой шириной ленты и скоростью применяют двухбарабанные разгрузочные тележки (автостеллы, рис. 4.15, *г*).

Здесь барабаны смонтированы на раме тележки, перемещающейся по рельсам или раме конвейера. Груз сбрасывается через верхний барабан и отводится в сторону одно- или двусторонним желобом, укрепленным на тележке.

Двухбарабанные разгрузочные тележки меньше изнашивают ленту, чем плужковые, но имеют большие размеры, вес, конструкция их сложнее и увеличивается число перегибов ленты, а мощность приводного двигателя возрастает примерно на 20 %.

Частично устранены эти недостатки в разгрузочных устройствах с обратной лотковостью ленты (рис. 4.15, *д*). При подходе к такому устройству, которое может быть выполнено как стационарным, так и передвижным, постепенно уменьшается лотковость ленты на переходных роликоопорах и затем на обращенных роликоопорах лента принимает выпуклую форму (обратная лотковость).

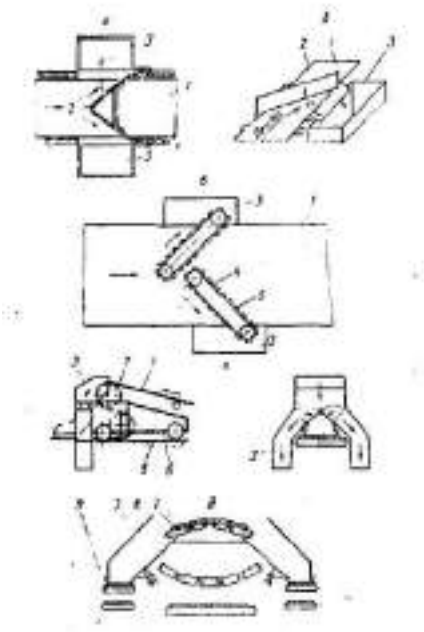


Рис. 4.15. Устройства для промежуточной разгрузки:
а – двусторонний плужковый сбрасыватель; *б* – односторонний плужковый сбрасыватель; *в* – механический сбрасыватель; *г* – разгрузочная тележка (автостелла); *д* – разгрузочный пункт с обратной лотковостью
1 – грузовая ветвь ленты; *2* – сбрасыватели (плужки); *3* – приемная воронка; *4* – механические цепные сбрасыватели с индивидуальным приводом; *5* – скребки; *6* – рама тележки; *7* – разгрузочный барабан; *8* – ролики обратной лотковости; *9* – вспомогательные короткие конвейеры

Сбрасывание груза здесь происходит по длине несколько метров в двусторонние рукава, их которых затем попадает на два вспомогательных коротких ленточных конвейера, транспортирующих его к загрузочным проемам бункера или склада. Для улучшения разгрузки опорная рама таких устройств имеет вибраторы или овальные ролики, благодаря которым лента получает колебательное движение в вертикальной плоскости. Передвижение сбрасывателей осуществляется от индивидуального привода, установленного на его тележке, или от стационарной лебедки канатами. В отдельных случаях (на отвалах карьеров) разгрузочное устройство монтируют на гусеничном ходу.

4.10. Устройства для очистки лент и барабана конвейера

Очистные устройства предназначены для очистки ленты и барабанов от налипших частиц транспортируемого груза.

Очистные устройства ленты и барабанов устанавливаются в приводных станциях ленточных конвейеров. В некоторых конвейерах дополнительные очистные устройства предусматриваются в натяжных станциях. Основные типы очистных устройств показаны на рис. 4.16.

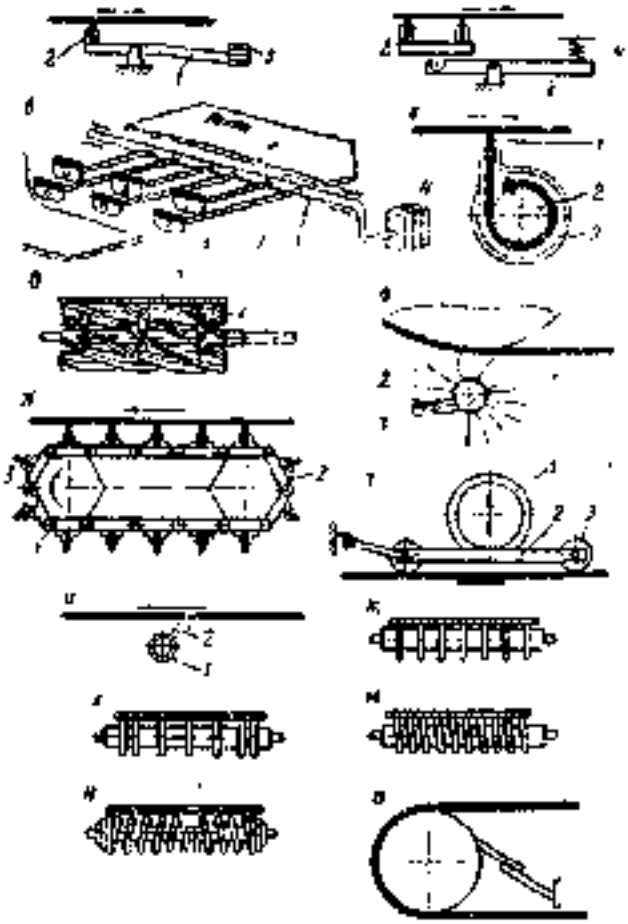


Рис. 4.16. Устройства для очистки ленты и барабанов:
а, б – одинарный и спаренный скребки, *1* – рычаг, *2* – полоса из резины конвейерной ленты или щетка из капрона; *в* – короткие скребки, расставленные в шахматном порядке, *1* – вал, *2* – пружинящие стержни, *3* – скребки, *4* – груз; *г* – скребок с выдвижной лентой, *1* – лента, *2* –вал, *3* – кожух; *д* – спиральная вращающаяся резиновая щетка, *1* – вал, *2* – металлический каркас, *3* – резиновая полоса;
е – вращающаяся щетка из капроновой щетины, *1* – вал, *2* – капроновые стержни, *3* – стержень для очистки щетки; *ж* – цепь со скребками, *1* – приводная, *2* – натяжная звездочка, *3* – резиновые скребки; *з* – вибрационный очиститель, *1* – вибратор, *2* – рама, *3* – ролик; *и* – очистка струей воды, *1* – труба для воды под напором, *2* – струя воды; *к* – ролик с эксцентрично насаженными дисками; *л* – ролик с круглыми дисками; *м* – ролик с наклонно закрепленными круглыми дисками; *н* – ролики из спирально свитого прутка; *о* – стальной нож для очистки поверхности барабана

Наиболее простую конструкцию имеют очистители скребковые (рис. 4.16, *а, б, в, г*). Скребки изготавливаются одно- или двухлезвийными. Прижим к ленте осуществляется за счет действия пружины или груза. Для скребков обычно применяют резиновую полосу толщиной 5-10 мм, выходящую за металлическую рамку на 10-12 мм.

Давление на скребки составляет 1-16 Н на 1 см ширины скребка. Износ скребков из резины или отработанной конвейерной ленты составляет до 0,5-1 мм/ч.

Для повышения эффективности очистки применяют скребки, расположенные в шахматном порядке (рис. 4.16, *в*), поступательно движущиеся скребки (рис. 4.16, *г*), вибрирующие скребки (вибрации в направлении продольной оси конвейера).

Щетки образуют другую, достаточно распространенную группу устройств для очистки лент. Щетки, как и скребки, бывают неподвижные и подвижные, причем последние разделяются на вращающиеся и движущиеся поступательно (рис. 4.16, *д, е*). Неподвижные щетки практически не применяются, так как счищаемые частицы груза забивают щетку и изнашивают ленту.

4.11. Расчет ленточных конвейеров обогатительных фабрик

В задании на проектирование конвейеров должны быть указаны: часовая производительность конвейера – Q, т/ч; насыпная плотность груза – ρ, т/м^3; максимальный размер куска – a'_{max}, мм; угол естественного откоса в состоянии покоя – φ', град; режим и место работы конвейера (на открытом воздухе, в галерее, отапливаемом или не отапливаемом помещении и пр.); температура и влажность окружающей среды; запыленность; способы загрузки и разгрузки конвейера; схема трассы конвейера с размерами и отметками, углам наклона.

4.11.1. Определение ширины ленты конвейера

Площадь поперечного сечения груза на ленте зависит от ширины ленты, занятой грузом $в$=(0,9B-0,05) м, угла наклона боковых роликов роликоопор, подвижности груза.

После выполнения преобразований (здесь не приводятся) формула производительностипринимает вид

$$Q=C(0{,}9B-0{,}05)^2 v\rho K_\beta,$$

где C – коэффициент заполнения ленты грузом. Принимается по табл.; B – ширина ленты, м; v – скорость ленты, м/с. Принимается по табл.; K_β – коэффициент, учитывающий уменьшение производительности наклонно установленного конвейера. Если конвейер имеет горизонтальные участки и хоть один наклонный, то конвейер считается наклонным. Принимается по табл.

По подвижности грузы делятся на три группы, см. табл.

Рекомендуемая скорость движения ленты связана с характеристикой транспортируемого груза и шириной ленты, а ширина ленты неизвестна, поэтому для лучшего понимания предложен пошаговый метод (метод приближений).

Первый шаг. Принимаем ширину ленты (которая, нам кажется, подойдет) и для этой ширины принимаем рекомендуемую скорость для заданной крупности груза по табл. Другие значения C и K_β принимаем из табл.

Таблица

Группы подвижности груза

Группа	Примеры грузов	Углы естественного откоса	
		в покое	в движении
Легкая	Апатит, сухой песок, цемент, окатыши, пылеуголь	30-39	10
Средняя	Уголь, камень, щебень, руда, железный концентрат, известняк, торф, земля, песок влажный, формовочная земля	40-49	15
Малая	Глина сырая, известь гашеная, влажный концентрат	50-56	20

Таблица

Коэффициент *C* для насыпных грузов различной подвижности

Тип роликоопоры	Угол наклона боковых роликов $\alpha_ж$, град	Коэффициент *C* при расчетном угле φ' расположения груза в поперечном сечении ленты, град, и группе подвижности груза		
		10 легкой	15 средней	20 малой
Прямая	0	158	240	328
Желобчатая, трехроликовая	20	393	470	550
	30	480	550	625
	45	580	633	692
	60	582	620	662

Таблица

Коэффициент K_β для транспортирования насыпных грузов различной подвижности на ленте с резиновой гладкой рабочей поверхностью

Группа подвижности частиц груза	Коэффициент K_β при угле наклона конвейера β, град				
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-24
Легкая	0,95	0,90	0,85	0,80	–
Средняя	1,0	0,97	0,95	0,90	0,85
Малая	1,0	0,98	0,97	0,95	0,90

Подставляя принятые значения *B*, м; *v*, м/с; ρ, т/м^3 ; *C* и K_β в формулу производительности, определяем максимальную производительность принятого конвейера и сравниваем с требуемой (расчетной).

Второй шаг. Если окажется, что производительность принятого конвейера меньше требуемой, то необходимо назначить бóльшую ширину ленты, для нее выбрать рекомендуемую скорость и произвести повторно расчет производительности.

Таблица

Рекомендуемая скорость ленты *v* (м/с) при транспортировании насыпных грузов

Транспортируемые грузы	Ширина ленты, мм							
	400-500	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Пылевидный и порошкообразный, сухой, пылящий	1	1	1	1	1	1	1	1
Хрупкий, кусковатый, крошение которого снижает его качество	1,25	1,6	1,6	1,6	2	2	2	2
Зернистый	1,6	2,5	3,15	4	4	4	5	5
Кусковой размером $a_{ср}$, мм								
≤80	1,6	2	2,5	3,15	4	4	5	5
≤160	1,6	1,6	2	2,5	2,5	3,15	4	4
160-350	–	–	1,6	1,6	2,	2,5	3,15	3,15
≤500	–	–	–	–	2	2	2,5	3,15

В том случае, если при первом шаге производительность конвейера окажется больше требуемой, то нужно уменьшить ширину ленты и повторно произвести расчет.

Если при подборе ширины ленты окажется, что ширину ленты уменьшать нельзя (меньшая по ширине лента не обеспечивает требуемую производительность), а производительность подобранного конвейера значительно превосходит требуемую, то необходимо уменьшить рекомендуемую скорость движения ленты.

При транспортировании грузов с крупностью кусков ≥100 мм, ширину ленты необходимо проверить по кусковатости груза:

для рядовых грузов $B \geq 2\,a'_{max} + 200$ мм;

для сортированных грузов $B \geq 3{,}3\,a'_{ср} + 200$ мм,

где a'_{max} и $a'_{ср}$ – соответственно максимальный и средний размеры кусков, мм.

Если ширина ленты по кусковатости груза получилась больше, чем по требуемой производительности, то окончательно ширина ленты принимается по кусковатости по ГОСТ20-85 ближайшая бóльшая.

На рудных обогатительных фабриках между корпусом крупного дробления и корпусом среднего и мелкого дробления следует устанавливать ленту типа 1, а в последующих переделах – ленту типа 2, в корпусах сушки – ленту типа 3.

На углеобогатительных фабриках устанавливают ленту типа 2 при крупности кусков до 500 мм.

При длине конвейера до 100 м следует ориентироваться на прокладки из тканей с разрывной прочностью 65-100 Н/мм, при длине 100-200 м – с разрыв-

ной прочностью 200-300 Н/мм, а при длине конвейера более 200 м – на прокладки из тканей с разрывной прочностью 300-400 Н/мм.

Окончательный выбор типа тканей и числа прокладок уточнится в конце расчета.

При транспортировании абразивных грузов толщину верхней обкладки следует принимать в пределах 6,0-10,0 мм, нижней – в пределах 2,0-3,5 мм, а для неабразивных и малоабразивных грузов толщину верхней обкладки принимают 3,0-5,0 мм, нижней – 1,0-2,0 мм.

4.11.2. Определение погонных нагрузок

Вес груза на 1 м длины конвейера (погонная нагрузка)

$$q = \frac{9{,}8Q}{v} = 2{,}72\frac{Q}{v} \text{ Н/м},$$

где Q – расчетная производительность конвейера, т/ч; v – скорость ленты, м/с.

Вес 1 м конвейерной ленты

$$q_{\text{л}} = 9{,}8GB,$$

где G – масса 1 м^2 ленты. Принимается по табл. С учетом вышеизложенных рекомендаций; B – ширина ленты, м.

Погонный вес вращающихся частей роликоопор верхней $q'_{\text{р}}$ и нижней $q''_{\text{р}}$ ветвей, Н/м

$$q'_{\text{р}} = \frac{9{,}8G'_{\text{р}}}{l'_{\text{р}}}; \qquad q''_{\text{р}} = \frac{9{,}8G''_{\text{р}}}{l''_{\text{р}}},$$

где $G'_{\text{р}}$ и $G''_{\text{р}}$ – масса вращающихся частей роликов соответственно груженой и порожней ветвей, кг. Принимается по табл.; $l'_{\text{р}}$ и $l''_{\text{р}}$ – расстояние между роликоопорами соответственно на груженой и порожней ветвях, табл.

Таблица

Расчетная масса 1м^2 резинотканевых конвейерных лент, кг/м^2

Тип ткани ? каркаса	Разрывная прочность прокладки K_z, Н/мм	Толщина прорезиненной тканевой прокладки, мм	Толщина наружных обкладок, мм	Число тканевых прокладок			
				3	4	5	6
	65	1,2	3,0/1,0	7,3	8,2	9,1	10,0
	65	1,2	4,0/2,0	9,7	10,6	11,5	12,4
	100	1,1	5,0/2,0	11,6	12,8	14,0	15,2
	100	1,1	6,0/2,0	12,8	14,0	15,2	16,4
			8,0/2,0	15,2	16,4	17,6	18,8
	200	1,6	4,5/3,5	14,6	16,0	17,2	18,8
			6,0/2,0	13,4	14,8	16,2	17,6
			6,0/3,5	15,8	17,2	18,6	20,0
			8,0/2,0	15,8	17,2	18,6	20,0
	200	1,6	6,0/2,0	14,0	15,6	17,2	18,8

			8,0/2,0	16,4	18,0	19,6	21,2
	300	1,9	6,0/2,0	13,7	15,2	16,7	18,2
			6,0/3,5	16,1	17,6	19,1	20,6
			8,0/2,0	16,1	17,6	19,1	20,6
	300	1,9	6,0/2,0	14,3	16,0	17,7	19,4
			8,0/2,0	16,7	18,4	20,1	21,8
	400	3,0	6,0/2,0	14,0	15,6	17,2	18,8
			6,0/3,5	15,8	17,4	19,0	20,6
			8,0/2,0	16,4	18,0	19,6	21,2
			10,/3,0	20,0	21,6	23,2	24,8
	400	3,0	6,0/2,0	18,8	21,0	23,2	25,4
			8,0/2,0	21,2	23,4	25,6	27,8
			10,/3,0	24,8	27,0	29,2	31,4

Примечания:
1. В графе «Толщина наружных обкладок» в числителе приведена номинальная толщина резиновой обкладки рабочей поверхности, в знаменателе – нерабочей поверхности ленты.
2. При расчете толщины каркаса для лент типа 1 дополнительно учитывают толщину защитной прокладки с резиновой прокладкой, составляющую 3,2±0,4 мм.

Таблица

Расчетная масса 1м^2 резинотросовых лент, кг/м^2

Параметр	Тип ленты					
	РТЛ1500	РТЛ2500	РТЛ3150	РТЛ4000	РТЛ5000	РТЛ6000
Разрывная прочность ленты, Н/мм	1500	2500	3150	4000	5000	6000
Расчетная масса 1 м^2 ленты, кг/м^2	33	43	49	55	58	70

4.11.3. Составление расчетной схемы конвейера

При составлении расчетной схемы конвейера необходимо решить следующие вопросы:

– принять тип натяжного устройства и определить его место на схеме конвейера;

– выбрать очистные устройства;

– выбрать для распределительных конвейеров тип разгрузочного устройства (2-х барабанная тележка, плужковый сбрасыватель) и установить его в крайнем положении, соответствующем наиболее полной загрузке конвейера;

– расставить характерные точки и длины отдельных участков конвейера.

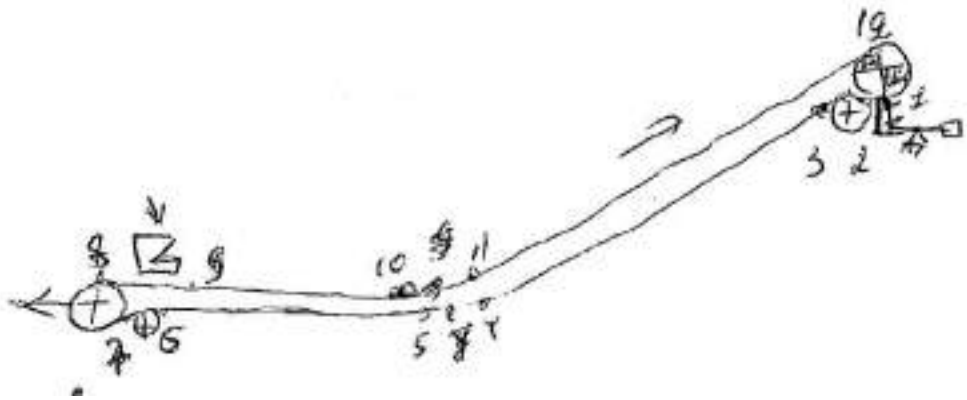


Рис. 4.17. Расчетная схема конвейера

Таблица

Техническая характеристика роликоопор ленточных конвейеров

Ширина ленты, мм	Верхняя роликоопора			Нижняя роликоопора		
	Диаметр ролика, мм	Масса, кг		Диаметр ролика, мм	Масса, кг	
		общая	вращающихся частей		общая	вращающихся частей
500	102	18,5	11,5	102	10,6	7,5
650	102	20,0	12,5	102	14,5	10,5
800	159	75,0	45,0	127	26,3	19,0
1000	159	83,0	50,0	127	30,5	21,5
1200	159	100,0	57,0	127	36,3	26,0
1400	194	165,0	108,0	159	46,0	40,0
1600	159; 194	119,2; 176	64; 112	159	64,5	46,0
2000	194; (219)	198,6	120,6	159	60,5	50,6

Таблица

Расстояние между роликоопорами груженой и порожней ветвей конвейера

Ширина ленты, мм	Расстояние между роликоопорами $l'_р$, м при насыпной массе груза, т/м^3						
	до 0,50	0,51-0,80	0,81-1,20	1,21-1,60	1,61-2,0	2,01-2,50	Свыше 2,50
400	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3
500	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2
650	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
800	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1
1000	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
1200	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
1400	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
1600	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
2000	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0

Примечания: 1. Расстояние между роликоопорами, установленными под погрузочными течками, должно быть в пределах: для крупнокускового материала – 250-300 мм, для мелкого – 500-750 мм.

2. Расстояние между роликовыми опорами порожней ветви $l''_р$ ленты принимают в расчетах равными 3,0 м для лент шириной 0,5-0,8 м, для лент бóльшей ширины – 2,5 м.

С помощью характерных точек выделяются участки с распределенными и сосредоточенными сопротивлениями движению (очистное устройство, барабаны, загрузочный пункт и т. д.):

точка 1 присваивается точке схода ленты с приводного барабана и затем идем по ходу ленты;

точка 2 (участок 1–2) – выделяется очистное устройство;

точка 3 (участок 2–3) – выделяется сосредоточенное сопротивление на отклоняющем барабане;

точка 4 (участок 3–4) – выделяется распределенное сопротивление на наклонном участке порожней ветви;

точка 5 (участок 4–5) – выделяется сосредоточенное сопротивление на вогнутом (выпуклом) участке;

точка 6 (участок 5–6) – выделяется распределенное сопротивление на горизонтальном участке порожней ветви;

точка 7 (участок 6–7) – выделяется сосредоточенное сопротивление на отклоняющем барабане;

точка 8 (участок 7–8) – выделяется сосредоточенное сопротивление на поворотном барабане;

точка 9 (участок 8–9) – выделяется сосредоточенное сопротивление на загрузочном пункте;

точка 10 (участок 9–10) – выделяется распределенное сопротивление на горизонтальном участке груженой ветви;

точка 11 (участок 10–11) – выделяется сосредоточенное сопротивление на вогнутом (выпуклом) участке;

точка 12 (участок 11–12) – выделяется распределенное сопротивление на наклонном участке груженой ветви.

Сопротивление движению ленты от загрузочного пункта включает в себя сопротивление от преодоления сил инерции груза при разгоне; от сил трения частиц груза о неподвижные борта и сил трения уплотнительных полос бортов о ленту. В расчетах сопротивление от загрузочного пункта можно ориентировочно принять

$$W_{з.п} \approx (0{,}65\text{-}0{,}8)q \text{ Н},$$

где q – погонная нагрузка от груза, Н/м.

Сопротивление движению ленты от 2-х барабанной разгрузочной тележки определяется как сопротивление движению ленты на наклонном участке и двух барабанах.

Сопротивление движению ленты от барабанов и выпуклых участков учитывается с помощью коэффициентов в зависимости от угла обхвата лентой барабана, табл.

Таблица

Коэффициенты сопротивления движению ленты на отклоняющих барабанах $K_б$ и роликовых батареях λ конвейера

Условия работы конвейера	Коэффициенты сопротивления					
	$K_б$			λ		
	Угол обхвата или отклонения, град					
	30-90	91-140	141-180	5-15	16-25	выпуклостью вниз
Легкие	1,02	1,02	1,03	1,02	1,03	1,0
Средние	1,02	1,03	1,04	1,03	1,04	–«–
Тяжелые	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	–«–
Очень тяжелые	1,04	1,05	1,06	1,05	1,06	–«–

Сосредоточенные сопротивления движению определяются по выражениям.

Сопротивление от разгрузки ленты при помощи плужкового сбрасывателя

$$W_{п.с} = K_{п.с} qB \text{ Н},$$

где $K_{п.с}$ – коэффициент удельного сопротивления. Принимают: для пылевидных и зернистых грузов $K_{п.с}$ = 2,7; для мелкокусковых $K_{п.с}$ = 3,6; q – погонная нагрузка от груза, Н/м; B – ширина ленты, м.

Сопротивление движению ленты от скребкового очистителя

$$W_{с.о} \approx K_{с.о} B \text{ Н},$$

где $K_{с.о}$ – удельное сопротивление очистки, Н/м. Принимают $K_{с.о}$ = 300-500 Н/м; B – ширина ленты, м.

Сопротивление движению ленты от щеточного очистителя

$$W_{щ.о} \approx 0{,}2 v_{щ} K_{щ.о} B \text{ Н},$$

где $v_{щ}$ – окружная скорость вращения щетки, м/с. Принимают в пределах (2-7); $K_{щ.о}$ – удельное сопротивление очистки, Н/м. Принимают $K_{щ.о}$ = 250-350 Н/м; B – ширина ленты, м.

Распределенные сопротивления движению определяются по выражениям, приведенным в табл.

Значения коэффициента сопротивления движению ленты ω' по роликам принимаются по табл.

Таблица

Значения коэффициента сопротивления движению ленты ω' по роликоопорам

Общая длина конвейера L, м	Коэффициент сопротивления движению ω' при расчетных группах производственных условий					
	легких	средних	тяжелых		очень тяжелых	
			летом	зимой	летом	зимой
До 100 м включительно	0,020	0,025	0,035	0,045	0,040	0,055
Более 100 м	0,018	0,022	0,032	0,042	0,036	0,050

4.11.4. Определение натяжений ленты в характерных точках

Натяжение ленты в характерных точках выполняем методом обхода по контуру. Натяжение в т.1 – S_1 принимаем как неизвестное. Натяжение в последующих характерных точках выражаем через S_1, следуя по контуру, добавляя сопротивления на участках, а при переходе через барабан, умножая на повышающий коэффициент. Для приведенной схемы результаты расчета сведены в табл. 4. .

После вычислений сопротивлений движений на отдельных участках по формулам графы 3, табл. натяжение в т.12 будет иметь вид

$$S_{12} = K_{\text{м}} S_1 + \text{A},$$

где $K_{\text{м}} = K_{\text{б}1}\lambda K_{\text{б}2} K_{\text{б}3}\lambda$ – произведение коэффициентов. Если конвейер имеет выпуклость вниз, то $\lambda=1$, а если – вверх, то $\lambda>1$ и принимается по табл.; А – натуральное число, получаемое в процессе добавлений сопротивлений на отдельных участках и умножений при переходе через барабаны.

Таблица

Результаты расчета

Номер расчетной точки	Математическая запись усилия	Номер расчетной формулы	Численное значение усилия, Н
1	2	3	4
1	S_1=?		
2	$S_2 = S_1 + W_?$		
3	$S_3 = K_{\text{б}1} S_2$		
4	$S_4 = S_3 + W_{3\text{-}4}$		
5	$S_5 = \lambda S_4$		
6	$S_6 = S_5 + W_{5\text{-}6}$		
7	$S_7 = K_{\text{б}2} S_6$		
8	$S_8 = K_{\text{б}3} S_7$		
9	$S_9 = S_8 + W_{\text{з.п}}$		
10	$S_{10} = S_9 + W_{9\text{-}10}$		
11	$S_{11} = \lambda S_{10}$		
12	$S_{12} = S_{11} + W_{11\text{-}12}$		

Используя формулу Эйлера $S_{\text{нб}} \le S_{\text{сб}} e^{\mu\alpha}$, составляется система уравнений и решается относительно

$$\left.\begin{aligned} S_{12} &= K_{\text{м}} S_1 + \text{A} \\ S_{12} &= e^{\mu\alpha} S_1 \end{aligned}\right\}$$

$$S_1 = \frac{\text{A}}{e^{\mu\alpha} - K_{\text{м}}} K_{\text{тр}} \text{ Н},$$

где – $e^{\mu\alpha}$ – величина тягового фактора, е – основание натуральных логарифмов =2,72; μ – коэффициент трения ленты о поверхность приводного барабана; α –

угол обхвата лентой приводного (приводных) барабана, рад; $K_{тр}$ – коэффициент запаса силы трения на барабане =(1,15-1,25).

Но прежде, чем решить систему уравнений, необходимо выбрать одно или двухбарабанный привод с гладкими или футерованными барабанами. Для гладких барабанов коэффициент трения принимается f = 0,25-0,30, для футерованных резиной f = 0,4-0,45. Угол обхвата лентой однобарабанного привода принимается α =180° (3,14 рад) для подборочных конвейеров; α =210° (3,67 рад) и α =240° (4,19 рад) для конвейеров значительной длины. При длине конвейеров более 100 м приводной барабан, как правило, футеруют. Мощность приводного блока конвейера с одним приводным барабаном достигает 500 кВт. Предпочтение следует отдавать однобарабанному приводу.

При значительной длине транспортирования (более 300-400 м) и большом угле подъема (β=16-18°) устанавливаются привода с двумя и даже тремя приводными барабанами. При двухбарабанном принимаются $\alpha_1 + \alpha_2 = 360°$ (6,28 рад) или $\alpha_1 + \alpha_2 = 360°$ (6,28 рад) или $\alpha_1 + \alpha_2 = 480°$ (8,38 рад).

Чтобы принять решение по приводу, можно определить ориентировочную мощность привода по выражению

$$N_{ор} = \frac{K_з^{ор} A v}{1000} \text{ кВт},$$

где $K_з^{ор}$ = 1,15-1,20 – ориентировочный запас мощности; А – примерное тяговое усилие на приводном барабане; v – скорость ленты, м/с.

Проанализировав вышеизложенное, определяем соответствующее значение тягового фактора и определяем натяжение ленты S_1, а затем – натяжение во всех остальных точках контура.

Величина натяжения S_1 получена из условия отсутствия проскальзывания ленты на приводном барабане. Необходимо еще проверить натяжение ленты по допустимому провесу ленты на груженой ветви.

Минимальное натяжение ленты определяется по выражению

$$S_{гр\,min} \geq K_\ell (q + q_л) l'_р \cos\beta \text{ Н},$$

где K_ℓ – коэффициент: для конвейеров с простой трассой и длиной до 100 м принимают K_ℓ=5, для конвейеров длиной более 100 м и сложной трассой принимают K_ℓ=8-10; q, $q_л$ – погонные нагрузки о груза и ленты, Н/м; $l'_р$ – расстояние между роликоопорами на груженой ветви, м; β – угол наклона конвейера, град.

Если в результате расчета окажется, что $S_{гр\,min} < S_9$ для нашей схемы, то необходимо продолжить расчет дальше.

В том случае, если $S_{гр\,min} > S_9$, то необходимо натяжение ленты в характерных точках пересчитать, приняв $S_9 = S_{гр\,min}$ и, следуя от т. 9 к т. 12, добавлять сопротивления на участках и при переходе через барабан умножать на $K_б$;

при движении же от т. 9 к т. 1 необходимо сопротивления на отдельных участках вычитать, а при переходе через барабан делить на $K_б$.

4.11.5. Определение окончательного числа прокладок в ленте, тягового усилия и мощности электродвигателя

Окончательное число прокладок в ленте определяется по формуле

$$i_{ок} = \frac{mS_{max}}{K_z B},$$

где m – коэффициент запаса прочности ленты. Принимается по табл.; S_{max} – максимальное натяжение ленты, Н. Берется из табл.; K_z – номинальная прочность на разрыв 1 мм ширины прокладки для принятого типа ленты, Н/мм. Принимается по табл.; B – ширина ленты, мм.

Если в результате расчета окажется дробное число прокладок, то оно округляется до ближайшего большего целого числа. Если расчетное число прокладок окажется небольшим, например, одна, то принимается минимальное число прокладок, с которым изготавливается лента данной ширины. В том же случае, когда число прокладок окажется больше, чем то число, с которым выпускается лента принятой ширины, необходимо перейти на ленту с более прочным каркасом или резинотросовую ленту, а если и последнее решение не проходит, то перейти на ленту большей ширины.

Таблица

Рекомендуемый коэффициент запаса прочности конвейерных лент

Тип ленты	Число тяговых прокладок, i, шт	Значение m при угле наклона конвейера	
		меньше 10°	больше 10°
Резинотканевая, общего назначения, морозостойкая и негорючая для угольных шахт	до 5	8,0	9,0
	более 5	9,0	10,0
Резинотросовая	–	7,0	8,5

Для выбранного типа ленты и окончательно принятого числа прокладок определяется допускаемое рабочее натяжение, (Н) и коэффициент использования ленты по прочности:

$$K_S = \frac{i_р}{i_{пр}} 100\ \%,$$

где $i_{пр}$ – принятое число прокладок по основе; $i_р$ – расчетное число прокладок.

Тяговое усилие на ободе приводного барабана определяется по формуле

$$W_о = S_{нб} - S_{сб} + 0{,}05\ (S_{нб} + S_{сб})\ Н,$$

где $S_{нб}$ и $S_{сб}$ – натяжение ленты в точках набегания и сбегания с приводного барабана, Н.

Мощность приводного электродвигателя

$$N = \frac{K_з W_о v}{1000\eta_п} \text{ кВт},$$

где $K_з$ – коэффициент запаса мощности. Принимается = 1,1-1,2; v – скорость движения ленты, м/с; $\eta_п$ – КПД передачи (редуктор, муфта). Принимается в пределах 0,85-0,92.

4.11.6. Выбор привода

По расчетной мощности N по каталогу подбирается приводной электродвигатель, ближайший больший, с синхронной скоростью вращения 1500 об/мин, иногда 1000 об/мин.

При требуемой мощности до 100 кВт принимаются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором; при мощности свыше 100 кВт асинхронные электродвигатели с фазным ротором или с короткозамкнутым ротором и гидромуфтой.

При двухбарабанном приводе с раздельным приводом каждого барабана принимаются асинхронные двигатели с фазным ротором и повышенным скольжением до 6 %.

Приводной барабан подбирается по числу прокладок в ленте, изгибающему усилию на барабане и допускаемому крутящему моменту. Диаметры барабанов (приводных, натяжных, отклоняющих), в зависимости от числа прокладок в ленте, определяются по формуле

$$D_{пр} = K_а K_б i_{пр} \text{ мм},$$

где $K_а$ – коэффициент типа прокладок, табл.; $K_б$ – коэффициент назначения барабана, табл.; $i_{пр}$ – принятое число прокладок в ленте.

Таблица

Коэффициент типа прокладок $K_а$

	55	100	150	200	300	400
Коэффициент	125-140	140-160	161-170	171-180	181-190	191-200

Таблица

Коэффициент назначения барабана

Назначение барабана	Угол обхвата барабана лентой α, град	Коэффициент $K_б$ при отношении натяжения ветви ленты, набегающей на барабан к допускаемому натяжению K_s, %			
		76-100	51-75	25-50	менее 25
Приводной	180-240	1,00	0,80	0,63	–
Концевой, натяжной	180-200	1,00	0,80	0,63	0,50

Оборотный, отклоняющий	70-100 30-69	– –	0,63 –	0,50 0,40	0,40 0,32
Примечание. Диаметры приводных барабанов и неприводных барабанов принимаются в соответствии с ГОСТ 22644-77 (ближайшие большие значения): 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1250; 1600; 2000; 2500.					

Изгибающее усилие на приводном барабане определяется по выражению

$$S_{б} = S_{нб} + S_{сб}\ \text{Н},$$

где $S_{нб}$ – натяжение ленты в точке набегания на приводной барабан, Н; $S_{сб}$ – натяжение ленты в точке сбегания с приводного барабана, Н.

Крутящий момент на валу приводного барабана равен

$$M_{кр} = W_{о} R_{п.б}\ \text{Нм},$$

где $W_{о}$ – окружное (тяговое) усилие на приводном барабане, Н; $R_{п.б}$ – радиус приводного барабана, м.

По каталогу окончательно подбирается приводной барабан с учетом приведенных выше условий.

Частота вращения приводного барабана определяется по формуле

$$n_{б} = \frac{60v}{\pi D_{пр}}\ \text{об/мин},$$

где v – скорость движения ленты, м/с; $D_{пр}$ – диаметр приводного барабана, м.

Передаточное отношение редуктора

$$i_{р} = \frac{n_{дв}}{n_{б}},$$

где $n_{дв}$ – частота вращения вала электродвигателя, об/мин.

По передаточному отношению, крутящему моменту на выходном валу редуктора и частоте вращения входного вала по каталогу или справочнику подбирается редуктор.

4.11.7. Определение тормозного момента и выбор тормозного устройства

На конвейере с наклонными участками трассы во избежание самопроизвольного обратного движения ленты при отключении двигателя, в приводном механизме должен быть установлен тормоз. Условие необходимости установки тормоза

$$q_{\max} \Sigma h \geq \Sigma W,$$

где $q_{\max} \Sigma h$ – составляющая силы тяжести наклонных участков конвейера при наибольшей загрузке его, Н; ΣW – сопротивление движению ленты на всех участках трассы конвейера, Н.

Тормозной момент на валу приводного барабана вычисляется по формуле

$$M_{т} = \left(q_{\max} \Sigma h - K_{тр} \Sigma W\right) \frac{D_{б}}{2} \eta = \left[q_{\max} \Sigma h - K_{тр} \left(\Sigma W_{о} q_{\max} \Sigma h\right)\right] \frac{D_{б}}{2} \eta,$$

где q_{max} – погонная нагрузка на ленту от массы транспортируемого груза при максимальной загрузке ленты конвейера, Н/м; $\sum h$ – суммарная высота подъема груза на конвейере, м; $K_{тр}$ – коэффициент возможного уменьшения сопротивления на трассе конвейера (меньшая величина – для тяжелых условий) = 0,5-0,6; W_o – W_o – окружное (тяговое) усилие на приводном барабане, Н; $D_б$ – диаметр приводного барабана, м; η – общий КПД всех механизмов привода = 0,8-0,9.

Если тормозной момент незначителен, то тормозное устройство устанавливается на валу приводного барабана (специальной муфте, соединяющей выходной вал электродвигателя с валом редуктора).

Требуемый тормозной момент в этом случае меньше и определяется по формуле

$$M'_т = \frac{M_т}{i_р} \text{ Нм},$$

где $M_т$ – тормозной момент на валу барабана; $i_р$ – передаточное отношение принятого к установке редуктора.

По требуемому тормозному моменту выбирается соответствующее тормозное (стопорное) устройство по табл. или по каталогу.

4.11.8. Выбор диаметра натяжного барабана

Выбор диаметра натяжного барабана производится в зависимости от числа прокладок в соответствии с формулой ( ) и допускаемого усилия на натяжном барабане. Расчетное усилие определяется по формуле

$$P_{рас} = S'_{нб} + S'_{сб},$$

где $S'_{нб}$ и $S'_{сб}$ – натяжения ленты в точках набегания и сбегания с натяжного барабана. Принимаются по результатам тягового расчета.

На основании выполненных расчетов составляется опросный лист для завода-изготовителя с указанием ширины и типа ленты, длины конвейера, типа приводной и натяжной станций.

Пример расчета (для тяжелых условий работы)

Исходные данные

№	Параметры	Размерность	Количество
1	Годовая производительность	т/год	5 млн
2	Рабочее время в году	дни	305
3	Рабочее время в сутки	час	21
4	Максимальный размер куска	мм	90
5	Транспортируемый груз рядовой –руда	–	–
6	Насыпная масса груза	т/м^3	1,8
7	Место установки конвейера – отапливаемая галерея	–	–
8	Назначение конвейера – передаточно-распределительный	–	–

9	Угол наклона	град	16
10	Длина наклонного участка конвейера	м	70
11	Длина горизонтального участка конвейера	м	90
12	На конвейере установлена 2-х барабанная разгрузочная тележка	–	–

1. Расчетная производительность конвейера

$$Q = \frac{K_{\text{н}} Q_{\text{год}}}{T_{\text{пл}} K_{\text{тг}}} = \frac{1{,}2 \cdot 5000000}{305 \cdot 21 \cdot 0{,}8} = 1171 \text{ т/ч},$$

где $K_{\text{н}}$ = 1,2 – принят для расположения конвейера между корпусом среднего и мелкого дробления и корпусом обогащения; $K_{\text{тг}}$ = 0,7-0,95. Принят $K_{\text{тг}}$ = 0,8.

2. Произвольно принимаем ширину ленты B=1 м. По табл….. для грузов крупностью менее 160 мм принимаем скорость v=2,5 м/с. По табл. …… для грузов средней подвижности и углу наклона конвейера β=16° находим K_β=0,90, а по табл…… для угла наклона боковых роликов α=30° и грузов средней подвижности коэффициент заполнения С=550.

Принятый конвейер может обеспечить следующую часовую производительность

$$Q=C(0{,}9B–0{,}05)^2 v\rho K_\beta = 550(0{,}9\cdot 1–0{,}05)^2\cdot 2{,}5\cdot 1{,}8\cdot 0{,}9 = 1609{,}4 \text{ т/ч}.$$

Производительность конвейера получилась с существенным запасом 438 т или 37 %.

Примем ширину ленты 0,8 м. Для этой ширины по табл….. находим скорость v=2 м/с. Производительность конвейера составит

$$Q=C(0{,}9B–0{,}05)^2 v\rho K_\beta = 550(0{,}9\cdot 0{,}8–0{,}05)^2\cdot 2\cdot 1{,}8\cdot 0{,}9 = 800 \text{ т/ч}.$$

Лента с шириной 0,8 м не обеспечивает требуемой производительности.

Возвращаемся к ленте шириной 1,0 м, но на одну ступеньку понижаем скорость, т. е. принимаем скорость v=2 м/с, тогда производительность составит

$$Q=550(0{,}9\cdot 1{,}0–0{,}05)^2\cdot 2\cdot 1{,}8\cdot 0{,}9 = 1287{,}5 \text{ т/ч}.$$

Запас по производительности составит 116 т, что приемлемо.

Проверка ширины ленты по крупности куска

$$B \geq 2a'_{\max} + 200,$$

$$B \geq 2\cdot 90 + 200 = 380 \text{ мм}.$$

Итак, к дальнейшему расчету принимаем конвейер с шириной ленты 1,0 м и скоростью движения 2,0 м/с.

Так как конвейер относительно небольшой длины, то примем резинотканевую ленту типа 1 или 2, предварительно со средним числом прокладок i=4, с толщиной верхней обкладки $\delta_{\text{в}}$=8 мм, т. к. руда – абразивный груз и $\delta_{\text{н}}$=2 мм. Тип ткани ТК-200 с разрывной прочностью K_z=200 Н/мм.

В конце расчета число прокладок и тип ткани прокладок будут уточнены.

3. Определяем погонные нагрузки:

от груза

$$q=\frac{9{,}8Q}{3{,}6v}=\frac{9{,}8\cdot 1171}{3{,}6\cdot 2}=1593{,}86\ \text{Н/м};$$

от ленты

$$q_{\text{л}}=9{,}8G_{\text{л}}B=9{,}8\cdot 17{,}2\cdot 1{,}0=168{,}56\ \text{Н/м},$$

где $G_{\text{л}}=17{,}2$ кг/м^2 – принят по табл. 4….для принятого типа ленты и числа прокладок;

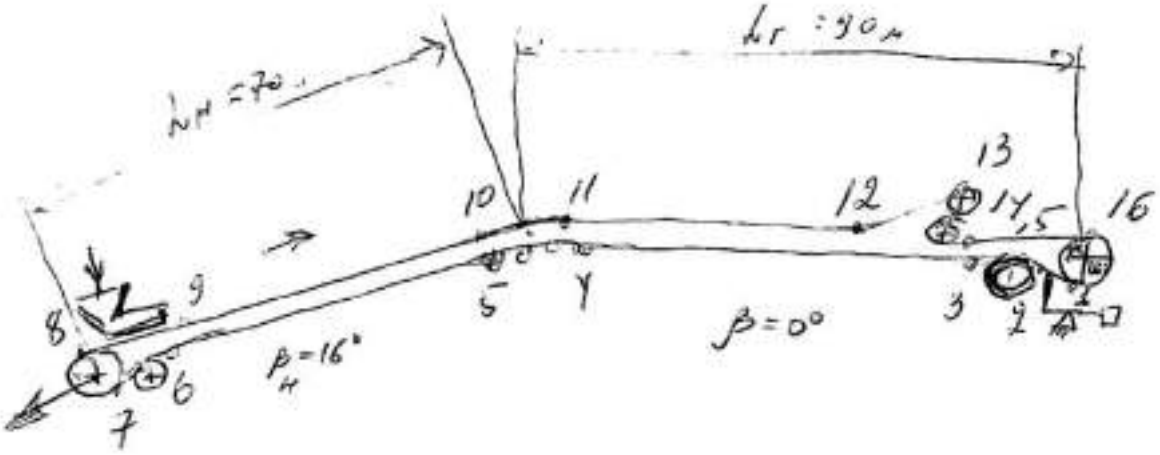
от вращающихся частей роликоопор верхней ветви, табл. 4…..

$$q'_{\text{р}}=\frac{9{,}8G'_{\text{р}}}{l'_{\text{р}}}=\frac{9{,}8\cdot 50}{1{,}2}=408{,}3\ \text{Н/м};$$

от вращающихся частей роликоопор нижней ветви

$$q''_{\text{р}}=\frac{9{,}8G''_{\text{р}}}{l''_{\text{р}}}=\frac{9{,}8\cdot 21{,}5}{2{,}5}=84{,}3\ \text{Н/м}.$$

4. Составляется расчетная схема с указанием длин и углов наклона отдельных участков конвейера



Длины отдельных участков равны:

длины участков $l_{1\text{-}2}$ и $l_{2\text{-}3}=0$ – так как это сосредоточенные сопротивления;

длину участка $l_{3\text{-}4}$ принимаем $=L_{\text{г}}$, так как при тяговых расчетах сопряжение участков на кривой можно заменить двумя прямыми отрезками;

длина участка $l_{5\text{-}6}$ принимаем $=L_{\text{н}}$;

длины участков $l_{6\text{-}7}$ и $l_{7\text{-}8}$ принимаем равными нулю;

длина участка $l_{8\text{-}9}$ принимается равной (2-3)B, где B – ширина ленты, м. Сопротивление на этом участке определяется как сосредоточенное и поэтому выделять его не будем, а длину участка $l_{9\text{-}10}$ принимаем равной $L_{\text{н}}$;

длину участка $l_{10\text{-}11}$ примем равной нулю;

длина участка $l_{11\text{-}12}=L_{\text{н}}-l_{15\text{-}16}-l_{12\text{-}13}\cos\beta_{\text{т}}$;

длина участка $l_{15\text{-}16}$ принимается равной 2,5-4 м. На эту величину тележка не должна заходить до концевого барабана; $l_{12\text{-}13}= l_т$; $\beta_т$ – угол наклона тележки, принимается по табл. 4……

Таблица

Основные данные разгрузочных тележек

Ширина ленты, мм	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Длина наклонного участка тележки $L_т$,м	5,2	5,52	6,83	7,15	8,12	12,5	13,0
Угол наклона ленты на тележке $\beta_т$, град	18	18	18	18	18	16	16

5. Определяем натяжение ленты в характерных точках. Расчеты сводим в табл.

Таблица

Натяжение ленты в характерных точках

№ характерной точки	Математическая запись усилия, Н	Численное значение, Н	Примечания
1	S_1=?	21677	
2	S_2=S_1+W_{04}=S_1+$q_{со}B$= S_1+400·1= S_1+400	22077	
3	S_3=$K_{б1}S_2$=1,03(S_1+400)=1,03S_1+412	22739,31	
4	S_4=S_3+$W_{3\text{-}4}$=S_3+($q_л$+ $q''_р$)$l_{3\text{-}4}$ ω′ =1,03S_1+ +412+(168,6+84,3)90·0,032=1,03S_1+728,35	23055,56	
5	S_5=λS_4=1,05S_4=1,08S_1+764,8	24208,34	*Выше было* S_5= λS_4
6	S_6= S_5+$W_{5\text{-}6}$= S_5+($q_л$+ $q''_р$)$l_{5\text{-}6}$cosβ ω′ – – $q_л l_{5\text{-}6}$sinβ=1,08S_1+764,8+ +(168,6+84,3)70·0,96·0,032– –168,6·70·0,275=1,08S_1–1936,95	21474,21	
7	S_7= $K_{б2}S_6$=1,03 (1,08S_1–1936,95)= =1,11S_1–1995,0	22118,43	
8	S_8=$K_{б3}S_7$=1,05(1,11S_1–1995,0)= =1,17S_1–2094,75	23224,35	
9	S_9=S_8+$W_{з.п}$= S_8+0,7q=1,17S_1– 2094,75+0,7·1594=1,17S_1–978,95	24383,14	
10	S_{10}=S_9+$W_{9\text{-}10}$= S_9+(q+ $q_л$+ $q'_р$)$l_{9\text{-}10}$cosβ ω′ + +(q+ $q_л$)+$l_{9\text{-}10}$sinβ=1,17S_1– 978,95+(1593,86+168,56+408,3)70· ·cos16°· 0,032+(1593,86+168,56)70· ·sin16°=1,17S_1– 978,95+4667,9+33679,84= =1,17S_1+37368,8	62730,9	
11	S_{11}= λS_{10}=1,05(1,17S_1+37368,8)= =1,223 S_1+39237,2	65867,43	

12	$S_{12}= S_{11}+W_{11\text{-}12}= S_{11}+(q+q_л+ q'_р)l_{11\text{-}12}\omega' =$ $=1{,}223S_1+39237{,}2+(1593{,}86+ +168{,}56+408{,}3)(90–10)0{,}032= =1{,}223S_1+44794{,}24$	71305,21	
13	$S_{13}=S_{12}+W_{12\text{-}13}=S_{12}+$ $+(q+q_л+ q'_р)l_{12\text{-}13}\cos\beta_т\omega' +$ $+(q+ q_л)+l_{12\text{-}}\sin\beta_т=1{,}223S_1+44794{,}24+$ $+(1593{,}86+168{,}56+408{,}3)6{,}83\cdot\cos18°\,\omega' +$ $+(1593{,}86+168{,}56)6{,}83\cdot\sin18°=$ $=1{,}223S_1+48964{,}47$	75475,44	
14	$S_{14}= K_{64}S_{13}=1{,}05S_{13}=1{,}284S_1+51412{,}69$	79249,21	
15	$S_{15}= K_{65}S_{14}=1{,}05S_{14}=1{,}348S_1+53983{,}32$	83211,67	
16	$S_{16}=S_{15}+W_{15\text{-}16}=S_{15}+(q_л+ q'_р)l_{15\text{-}16}\omega' =$ $=1{,}348S_1+53983{,}32+(168{,}56+408{,}3)3{,}5\cdot$ $\cdot 0{,}032=1{,}348S_1+54048$	83268,59	

Определяем ориентировочную мощность двигателя

$$N=\frac{K_3W_{op}v}{1000\eta 0{,}9}=138\ \text{кВт}.$$

Исходя из ориентировочной мощности, принимаем один приводной барабан, футерованный (μ=0,4), с углом обхвата лентой приводного барабана α=210° (3,66 рад). Для принятого привода тяговый фактор равен

$$e^{\mu\alpha}=2{,}72^{0{,}40\cdot 3{,}66}=4{,}34.$$

Составляем систему уравнений для определения S_1

$$\left.\begin{aligned} S_{16}&=1{,}348S_1+54048\\ S_{16}&=4{,}34S_1\end{aligned}\right\},$$

$$S_1=\frac{54048}{4{,}34-1{,}348}1{,}2=21677\ \text{Н},$$

где 1,2 – запас сил трения на барабане.

Подставляя значение S_1 в уравнения табл., находим натяжение во всех характерных точках.

Проверяем натяжение ленты по провесу ленты между роликоопорами на груженой ветви

$$S_{гр\ min}\geq 9(1593{,}86+168{,}56)1{,}2\cdot\cos16°=18272{,}77.$$

Натяжение в т. 9 на грузовой ветви конвейера S_9=24383,14 Н, что больше $S_{гр\ min}$, поэтому корректировки натяжений не требуется.

5. Определяем окончательно число прокладок в ленте для ткани с разрывной прочностью K_z=200 Н/мм

$$i_{тк\text{-}200}=\frac{m\,S_{max}}{K_zB}=\frac{9\cdot 83268{,}5}{200\cdot 1000}=3{,}75.$$

Принимаем i=4, т. е. предварительно назначенное число прокладок совпало с расчетным.

Коэффициент использования ленты по прочности

$$K_S = \frac{i_{\text{расх}}}{i_{\text{пр}}} 100\,\% = \frac{3{,}75}{4} 100\,\% = 94\,\%.$$

Тяговое окружное усилие на ободе приводного барабана

$$W_{\text{о}} = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}} + 0{,}05(S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}) = 83268{,}5 -$$
$$-21677 + 0{,}05(83268{,}5 + 21677) = 66838{,}8 \text{ Н}.$$

Мощность приводного электродвигателя

$$N = \frac{K_3 W_{\text{о}} v}{1000 \eta_{\text{пер}}} = \frac{1{,}15 \cdot 66838{,}8 \cdot 2}{1000 \cdot 0{,}9} = 170{,}8 \text{ кВт}.$$

Усилие на натяжном барабане

$$P_{\text{нат}} = S'_{\text{нб}} + S'_{\text{сб}} = S_7 + S_8 = 22118{,}43 + 23224{,}35 = 45342{,}8 \text{ Н}.$$

Усилие на приводном барабане

$$S_{\text{б}} = S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}} = 83268{,}5 + 21677 = 104945{,}5 \text{ Н}.$$

Диаметр приводного барабана

$$D_{\text{пр}} = K_{\text{А}} K_{\text{б}} i_{\text{пр}} = 180 \cdot 1 \cdot 4 = 720 \text{ мм}.$$

Принимаем приводной барабан стандартного размера 800 мм, с учетом футеровки по 20 мм на сторону 840 мм.

Крутящий момент на валу приводного барабана

$$M_{\text{кр}} = W_{\text{о}} R_{\text{пб}} = 66838{,}8 \cdot 0{,}42 = 28072{,}3 \text{ Нм}.$$

По каталогу Белохолуницкого завода принимаем приводной барабан 10080ф-160, допускаемый крутящий момент – 34000 Нм и допускаемое усилие на приводном барабане – 137000 Н.

Частота вращения приводного барабана

$$n_{\text{б}} = \frac{60V}{\pi D} = \frac{60 \cdot 2}{3{,}14 \cdot 0{,}84} = 45{,}49 \text{ об/мин}.$$

Принимаем двигатель ближайший больший из стандартного ряда мощностью 200 кВт с фазным ротором и синхронной частотой вращения 1500 об/мин.

Передаточное число редуктора

$$i_{\text{р}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{б}}} = \frac{1500}{45{,}49} = 32{,}97.$$

По каталогу принимаем редуктор Ц2Н-500 с передаточным числом $i_{\text{р}}$=31,5, с максимальным крутящим моментом 42000 Нм и частотой вращения приводного барабана $n_{\text{б}}$=47.

Фактическая скорость будет равна

$$v = \frac{\pi D n_{\text{б}}}{60} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}84 \cdot 47}{60} = 2{,}066 \text{ м/с}.$$

Проверка обратного хода ленты при отключении электродвигателя

$$M_{\text{тор}} = \left[q_{\max}\Sigma h - K_{\text{тр}}\left(W_{\text{о}} - q_{\max}\Sigma h\right)\right]\frac{D_{\text{б}}}{2}\eta =$$

$$= \left[1593{,}86\left(l_{\text{н}}\sin\beta + l_{\text{т}}\sin\beta_{\text{т}}\right) - 0{,}5\left(66838{,}2 - 1593{,}86\left(l_{\text{н}}\sin\beta + l_{\text{т}}\sin\beta_{\text{т}}\right)\right]\right] \cdot \frac{0{,}84}{2}0{,}9 =$$

$$= 1593{,}86\left(70\sin 16^{\circ} + 6{,}83\sin 18^{\circ}\right) - 0{,}5(66838{,}2 -$$

$$- 1593{,}86\left(70\sin 16^{\circ} + 6{,}83\sin 18^{\circ}\right) \cdot \frac{0{,}84}{2}0{,}9 = 6707 \text{ Нм}.$$

Тормозной момент на быстроходном валу равен

$$M'_{\text{т}} = \frac{M_{\text{т}}}{i_{\text{р}}} = \frac{6707}{31{,}5} = 212{,}9 \text{ Нм}.$$

Принимаем колодочный тормоз ТКГ-400.

Диаметр натяжного барабана

$$D_{\text{нат}} = K_{\text{А}} K_{\text{б}} i = (171–180) \cdot 1 \cdot 4 = 684\text{-}720 \text{ мм}.$$

Обычно натяжной барабан принимается на один размер меньше, поэтому принимаем $D_{\text{нат}}$=630 мм, допускаемое усилие $P_{\text{нат}}$=50000 Н.

Отклоняющие барабаны принимаем диаметром 500 мм так как они принимаются на один размер меньше натяжного.

На основании выполненных расчетов составляется таблица для завода-изготовителя.

5. ВИБРАЦИОННЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

Вибрационные конвейеры применяют на обогатительных фабриках для транспортирования твердых и абразивных материалов на небольшие расстояния для разделения материала по крупности (виброгрохоты), обезвоживания (обезвоживающие грохоты), подачи горячих грузов и т. п.

Основные *преимущества* вибрационных конвейеров: простота конструкции, малый износ грузонесущего элемента, возможность загрузки и разгрузки в любой точке трассы, возможность изоляции груза от окружающей среды, незначительное измельчение материала, невысокая энергоемкость. *Недостатки*: зависимость производительности от угла подъема (на каждый градус угла наклона производительность снижается на 3-4 %), малая долговечность упругих элементов и опорных подшипников привода, малая длина конвейера, невозможность транспортирования липких материалов.

Производительность вибрационных конвейеров достигает до 200 т/ч; длина до 80 м с несколькими возбудителями, угол подъема до 20°; диаметр трубы – 160, 200, 320 и 400 мм, амплитуда колебаний – от 0,5 до 15 мм/мин.; скорость перемещения груза до 0,3 м/с (максимально возможная – до 0,5 м/с).

На рис. 5. 1 приведены схемы подвесного и опорного виброконвейеров.

Принцип действия состоит в том, что возбудитель сообщает колебания желобу, направленные по ходу движения груза под углом β=20-30° к желобу (трубе). При движении желоба вверх частицы груза движутся вместе с жело-

бом. При обратном движении желоба, если его вертикальная составляющая ускорения больше ускорения свободного падения, частицы груза отрываются от желоба и совершают микрополет, т. е. движутся с отрывом от желоба. Если же вертикальная составляющая ускорения движения при обратном движении желоба меньше ускорения свободного падения, то частицы груза движутся скольжением по желобу (трубе).

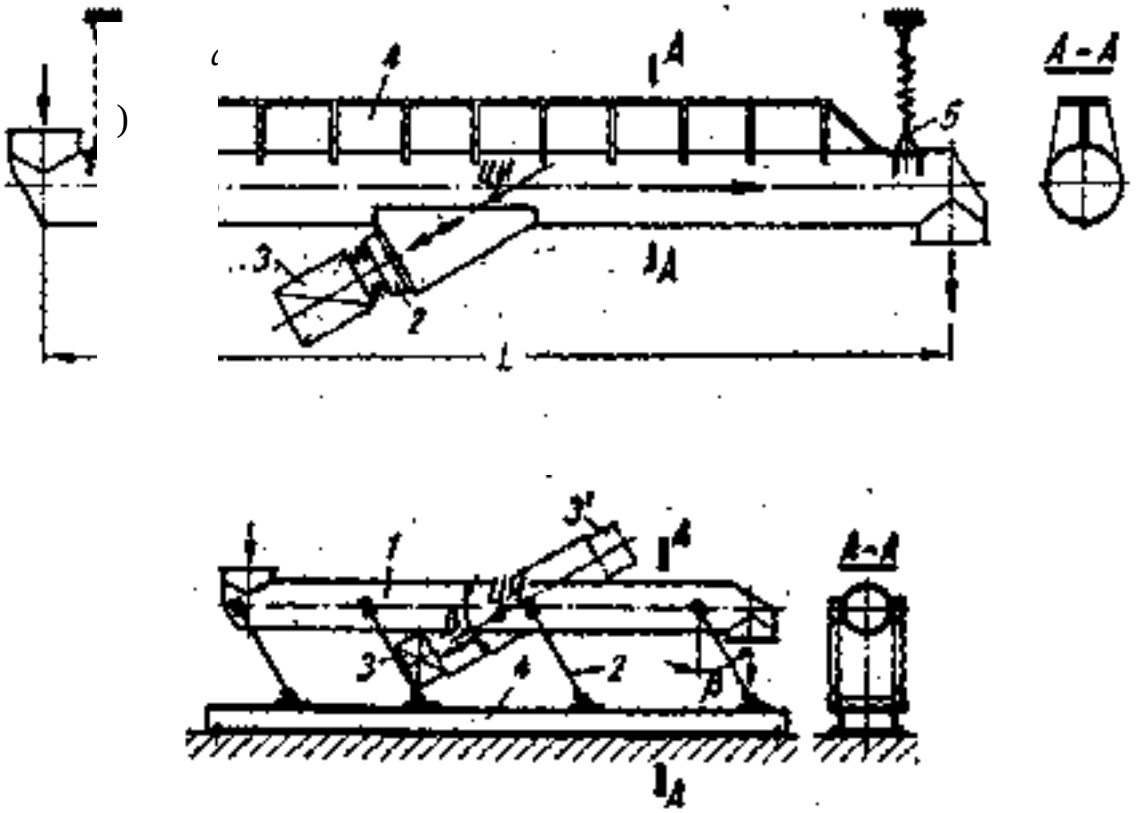


Рис. 5. 1. Схемы подвесного и опорного виброконвейеров:
а) *1* – труба; *2* – вибропобудитель; *3* – реактивная масса вибратора; *4* – рама; *5* – пружины;
б) *1* – труба; *2* – упругие элементы; *3* – вибропобудитель; *4* – опорная рама

Вибрационные конвейеры классифицируют:

– по характеру воздействия на груз – увеличивающие подвижность груза и транспортирующие;

– по типу привода (рис. 5.2) – инерционные, эксцентриковые, электромагнитные, гидравлические и пневматические;

– по режиму работы – резонансные и зарезонансные;

– по числу колеблющихся масс – одномассовые и двухмассовые;

– по устройству динамической системы – неуравновешенные и уравновешенные.

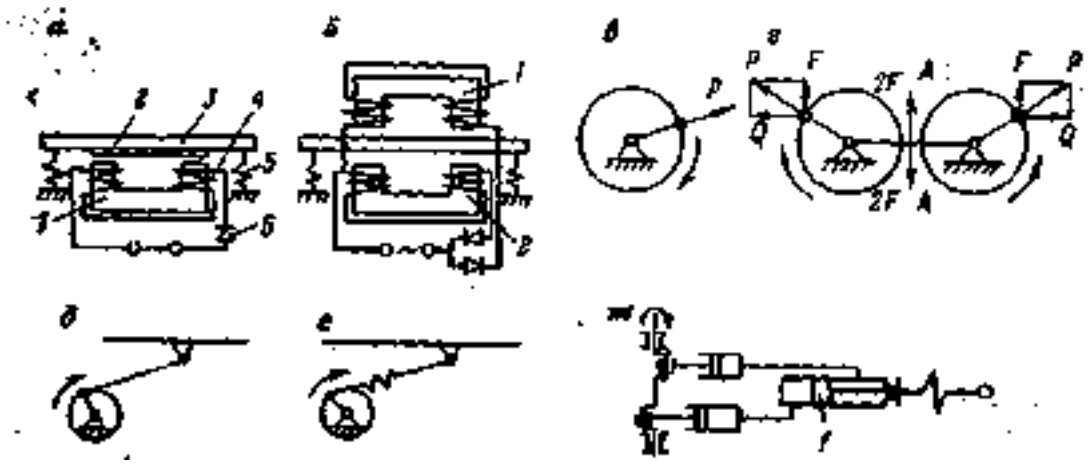


Рис. 5.2. Схемы возбудителей:
а – электромагнитные; *б* – электромагнитные двухтактные; *в* – инерционные с одним дебалансом; *г* – инерционные с двумя дебалансом; *д* – эксцентриковые с жестким шатуном; *е* – эксцентриковые с упругим шатуном; *ж* – поршневые гидравлические или пневматические
1 – электромагнит; *2* – якорь; *3* – поперечина; *4* – обмотки; *5* – упругие элементы; *6* – выпрямитель

5.1. Вертикальные вибрационные конвейеры

Вертикальный вибрационный конвейер-элеватор (рис. 5.3, *а*) состоит из жесткого цилиндрического каркаса (трубы) *1*, с наружной, (иногда с внутренней) стороны которого по спирали прикреплен открытый желоб (или герметичная труба) *2*, по которому снизу вверх перемещается транспортируемый груз. Вверху или внизу каркаса конвейера устанавливается привод-вибратор *3*, сообщающий каркасу направленные колебания вдоль и вокруг вертикальной оси (т. е. продольные и крутильные колебания), которые обеспечивают движение частиц транспортируемого груза вверх по спирали.

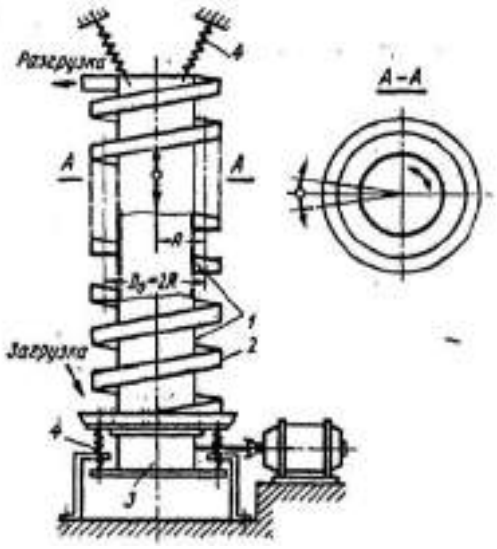


Рис. 5.3. Вертикальный вибрационный конвейер

В свободно подвешенной конструкции каркас конвейера прикрепляется к опорным частям здания или фундаменту сверху и снизу при помощи амортизирующих пружин 4 или резиновых амортизаторов малой жесткости, благодаря которым исключается передача вибрационных нагрузок на опорные конструкции (зарезонансная настройка упругих связей).

Возбудителем колебаний (приводом) вертикального конвейера могут быть два электромагнитных вибратора или дебалансных мотор-вибратора, прикрепленных под углом направления колебаний к основанию каркаса конвейера, или же один двухвальный (сдвоенный) центробежный (самобалансный) вибратор направленного действия.

В существующих установках $D_к$=300-900 мм, ширина желоба 100-400 мм, производительность до 20 м^3/ч, высота подъема 6-12 м.

5.2. Эксплуатационный расчет вибрационных конвейеров

Эксплуатационный расчет заключается в выборе параметров и типа конвейера по заданным значениям: грузопотока, длины транспортирования, угла наклона трассы и характеристики транспортируемого материала.

Для вибрационных конвейеров амплитуду и частоту колебаний выбирают по табл. с таким расчетом, чтобы обеспечить режим движения материала микроброскими.

Таблица5

Рекомендуемые значения амплитуды *a* и частоты колебаний ω вибрационных конвейеров

Тип привода	ω, мин$^{-1}$	*a*, мм, для материалов	
		пылевидных и порошкообразных	кусковые
Электромагнитный	3000	1,2–2	0,75–1
Инерционный одинарный	2800–1500	1,2–3	0,8–2,5
То же сдвоенный	1500–1000	2–4	2–3
Эксцентриковый	800–450	5–15	4–8

Угол направления колебаний β принимают в зависимости от частоты колебаний ω: при ω≥1000 мин$^{-1}$ β=20-25°; при ω<1000 мин$^{-1}$ β=30-35°.

Скорость v [м/с] транспортирования

$$v=30Kg\cos(\beta-\alpha)/(\omega tg\beta),$$

где K=0,6-0,8 – поправочный коэффициент на неучтенные сопротивления при движении материала; g – ускорение свободного падения, м/с^2; α – угол наклона трассы конвейера к горизонту, градус; ω – частота колебаний, мин$^{-1}$.

Производительность Q [т/ч] виброконвейера

$$Q=3600Fv\psi C\rho,$$

где F – площадь сечения материала, м^2; ψ=0,8 – коэффициент заполнения; C – коэффициент угла наклона, учитывающий снижение ψ при наклонном транспортировании из-за скатывания материала, C=0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4 соответственно при α=+10; +5; 0; –5; –10°; ρ – плотность материала, т/м^3.

$$N=Q(\omega_{общ}l_{гор}\pm h)K_{реж}/(360\eta),$$

где $\omega_{общ}$=0,05-0,08 – коэффициент общего сопротивления движению; $l_{гор}$ – горизонтальная проекция трассы, м; h – вертикальная проекция трассы; т. е. разность отметок высоты начала и конца трассы, м; $K_{реж}$=1 – коэффициент режима; η=0,8-0,85 – КПД конвейера.

6. ЭЛЕВАТОРЫ

Элеваторы предназначены для транспортирования зернистых, средне- и мелкокусковых грузов в крутонаклонном и вертикальном направлениях.

Принцип действия – перемещение груза в ковшах, прикрепленных к тяговому органу. Составные части: тяговый орган с ковшами, приводная станция, загрузочный башмак с натяжным устройством и кожух с направляющими.

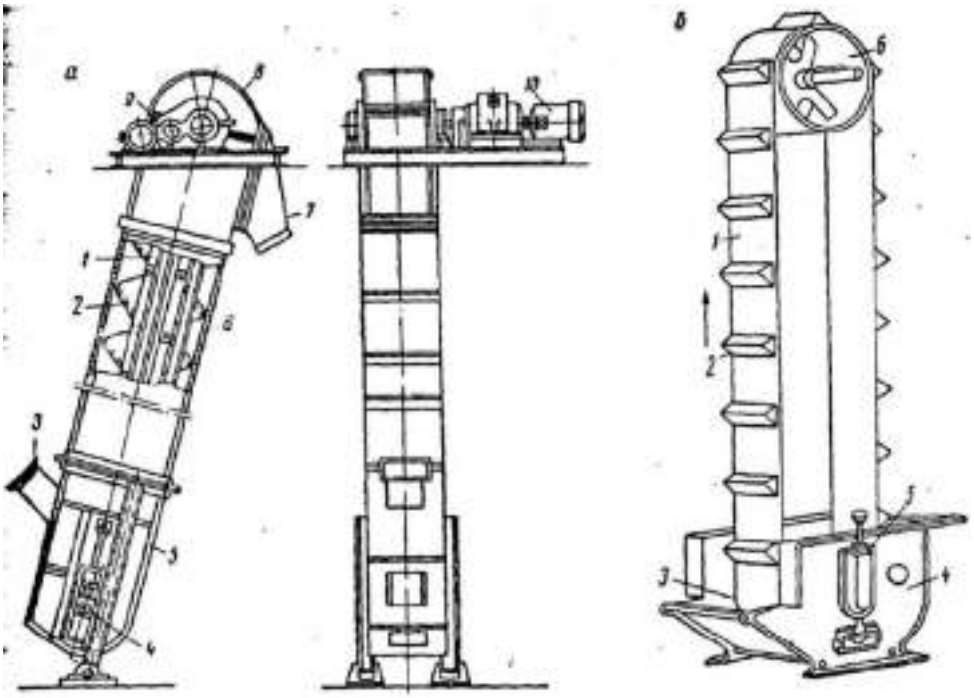


Рис. 6.1. Элеваторы:
а – цепной тихоходный с сомкнутыми ковшами; *1* – цепь; *2* – ковш; *3* – загрузочный желоб; *4* – натяжное устройство; *5* – загрузочный башмак; *6* – кожух с направляющими; *7* – разгрузочный рукав; *8* – разгрузочная головка; *9* – редуктор; *10* – двигатель; *б* – ленточный быстроходный с расставленными ковшами; *1* – лента; *2* – ковш; *3* – натяжной барабан; *4* – загрузочный башмак; *5* – натяжное устройство; *6* – приводной барабан

Элеваторы классифицируют:

– по назначению – транспортирующие; обезвоживающие;

– по углу наклона – вертикальные; наклонные;

– по виду тягового органа – ленточные, цепные;

– по расположению ковшей – с сомкнутыми ковшами (рис. 6.1, *а*); с расставленными ковшами (рис. 6.1, *б*);

– по способу загрузки – зачерпыванием; засыпанием;

– по способу разгрузки – самотечная; центробежная;

– по скорости движения – тихоходные (до 1 м/с), быстроходные.

К достоинствам элеваторов следует отнести:

– перемещение груза под большими углами наклона;

– подъем груза на высоту 50-75 м;

– небольшие размеры в плане;

– большая производительность (от 5 до 200 м^3/ч).

Недостатки элеваторов:

– очень чувствительны к перегрузкам;

– много дополнительных элементов, особенно у цепных, что понижает надежность их в работе;

– большой вес движущихся частей;

– нельзя транспортировать прилипающие грузы;

Элеваторы применяются на поверхности шахт и на фабриках в условиях стесненной по размерам площадки.

Ковши для элеваторов изготавливаются четырех типов: глубокие – Г; мелкие – М; остроугольные с бортовыми направляющими – О; ковши с бортовыми направляющими и скругленным днищем – С, (рис. 6.2), а основные параметры ковшей в таблице.

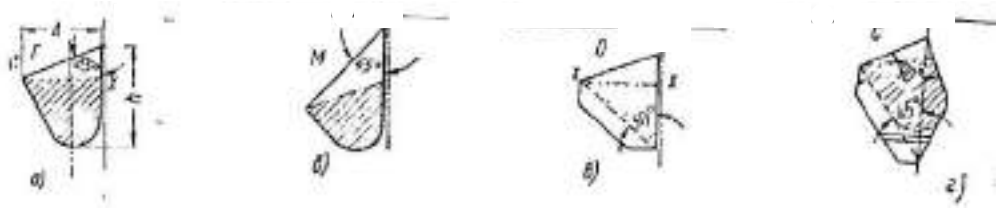


Рис. 6.2. Типы ковшей вертикальных ковшовых элеваторов:
а – глубокие; *б* – мелкие; *в* – остроугольные; *г* – со скругленным днищем

Глубокие ковши применяются как на ленточных так и цепных элеваторах для транспортирования сухих легкосыпучих зернистых и мелкокусковых грузов.

Мелкие ковши применяются на ленточных и цепных элеваторах для транспортирования влажных и слеживающихся плохосыпучих пылевидных, зернистых и мелкокусковых грузов.

Остроугольные ковши применяются на ленточных и цепных элеваторах для транспортирования сухих хорошо сыпучих мелкокусковых грузов.

Ковши с бортовыми направляющими и скругленным днищем применяются только на цепных тихоходных элеваторах для транспортирования самых разнообразных грузов.

Пример условного обозначения:

ЭЛГ-250 – элеватор ленточный с глубокими ковшами; ширина ковшей – 250 мм;

ЭЦО-400 – элеватор цепной с остроугольными ковшами; ширина ковшей – 400 мм.

Таблица

Основные параметры ковшей

Ширина ковша $B_к$, мм	Ширина ленты B (для ленточных элеваторов), мм	Шаг расставленных ковшей $a_к$, мм	Ковши глубокие		Ковши мелкие		Шаг смкнутых ковшей $a_к$,	Ковши с бортовыми направляющими			
								остроугольные		скругленные	
			$i_о$, л	$i_о/a_к$, л/м	$i_о$, л	$i_о/a_к$, л/м		$i_о$, л	$i_о/a_к$, л/м	$i_о$, л	$i_о/a_к$, л/м
00	25	00	0,2	1	0,1	0,5	60	–	–	–	–
125	150	320	0,4	1,3	0,2	0,66	200	–	–	–	–
160	200	320	0,6	2	0,35	1,17	200	0,65	4,06	–	–
200	250	400	1,3	3,24	0,75	1,87	250	1,3	6,5		
250	300	400	2,0	5	1,4	3,5	320	2	10		
320	400	500	4,0	8	2,7	5,4	400	4	16	6,4	25,6
400	500	500	6,3	12,6	4,2	8,4	500	8	25	14	43,7
500	–	630	12	19	–	–	630	7,8	24,4	28	70
650	–	630	18	28,6	–	–	630	–	–	60	120
800		800	32	40						118	187
1000		800	45	56,25						148	235

Тяговый элемент. Тяговым элементом ковшовых элеваторов служит лента или цепь (одна или две).

Ленты применяются прорезиненные с тканевыми прокладками, как и для ленточных конвейеров. Число прокладок – 3-6.

Ковши крепят к ленте болтами со специальной головкой «впотай». Иногда между лентой и задней стенкой ковша подкладывают резиновую шайбу, что исключает скопление частиц груза между ковшом и лентой.

Ширина ленты принимается на 25-150 мм шире, чем ширина ковша. Порядок расчета лент такой же, как и для ленточных конвейеров с учетом ослабления ленты отверстиями для болтов крепления ковшей.

Цепи применяют чаще всего пластинчатые: втулочные, втулочно-роликовые и втулочно-катковые (в основном для наклонных элеваторов по ГОСТу588-81 с шагом 100-630 мм и сварные круглозвенные).

Цепи к ковшам крепят при помощи уголков или фасонных звеньев на болтах или заклепках. При ширине ковшей до 250 мм применяют одну тяговую цепь с центральным креплением к задней стенке ковша; при ширине 320 мм и больше применяют две тяговые цепи, крепление которых может быть к задней или боковым стенкам ковшей. Запас прочности цепей принимается $m \geq 5\text{-}6$.

Ленты применяют преимущественно для быстроходных элеваторов, а цепи – при большой производительности и значительной высоте подъема.

Скорость движения ковшей тихоходных элеваторов v=0,32-0,5 м/с, быстроходных – v=0,8-0,25-1,6 м/с.

Привод элеваторов размещается в верхней части элеватора и состоит из электродвигателя, муфт, редуктора, тормозного или стопорного устройства. Для тихоходных элеваторов возможно применение клиноременной передачи между электродвигателем и редуктором, или дополнительной зубчатой передачи между редуктором и приводным валом элеватора. Двигатели применяются асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Диаметр приводного барабана принимается в пределах 250-1250 мм в зависимости от числа прокладок в ленте.

Барабаны, как правило, имеют фрикционную футеровку.

Для элеваторов с пластинчатыми цепями приводные звездочки имеют 6-20 зубьев (6, 8, 12, 13, 14, 16, 20).

Элеваторы с круглозвенными цепями комплектуются приводными блоками с фасонной поверхностью.

Натяжное устройство элеваторов выполняется винтовым, пружинно-винтовым или грузовым. Последнее может быть с непосредственным воздействием груза на вал натяжного барабана или звездочки, или же рычажное. Выбор типа натяжного устройства обусловливается типом тягового элемента и привода, и высотой элеватора. Элеваторы с круглозвенными цепями снабжаются рычажными грузовыми устройствами.

Натяжное устройство размещают на валу нижнего барабана (или звездочки) и крепят к боковым стенкам загрузочного башмака элеватора. Ход натяжки составляет 200-500 мм. У ленточных элеваторов натяжной барабан делают с решетчатым ободом для устранения налипания на него транспортируемого груза. Натяжной барабан (или звездочка) имеет обычно такой же диаметр, как и приводной.

Предохранительные устройства. Для предохранения ходовой части элеватора от падения при случайном обрыве цепи или ленты применяют специальные предохранительные устройства: на цепных элеваторах – ловители цепи, на ленточных элеваторах – соединение ковшей по боковым стенкам стальными канатами, которые без натяжки располагаются вдоль ленты; при обрыве ленты канаты исключают возможность падения ходовой части. Кроме того, на натяжных барабанах (или звездочках) элеватора устанавливают реле скорости, кото-

рое при обрыве тягового элемента выключает электродвигатель привода элеватора.

Расчет элеватора

Исходные данные

	Параметры	Размерность	Обозначение
1	Расчетная производительность	т/год	Q
2	Насыпная плотность груза	т/м^3	ρ
3	Максимальный размер куска	мм	$a'_{\max}$
4	Длина (высота) элеватора	м	L (H)
5	Угол наклона	град	β
6	Состояние груза – сухой, влажный, слеживающийся	–	–

Тип элеватора и форму ковшей выбирают в зависимости от характеристики транспортируемого груза

Погонная вместимость ковшей равна, л/м

$$\frac{i_0}{a_к} = \frac{Q}{3{,}6v\rho\psi},$$

где v – скорость движения ковшей, м/с; ψ – коэффициент заполнения ковшей.

По погонной вместимости, (табл…..) принимается вместимость ковшей $a_к$, м.

Вылет ковша А проверяют по наибольшему размеру типичных кусков:

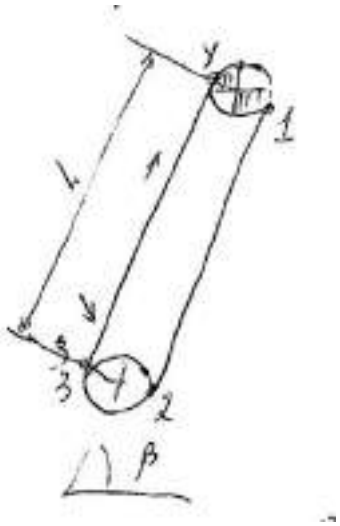
Для рядовых грузов А≥(2-2,5) $a'_{\max}$

Для сортированных грузов А≥(4-5) $a'_{ср}$

Составляется расчетная схема элеватора и определяются сопротивления движению и натяжения тягового органа

$$W_{гр} = (q + q_0)L(\omega'\cos\beta + \sin\beta \text{ Н},$$

$$W_{пор} = q_0 L(\omega'\cos\beta - \sin\beta) \text{ Н}.$$



Погонные нагрузки от груза q и тягового органа с ковшами q_0 определяются по выражениям

$$q = \frac{9{,}8i_0}{a_к}\rho\psi \text{ н/м или } q = \frac{9{,}8Q}{3{,}6v} \text{ н/м};$$

$$Q \approx mQ,$$

где m – расчетный коэффициент. Принимается по таблице.

Таблица

Значения коэффициента *m* для элеваторов

	Производительность *Q*,т/ч			
	10-25	25-50	50-100	больше 100
Двухцепные:				
ковши с цилиндрическим дном	1,2	1,0	0,8	0,6
остроуольные	–	–	1,1	0,9
Одноцепные:				
ковши с цилиндрическим дном	0,8	0,6	0,5	–
остроуольные	1,1	0,85	0,7	–
Ленточные ковши с цилиндрическим дном	0,5	0,45	0,40	0,35

Коэффициент сопротивления движению ω′ принимают: для катковых цепей ω′=0,10-0,12; для втулочных скользящих цепей ω′=0,20-0,25; для ленточных элеваторов ω′=0,03-0,04.

Для вертикальных цепных и ленточных элеваторов (β=90°)

$$W_{гр}=(q+q_0)\ \text{Н},$$

$$W_{п}=-q_0\ \text{Н}.$$

Сопротивления на концевых звездочках или барабанах определяются также, как и при расчете скребковых или ленточных конвейеров.

При загрузке ковшей зачерпыванием тяговый орган испытывает дополнительное сопротивление

$$W_{з}=K_{з}q\ \text{Н},$$

где $K_{з}$ – коэффициент зачерпывания, выражающий удельную работу, затрачиваемую на зачерпывание 1 Н груза. Для порошковых и мелкокусковых грузов $K_{з}$= 1,25-2,5 Нм/м; для среднекусковых грузов $K_{з}$= 2,0-4,0 Нм/м.

Натяжения тягового органа в характерных точках равны

$$S_2=S_{min}.$$

Для цепных элеваторов S_{min}=3000-5000 Н;

Для ленточных элеваторов S_{min}=1500-2000 Н.

$$S_1=S_2W_{п};$$

$$S_3=(1,05\text{-}1,1)S_2+W_{з};$$

$$S_{нб}=S_4=S_3+W_{гр}.$$

Расчет тягового органа на прочность выполняется также как для скребкового или ленточного конвейера с учетом ослабления отверстиями под крепление ковшей (*B*=160-320 мм – 2 отверстия диаметром 6 мм; *B*=450 мм – 4 отверстия диаметром 8 мм).

Тяговое усилие на приводном валу

$$W_0=S_{нб}-S_{сб}+0,05(S_{нб}+S_{сб})\ \text{Н}.$$

Мощность приводного электродвигателя

$$N = \frac{K_N W_0 v}{1000 \eta_{\text{пор}}} \text{ кВт.}$$

По результатам расчета по каталогу подбирается элеватор.

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 САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Б1.О.28 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль) подготовки
Обогащение полезных ископаемых

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: **2022**

Автор: Попов А. Г., доцент, к.т.н.

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)

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.

---

[1] Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

2. Не следует формулировать тему очень широко: вычленение из широкой проблемы узкого, специфического вопроса помогает проработать тему глубже.

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 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,

---

[3] Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. - 368с.

приводится вывод по этому вопросу и необходимая цепь доказательств в их логической последовательности.

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.; - Статья называется (носит название, озаглавлена)
2. Композиция реферируемой работы	- Статья • состоит из…… • делится на ….. • начинается с……. • кончается (чем?)…….; - В статье можно выделить две части…….
3. Проблематика и основные положения работы	- Статья • посвящена теме (проблеме, вопросу) …… • представляет собой анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) …….. - Автор статьи • ставит (рассматривает, освещает, поднимает, затрагивает) следующие вопросы (проблемы) …… • особо останавливается (на чем?) ..... • показывает значение (чего?) …….. • раскрывает сущность (чего?) ……. • обращает внимание (на что?) …… • уделяет внимание (чему?) ….. • касается (чего?) ……. - В статье • рассматривается (что?) …. • анализируется (что?) ….. • делается анализ (обзор, описание, обобщение, изложение) (чего?) …… • раскрывается, освещается вопрос… • обобщается (что?) ……. • отмечается важность (чего?) …… • касается (чего?)….. - В статье • показано (что?) …… • уделено большое внимание (чему?) …… • выявлено (что?) ……. • уточнено (что?) ……..
4. Аргументация основных положений работы	- Автор • приводит примеры (факты, цифры, данные) ……. • иллюстрирует это положение …….. • подтверждает (доказывает, аргументирует) свою точку зрения примерами (данными)… - в подтверждение своей точки зрения автор приводит доказательства (аргументы, ряд доказательств, примеры, иллюстрации, данные, результаты наблюдений)…

	- Для доказательств своих положений автор описывает • эксперимент …… • в ходе эксперимента автор привлекал …
5. Выводы, заключения	• выполненные исследования показывают… • приведенные наблюдения (полученные данные) приводят к выводу (позволяют сделать выводы).. • из сказанного можно сделать вывод, что ….. • анализ результатов свидетельствует … - На основании проведенных наблюдений (полученных данных, анализ результатов) • был сделан вывод (можно сделать заключение) …. • 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 • справедливо указывает …. • правильно подходит к анализу (оценке) …. • убедительно доказывает …. • отстаивает свою точку зрения …. • критически относится к работам предшественников ….. - Мы • разделяем точку зрения (мнения, оценку) автора …… • придерживаемся подобного же мнения … • критически относимся к работам предшественников …. - Можно согласится с автором, что ….. - Следует признать достоинства такого подхода к решению ….
Несогласие (отрицательная оценка)	- Автор • не раскрывает содержания (противоречий, разных точек зрения) … • противоречит себе (известным фактам) ……. • игнорирует общеизвестные факты ….. • упускает из вида ……. • не критически относится к высказанному положению …….. • не подтверждает сказанное примерами…. - Мы • придерживаемся другой точки зрения (другого, противоположного мнения) • не можем согласиться (с чем?) … • трудно согласиться с автором (с таким подходом к решению проблемы, вопроса, задачи) …. • можно выразить сомнение в том, что ….. • дискуссивно (сомнительно, спорно) , что …… • 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».

3. 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.

4. 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.

5.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.

6. 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.

7. 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.

---

[6]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

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.

8. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы (курсового проекта)

Содержание основных этапов подготовки курсовой работы

Курсовая работа (проект) - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной финансовой ситуации.

Курсовая работа (проект) не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы (проекта) студентом.

Выполнение курсовой работы (проекта) начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы (проекта) предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана студент осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы (проекта) студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Рекомендации по подготовке к защите курсовой работы (проекта).

При подготовке к защите курсовой работы студент должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы (проекта) проводится в университете при наличии у студента курсовой работы (проекта), рецензии и зачетной книжки. Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы (проект) и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ (проектов), найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных студенческих работ.

9. Работа с источником

Чтение источника (книги, статьи, отчета и т.п.) рекомендуется осуществлять в два этапа:

I этап — ознакомительное чтение;

II этап — основное чтение с записями.

Первый этап – это предварительное ознакомление с источником (книгой, отчетом, статьей и т.д.).

Ознакомление должно дать ответ – представляет ли источник интерес, и если да, то в чем, какими методами его можно обработать.

Второй этап – основное чтение источника и записи. Запись – наиболее эффективный путь усвоения информации. Это связано с тем, что она представляет (должна представлять) творческий процесс анализа содержания источника, определение наиболее существенного в информации, содержащейся в источнике, и отбор самого важного для того, чтобы дать эту информацию в сжатом ("свернутом") виде.

Важными факторами при проработке литературы (особенно нового текста) являются настойчивость и систематичность. Последовательное, систематическое, аналитическое чтение облегчает усвоение прорабатываемого материала.

При записи используется не только зрительная, но и двигательная память. Формы

Критерии оценки для работы с источником

Оценка

Результат освоения

5 -если представлена интересная актуальная информация, сопровождаемая презентацией;

4 - если информация представлена актуальная, но презентация не вполне презентабельна;
3 -если информация не вполне актуальна, презентация отсутствует;
2 - если информация не актуальна, не представлена презентация.

Составление опорных конспектов

Примерный порядок составления опорного конспекта

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2.Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

Критерии оценивания при составлении опорного конспекта

Оценка «5» - конспект составлен по плану, соблюдается логичность, последовательность изложения материала, качественное внешнее оформление, объем - 4 тетрадные страницы;
Оценка «4» - конспект выполнен по плану, но некоторые вопросы раскрыты не полностью, есть небольшие недочеты в работе, объем – 4 тетрадные страницы;
Оценка «3» - при выполнении конспекта наблюдается отклонение от плана, нарушена логичность, отсутствует внутренняя логика изложения, удовлетворительное внешнее оформление, объем менее 4 страниц;
Оценка «2» - тема не раскрыта, неудовлетворительное внешнее оформление, объем менее 2 страниц.

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 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. – 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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

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

СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль):
«Обогащение полезных ископаемых»
квалификация выпускника: **специалист**

Автор: Потапов В.Я., профессор, д.т.н.

Одобрены на заседании кафедры

Горной Механики
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Макаров Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 179 от 18.04.2019
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Горно-механического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..…….5

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…6

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ…… 10

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ
…….....11

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……...……..13

ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ……...13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……...14

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний,которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию устудентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знании должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практическихзанятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа - лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Стационарные установки* » обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и сдаче *зачета(экзамена)*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Стационарные установки* » являются:

- повторение материала лекций;

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям, подготовка к выполнению практико-ориентированного задания;

- подготовка к тестированию;

- подготовка контрольной работы;

- подготовка к зачету(экзамену).

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема1. Водоснабжение и канализация

1. Какие *генеральные схемы водоснабжения ОФ вы знаете?*
2. Какие и*сточники водоснабжения могут быть использованы на ОФ?*
3. Как определяются запасы воды источников водоснабжения?
4. Расскажите устройство плотины и как осуществляется удержание воды в речных водоемах?
5. Поясните конструкцию водонапорного сооружения.
6. Назначение водонапорных башен и накопительных резервуаров.
7. Расскажите об основных свойствах воды обогатительного производства
8. Чем осуществляют очистку и обработка воды на ОФ?
9. Как рассчитываются Водопотребление и нормы расхода воды
10. Какие виды канализации существуют на ОФ и методы очистки сточных вод.

Тема 2. Воздухоснабжение ОФ

1. Какие существуют способы расчета необходимого воздухообмена ?
2. Какие виды оборудования комплектуют компрессорную станцию?
3. Какие способы регулирования ротационных и турбокомпрессоров вы знаете?
4. Как рассчитывает предельная степень сжатия в компрессоре?
5. Какие схемы вентиляции применяются на ОФ?
6. Какие потери существуют в турбомашине и как рассчитывается общий КПД
7. Поясните классификацию компрессоров
8. Как определяется воздухораспределение и регулирование поршневых компрессорных установок?
9. Приведите диаграмму действительного процесса сжатия воздуха в ступени поршневого компрессора?
10. Каким способом рассчитывается необходимый воздухообмен на ОФ?

Тема 3. Общие вопросы транспорта

1. Поясните назначение и принцип действия бункеров
2. Как осуществляется работа инерционного конвейера?
3. Какие способы увеличения тягового усилия в ленточном конвейере вы знаете?
4. Основные достоинства и недостатки ленточного виброгрохота
5. Что представляют собой составляющие систему пневмотранспорта
6. Особенности конструкции инерционного конвейера
7. Поясните принцип действия скребкового конвейера
8. Поясните конструкцию ленточного ковшового элеватора и его достоинства и недостатки
9. Как классифицируются ленточные конвейера?
10. Из каких основных частей состоит конвейер?

тема4. Силовые установки и средства автоматизации и управления

1. Поясните назначение двигателя внутреннего сгорания и где они применяются на ОФ?
2. Поясните схему устройство четырехтактного двигателя внутреннего сгорания
3. Чем отличается устройство синхронного от асинхронного электродвигателя
4. Расскажите об устройстве двигателя постоянного тока
5. Какие требования предъявляются к электроустановкам ОФ?
6. Поясните схему устройство двухтактного двигателя внутреннего сгорания
7. какие методы и средства автоматизированного управления стационарных установок вы знаете?
8. Какие типы измерительных устройств применяются на ОФ?
9. Какой материал покрытия полов позволяет уменьшить удельное сопротивление?
10. Что такое шаговое напряжение?

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики– это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и

выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение

основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой

накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Следовательно, работа на практическом занятии направлена не только на познание студентом конкретных явлений внешнего мира, но и на изменение самого себя. Второй результат очень важен, поскольку он обеспечивает формирование таких общекультурных компетенций, как способность к самоорганизации и самообразованию, способность использовать методы сбора, обработки и интерпретации комплексной информации для решения организационно-управленческих задач, в том числе находящихся за пределами

непосредственной сферы деятельности студента. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. В ходе самого практического занятия обучающиеся выполняют задания и делают выводы по выполненному практическому заданию.

ПОДГОТОВКА К 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.

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 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа – это письменная работа, выполняемая студентами самостоятельно, преимущественно по общим математическим и естественно-научным, а также специальным дисциплинам, в которой, как правило, решаются конкретные задачи.

Цель контрольной работы – оценка качества усвоения студентами отдельных, наиболее важных разделов, тем и проблем изучаемой дисциплины, умения решать конкретные теоретические и практические задачи.

Контрольная работа, как правило, имеет аналитическую или описательную части, может решать проблемные ситуации путем проведения численного моделирования или расчетов, в том числе с использованием ПК. По типу они могут иметь характер задач, расчётов, алгоритмов, программ и т.п.

Контрольные работы выполняются студентами самостоятельно в соответствие с учебным планом.

Структура контрольной работы зависит от специфики изучаемой дисциплины. В общем виде контрольная работа должна содержать: титульный лист, введение, основную часть и заключение.

Во введении приводится формулировка контрольного задания, кратко излагается цель контрольной работы, место и роль рассматриваемого вопроса (проблемы) в изучаемой учебной дисциплине.

Основная часть контрольной работы должна, как правило, содержать основные определения, обоснования и доказательства, описание методики расчёта (формулы), а также иметь ссылки на используемые источники информации. Материал работы и ее отдельные положения должны быть взаимосвязаны. Основная часть может также включать анализ теории вопроса по теме контрольной работы. Здесь же приводятся исходные данные и значения параметров в соответствии с заданием на контрольную работу. После этого излагается ход рассуждений, описывается последовательность расчётов, приводятся промежуточные доказательства и результаты решения всей поставленной задачи.

В заключении формулируются краткие выводы по выполненной контрольной работе, а в её конце приводится список использованных источников информации.

Контрольные работы обучающихся выполняются согласно учебному графику и сдаются преподавателю за месяц до защиты контрольной работы. Преподаватель делает отметку о приеме работы в графике сдачи контрольных работ.

Ведущий преподаватель после проверки на титульном листе ставит оценку («зачтено» или «не зачтено») и подписывается. Выявленные в ходе проверки преподавателем замечания фиксируются на полях работы. Контрольные работы, выполненные с нарушением установленных требований, а также их ксерокопии к рассмотрению не принимаются.

Типичными ошибками, допускаемыми обучающихся при подготовке контрольной работы, являются:

– содержание работы не соответствует цели и поставленным задачам контрольной работы;

– нарушение требований к оформлению контрольной работы;

– использование информации без ссылок на источник;

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету(экзамену)*по дисциплине *«Стационарные установки»* 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 *«Стационарные установки»*.

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(экзамене)*особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете(экзамене)*(в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету(экзамену)* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой, к.т.н., доцент

_____ Н.В. Макаров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

Б1.Б.1.27.02 СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 6

Обогащение полезных ископаемых

квалификация выпускника: **горный инженер**

форма обучения: очная, заочная

Автор: Потапов В.Я., профессор, д.т.н.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Горной Механики	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Макаров Н.В.	Барановский В.П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 179 от 18.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….…….....3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..4
Содержание контрольной работы…….....4
Пример выполнения работы.....10
Выполнение работы над ошибками……...…11
Критерии оценивания контрольной работы ……11
Образец титульного листа ……..….12

Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины: подготовить специалиста по вопросам водовоздушного, хвостового хозяйства и транспортаобогатительных фабрик. Водовоздушное и хвостовое хозяйство обогатительных фабрик представляет собой сложный и весьма ответственный комплекс гидротехнических сооружений и машин, обеспечивающих бесперебойное водоснабжение, канализацию, воздухоснабжение фабрик и металлургических предприятий, гидро – и пневмотранспорт продуктов переработки, вентиляцию помещений, способы складирования хвостов и очистку сточных вод. Особое внимание при этом уделяется защите окружающей среды.

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:

общепрофессиональные

способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления(ОПК-8)

профессиональные

готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством (ПК-8)

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

формирование у студентов знаний по теории и практике эксплуатации транспортного, водовоздушного хозяйства обогатительных фабрик и автоматизации управления оборудованием для подачи воды и воздуха в обогатительные аппараты;

умение выбрать технически совершенные и экономически выгодные машины в зависимости от конкретных условий производства, рассчитать энергетические параметры оборудования и обеспечить его надежную и эффективную эксплуатацию.

изучение основ водо и воздухоснабжения обогатительных фабрик, классификации устройств, принципа действия машин для сжатия и подачи воздуха и воды, схем и оборудование транспорта и пневмотранспортных установок.

Методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности *21.05.04 Горное дело*.

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации*. Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.Б.1.27.02 Стационарные установки. . А именно, в результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

фундаментальные основы теории турбомашин, раскрывающие сущность взаимодействия потока текучего (воздуха, воды и др.) с рабочим колесом;

- переход от теоретических к действительным зависимостям давления, мощности, КПД от подачи, законы пропорциональности и подобия;
- основные условия совместной работы и принципы регулирования;
- методики расчета внешней сети, основанные на принципах оптимизации и требования правил безопасности;
- конструктивное исполнение стационарных машин и вспомогательного оборудования, необходимого для их эксплуатации;

- методики выбора и расчета стационарных машин, включая электропривод, основанные на принципах оптимальных решений, и основы их проектирования, а также особенности проектирования и эксплуатации оборудования водоснабжения, систем и узлов гидропневмотранспорта, складирования хвостов и канализации;

общие принципы и понятия классической и современной теории автоматизированного управления технологическим процессом при переработке полезных ископаемых на обогатительных фабриках;

системы и средства организации измерений и реализации управляющих воздействий на технологическом оборудовании

уметь:

производить расчеты водовоздушных сетей, пульпопроводов, хвостопроводов и выбор соответствующего оборудования

провести испытание, установить фактическое состояние и определить пути устранения неисправностей машин и оборудования;

- выбрать тип электродвигателя и его мощности;

- использовать регулировочные свойства стационарных машин с целью поддержания эксплуатации в заданном режиме при максимально возможном КПД установки

применять измерительную аппаратуру для контроля и автоматизации оборудования стационарных установок для водовоздушного хозяйстваобогатительных фабрик

владеть:

навыками структуры и взаимосвязи комплексов по водо- и воздухоснабжению и канализации обогатительных фабрик и и их функциональном назначении

выбором оборудования стационарных установок в зависимости от типа обогатительной фабрики и исходя из необходимости обеспечения требуемых условий при различных способах и стадиях обогащения с учетом взаимосвязи установок с процессами обогащения, окружающей средой и человеком;

особенностями эксплуатации транспортных машин и водовоздушного хозяйства ОФ;

измерениями механических величин характеризующих рабочие процессы транспорта и водовоздушного хозяйства ОФ;

современными методами контроля за состоянием стационарных установок и их автоматизации

Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в печатном виде, 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 «Стационарные установки представлено тридцадь вариантов 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

Первая буква фамилии	Последняя цифра в зачетной книжке									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А, Б, В, Г	1 11 21	2 12 22	3 13 23	4 14 24	5 15 25	6 16 26	7 17 27	8 18 28	9 19 29	10 20 30
Д, Е, Ж, З	2 13 24	3 14 25	4 15 26	5 16 27	6 17 28	7 18 29	8 Т9 30	9 20 21	10 11 22	1 12 23
И, К, Л	3 15 27	4 16 23	5 17 29	6 18 30	7 19 21	8 20 22	9 П 23	10 12 24	I 13 25	2 14 26
М, Н, О	4 17 30	5 18 21	6 19 22	7 20 23	8 1 24	9 12 25	10 13 26	I 14 27	2 15 28	3 16 29
П, Р, С	5 19 23	6 20 24	7 11 25	8 12 26	9 13 27	10 14 28	1 15 29	2 16 30	3 17 21	4 18 22
Т, У, Ф, Х	6 11 26	7 12 27	8 13 28	9 14 29	10 15 30	1 16 21	2 17 22	3 18 23	4 19 24	5 20 25
Ц, Ч, Ш, Щ	7 13 29	8 14 30	9 15 21	10 16 22	I 17 23	2 18 24	3 19 25	4 20 26	5 11 27	6 12 28
Э, Ю, Я	8 15 22	9 16 23	10 17 24	I 18 25	2 19 26	3 20 27	4 П 28	5 12 29	6 13 30	7 14 21

Содержание контрольной работы

Контрольная работа: Расчет и выбор оборудования водоснабжения ОФ

Задача. Определить параметры насоса и построить характеристику работы насоса на внешнюю сеть

Условия: Q - подача насоса, м^3/ч; $Q_{НП}$ - нормальный приток воды, м^3/ч; $Q_{МП}$ максимальный приток воды, м^3/ч; H - напор насоса, м; $H_Г$ - геометрическая высота подачи, м; D - наружный диаметр трубопровода, мм. d - внутренний диаметр трубопровода, мм;

Условные обозначения

Q - подача насоса, м^3/ч;
$Q_{НП}$ - нормальный приток воды, м^3/ч;
$Q_{МП}$ максимальный приток воды, м^3/ч;
H - напор насоса, м;
$H_Г$ - геометрическая высота подачи, м;
D - наружный диаметр трубопровода, мм.
ξ_c - коэффициент гидравлических сопротивлений;
η_T - к.п.д. трубопровода;

$\eta_П$ - к.п.д. передачи от вала двигателя к валу насоса;
$\eta_Д$ - к.п.д. двигателя;
η - к.п.д. насоса;
$\eta_С$ - к.п.д. электрической сети;
ρ - плотность воды, кг/м^3;
pH - водородный показатель;
$V_Т$ - скорость воды в трубопроводе, м/с;
R - сопротивление трубопровода.

2.1. Определить напор насоса и к.п.д. трубопровода, если Q = 70 м^3/ч, $H_Г$ = 170 м, $\xi_с$ = 69,4; d = 125 мм. Построить характеристику сети.

2.2. Определить напор насоса и к.п.д. трубопровода, если Q = 150 м^3/ч, $H_Г$ = 225 м, $\xi_с$ = 79,6; d = 150 мм. Построить характеристику сети.

2.3. Определить геометрическую высоту подачи, если H = 255 м, $\xi_с$ = 85, скорость жидкости в трубопроводе $V_Т$ = 2 м/с.

2.4. Определить коэффициент сопротивлений в трубопроводе, если H = 165 м, $\eta_Т$ = 0,95; Q = 200 м^3/ч, $V_Т$ = 1,55 м/с.

2.5. Построить характеристику трубопровода насоса, если H = 200 м, $H_Г$ = 186 м, сопротивление трубопровода R =26700.

2.6. Построить характеристику трубопровода насоса, если Н= 200 м, $\eta_Т$ =0,92; Q = 50 м^3/ч.

2.7. Определить рабочий режим насоса, характеристика которого приведена на рис. 2.1, если в сети H = 292 м, Q = 300 м^3/ч, $H_Г$ = 272 м.

2.8. Определить рабочий режим насоса, характеристика которого приведена на рис. 2.1., если в сети H = 295 м, Q = 270м^3/ч, $H_Г$ =260м.

2.9. Определить рабочий насоса, характеристика которого приведена на рис.2.2., если в сети H = 190 м, Q = 65 м^3/ч, $H_Г$ = 160 м.

2.10. Определить рабочий режим насоса, характеристика которого приведена на рис.2.2., если в сети H = 180 м, Q = 70 м^3/ч, $H_Г$ = 165м.

2.11. Определить требуемую мощность и выбрать двигатель насоса, если Q = 300 м^3/ч, ρ = 1000 кг/м^3, H = 410 м, η = 0,69. Вал насоса непосредственно соединен с валом двигателя.

2.12. Определить требуемую мощность и выбрать двигатель насоса, если Q = 100 м^3/ч, ρ = 1050 кг/м^3, H = 240 м, η = 0,62, $\eta_П$ = 0,9.

2.13. Выбрать насос для работы на горизонте - 380 м, нормальный приток воды $Q_{НП}$ = 145 м^3/ч.

2.14. Выбрать насос для работы на горизонте - 410 м, нормальный приток воды $Q_{НП}$ = 81 м^3/ч.

2.15. Выбрать насос для работы на горизонте - 620 м, нормальный приток воды $Q_{НП}$ = 225 м^3/ч.

2.16. Выбрать насос для работы на горизонте - 910 м, нормальный приток воды $Q_{НП}$ = 200 м^3/ч.

2.17. Выбрать трубы необходимого диаметра и определить толщину их стенок, если подача насоса Q = 180 м^3/ч, напор H = 441 м, степень кислотности шахтной воды pH = 6,5, в шахте ведутся взрывные работы.

Напорных трубопроводов в стволе два, срок их службы 15 лет, материал труб - сталь 20.

2.18. Выбрать трубы необходимого диаметра и определить толщину их стенок, если подача насоса Q = 225 м^3/ч, напор H = 522 м, степень кислотности шахтной воды pH = 6,5, в шахте ведутся взрывные работы. Напорных трубопроводов в стволе два, срок их службы 15 лет, материал труб – сталь 20.

2.19. Насос с напором Н= 1030 м работает на трубопровод, проложенный в вертикальном стволе и секционированный по толщине стенок на уровнях (считая от устья ствола) отметок 400 м и 630 м. Определить толщину стенок в каждой колонне труб, если наружный диаметр трубопровода D = 245 мм, материал труб – Ст. 3, срок службы трубопровода - 20 лет. Степень кислотности шахтной воды pH = 7. В шахте ведутся взрывные работы.

2.20. Насос с напором H = 925 м работает на трубопровод, проложенный в вертикальном стволе и секционированный по толщине стенок на уровнях (считая от устья ствола) отметок 300 м и 560 м. Определить толщину стенок в каждой колонне труб, если наружный диаметр трубопровода D = 245 мм, материал труб Ст.3, срок службы трубопровода - 20 лет. Степень кислотности шахтной воды pH=7. В шахте ведутся взрывные работы.

2.21. Определить потери напора в напорном трубопроводе, необходимый напор насоса ЦНС 180-85/425, число рабочих колес и его рабочий режим, если $H_Г$ =370 м, L = 440 м, d =160 мм, Арматура трубопровода: две задвижки, один тройник, один обратный клапан и шесть колен. Потерями в подводящем трубопроводе пренебречь.

2.22. Определить потери напора в напорном трубопроводе, необходимый напор насоса ЦНС-300-650/1040, работающего с подкачивающим насосом ВП-340, число рабочих колес и его рабочий режим, если $H_Г$ = 810 м, L = 920 м, d = 213 мм. Арматура

трубопровода: две задвижки, два тройника, один обратный клапан и девять колен. Потерями в подводящем трубопроводе пренебречь.

2.23. Определить потери напора в напорном трубопроводе, проложенном в наклонной выработке, необходимый напор насоса ЦНС-60- 50/250, число рабочих колес и его рабочий режим, если $H_Г$ = 100 м, L = 580 м, d = 128 мм. Арматура трубопровода: одна задвижка, один обратный клапан и четыре колеса. Потерями в подводящем трубопроводе перенебречь.

2.24. Рассчитать главную водоотливную установку на горизонте - 510 м. Нормальный приток воды $Q_{НП}$ = 225 м^3/ч, максимальный приток в течение пяти недель $Q_{МП}$ = 314 м^3/ч. Вода нейтральная. Срок службы водопровода Т = 15 лет.

2.25. Водоотливная установка оборудована насосами ЦНС 300 - 1040 в комплекте с подкачивающими насосами ВП - 340. В рабочем режиме насоса Q = 350 м^3/ч, H = 954 м, η = 0,76. Кроме того, дано: $H_Г$ = 905 м, $Q_{НП}$ = 210 м^3/ч, $Q_{МП}$ = 280 м^3/ч, $N_{Д\ МАХ}$ = 60 дн., $\eta_Д$ = 0,91, к.п.д. двигателя подкачивающего насоса $\eta_Д$ = 0,88, $\eta_С$ =0,94. Определить годовой расход энергии водоотливной установкой и ее к.п.д. по удельным энергетическим затратам, а также к.п.д. ее элементов.

2.26. Уклонная водоотливная установка оборудована насосами ЦНС 60 - 125. В рабочем режиме насоса Q = 66 м^3/ч, H = 120 м, η = 0,66. Приток $Q_{НП}$ = 45 м^3/ч постоянен в течение всего года. $H_Г$ = 100 м, $\eta_Д$ = 0,93, $\eta_С$ = 0,91. Определить годовой расход электроэнергии установкой, к.п.д. установки по удельным энергетическим затратам, а также к.п.д. ее элементов.

2.27. Два насоса ЦНС 180-425 работают параллельно на общий трубопровод. Определить рабочие режимы: совместной работы насосов, каждого из насосов при совместной работе и индивидуальной работы одного насоса на данный трубопровод, если $H_Г$ = 370 м, R = 0,00031.

2.28. Два насоса ЦНС 300 1040 работают параллельно на общий трубопровод. Определить рабочие режимы: совместной работы насосов при совместной работе и индивидуальной работы одного насоса на данный трубопровод, если $H_Г$ = 970 м, R = 0,004.

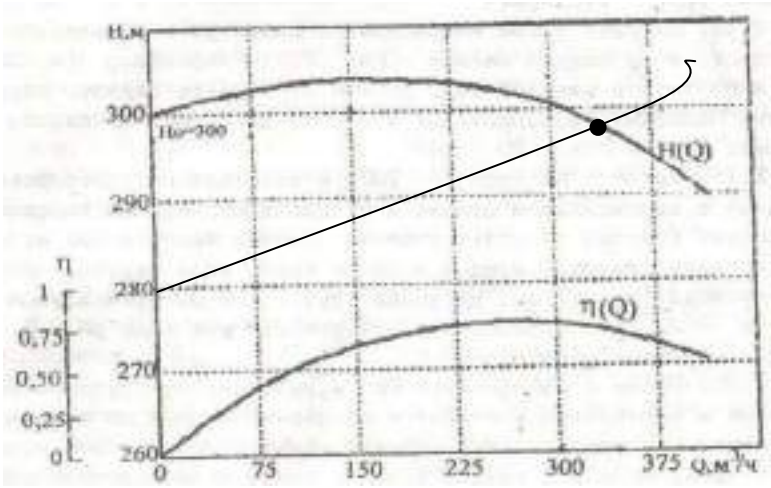
2.29. Два насоса ЦНС-180-500/900, расположенных на отметках горизонтов - 450 м и 990 м, включены в схему последовательной работы. Выбрать число рабочих колес и режим совместной работы насосов, если

R_1 = 0,0013, R_2= 0,002. (1 - от 0 до 450, 2 - от 450 до 990).

2.30. Два насоса ЦНС-300-120/600,расположенных на отметках горизонтов - 250 м и - 410м, включены в схему последовательной работы. Выбрать число рабочих колес и режим совместной работы насосов, если $R_{0\text{-}250}$ = 0,0002, $R_{250\text{-}410}$ = 0,005.

После выполнения расчетов необходимо построить совмещенную характеристику работы выбранного насоса на внешнюю сеть

а)



б)

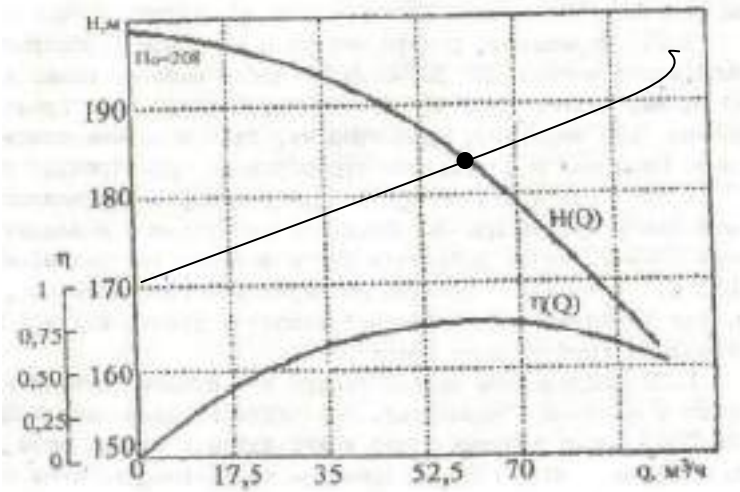


рис. 1.Характеристика работы насоса на внешнюю сеть - а и б

Пример выполнения работы

Определить напор насоса при его подаче Q = 125 м^3/ч и к.п.д, трубопровода, если геометрическая высота подачи $H_г$ = 420м; коэффициент гидравлических сопротивлений ξ_c = 176, диаметр трубопровода d = 150 мм. Построить характеристику трубопровода.

Решение. Сопротивление сети (трубопровода)

$$R = \frac{1+\xi_c}{2gF^2}\ , \qquad (1.1)$$

где g = 9,81 м/с^2– ускорение свободного падения; $F = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь попе-речречного сечения внешней сети, м^2. Подставляя заданные значения, получим:

$$R = \frac{1+176}{2\cdot 9{,}81\left(\frac{\pi 0{,}15^2}{4}\right)^2} = 28920.$$

Напор турбомашины (м)

$$H = H_г + RQ^2, \qquad (1.2)$$

т.е. $H = 420 + 28920\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 454{,}9$ м.

При $H_г = 0$ $H = RQ^2;\ p = RQ^2$ 1 . (1.3)

К.п.д. трубопровода $\eta_т = H_т / H$.

т.е. $\eta_т = 420/454{,}9 = 0{,}92.$

Уравнение характеристики трубопровода по формуле (1.2)

$$H = 420 + 28920Q^2.$$

В полученное выражение подставляем значения Q от 0÷1,25 требуемой подачи и получаем соответствующие значения.

Расчет характеристики внешней сети насоса

Задаваемые значения	0	0,25Q	0,50Q	0,75Q	Q	1,25Q
Q, м^3/ч	0	31,25	62,5	93,75	125	156,25
Q, м^3/с	0	0,00868	0,01736	0,02604	0,03472	0,04340
H, м	420	422,2	428,7	439,6	454,9	474,5

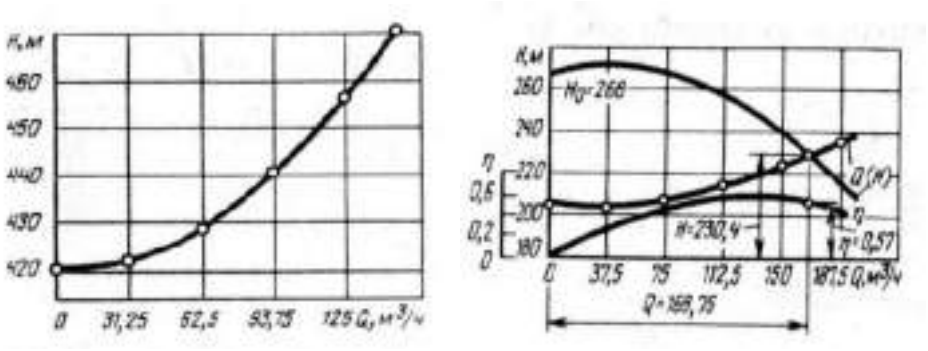


рис. 2.Характеристика работы насоса на внешнюю сеть - а и б

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 «зачтено», «». Работа с оценкой «не зачтено»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

Критерии оценки контрольной работы	*Количество баллов*
Правильность выбора расчетных формул	0 – 2
Правильность выполнения расчетов	0 – 2
Качество оформления работы	0 – 1
Итого	0 – 5

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

5 баллов (90-100 %) – «зачтено»;
4 балла (70-89 %) – «зачтено»;
3 балла (50-69 %) – «зачтено»;
2 балла (0-49 %) – «не зачтено».

Образец оформления титульного листа

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

Кафедра горной механики

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
СТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Обогащение полезных ископаемых

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа ОПИ-18

Преподаватель: Петров Петр Петрович,
к. т. н, доцент

Екатеринбург
2019

Министерство образования и науки РФ
ФБГОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

М. Е. Садовников

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Методические рекомендации и задания к контрольной работе для студентов направления 21.05.04 Горное дело, специализации Обогащение полезных ископаемых

Екатеринбург

2022

1. ТИПОВЫЕ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА КОНТАКТОРАХ

1.1. Общие сведения

Рассмотрим несколько простейших схем на контакторах.

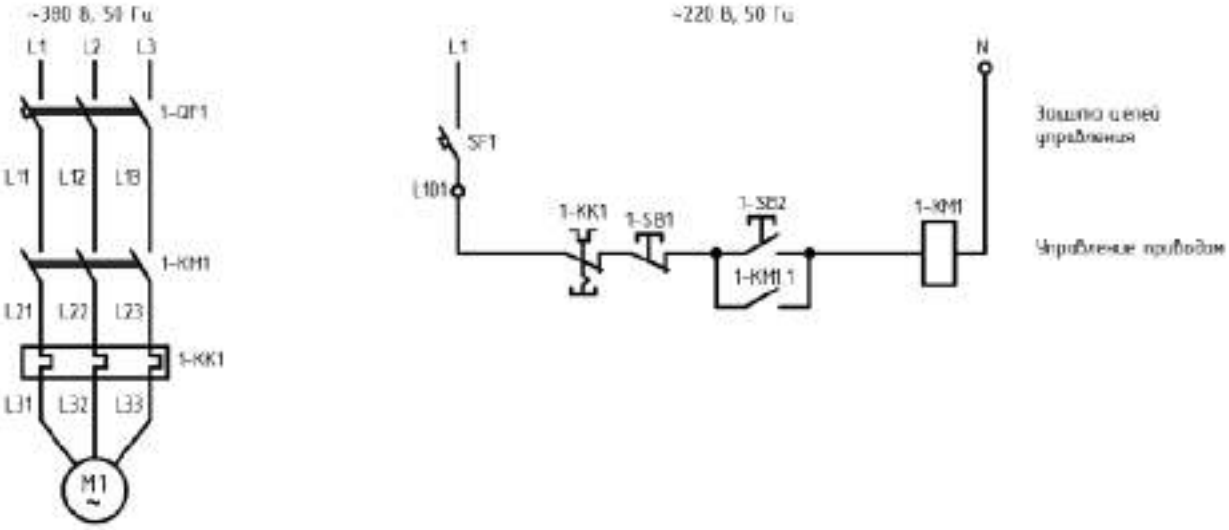


Рисунок 1.1. Схема электрическая принципиальная управления нереверсивным приводом

На рисунке 1.1 представлена схема управления нереверсивным приводом. Слева на рисунке представлена силовая схема, включающая автоматический выключатель 1-QF1, который предназначен для защиты двигателя и питающего его кабеля от коротких замыканий. Контактор 1-КМ1 служит для дистанционного включения и отключения электродвигателя М1. Электротепловое реле 1-КК1 служит для защиты двигателя и длительных перегрузок.

Электротепловое реле – это электрическое реле, работа которого основана на тепловом действии электрического тока, применяемое для защиты электрических двигателей и другого электрооборудования от длительных перегрузок.

Электротепловое реле включается напрямую или через трансформатор тока в силовую цепь (обычно после контактора). Срабатывая, реле воздействует на цепь питания контактора, отключая его. Отключаясь, контактор разрывает цепь питания нагрузки.

Поскольку коммутационные и дугогасящие свойства контактора не позволяют отключать токи короткого замыкания, то электротепловое реле не защищает от этого аварийного режима.

Принцип работы электротепловых реле основан на разности линейного удлинения двух пластин из металлов с различными коэффициентами линейного расширения Δl_1 и Δl_2 (Рисунок 1.2, *а*). Если пластины из двух таких разных металлов жёстко соединить друг с другом и нагреть, то это приведёт к тому, что составная пластина изогнётся в сторону

материала с меньшим температурным коэффициентом линейного расширения (Рисунок 1.2, *б*).

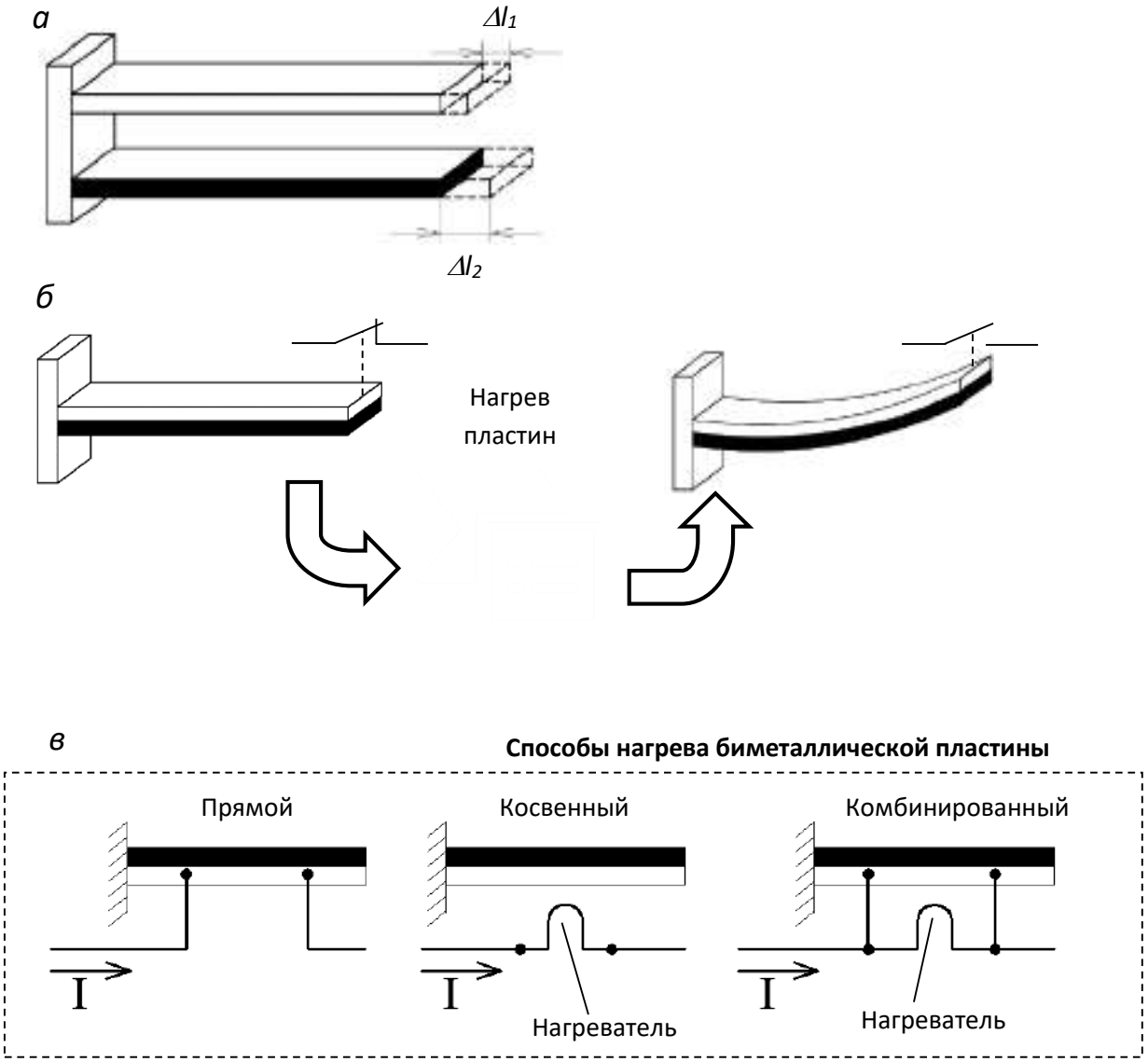


Рисунок 1.2. Принцип работы электротеплового реле:
а – две металлические пластины с разным коэффициентом теплового расширения;
б – скреплённые вместе такие пластины изгибаются при нагреве, воздействуя на контакт; *в* – способы электрического нагрева биметаллической пластины электротеплового реле

Механическое усилие, развиваемое пластиной при её изгибе, используется для приведения в действие исполнительного элемента реле – контактов.

Нагрев биметаллической пластины (Рисунок 1.2, *в*) может осуществляться током цепи, непосредственно проходящим по пластине (прямой нагрев); током цепи, проходящим по нагревательному элементу, расположенному рядом с пластиной (косвенный нагрев) или по пластине и нагревательному элементу одновременно (комбинированный нагрев).

Выпускаются одно-, двух- и трёхполюсные электротепловые реле.

Внешний вид трёхполюсного электротеплового реле приведён на Рисунок 1.3.

Устройство электротеплового реле приведено на Рисунок 1.4.

На передней панели этого реле (см. Рисунок 1.3) расположены клеммы выходных контактов *1*, орган задания уставки срабатывания реле *2* и кнопка возврата *3* необходимая для приведения в исходное положение реле после его срабатывания. Также реле имеет входные и выходные клеммы силовой цепи *4* и *5* соответственно.

Выходной контакт теплового реле КК1 (Рисунок 1.4) обычно включается последовательно с катушкой контактора КМ1, управляющего подачей напряжения в ту цепь, где стоит тепловое реле (см. Рисунок 1.3), и, размыкаясь, он отключает контактор.

В магнитных пускателях тепловое реле обычно входит в комплект пускателя и поставляется с завода уже подключённым к контактору пускателя.

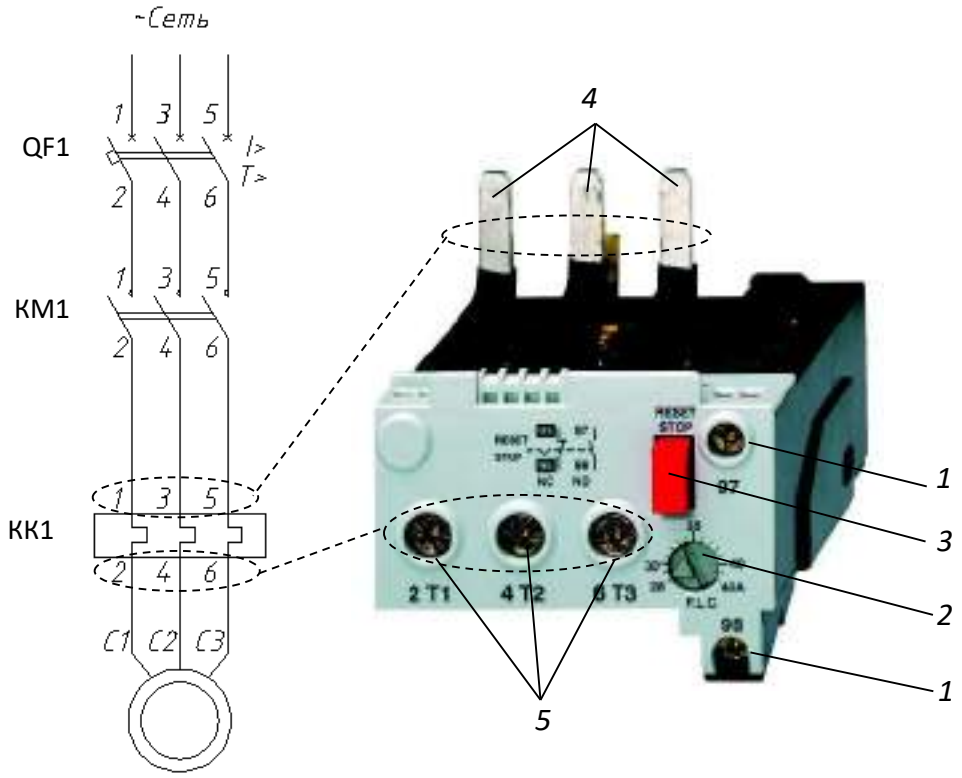


Рисунок 1.3. Внешний вид трёхполюсного электротеплового реле:
1 – клеммы выходных контактов реле; *2* – орган задания уставки срабатывания реле; *3* – кнопка возврата реле в исходное положения после срабатывания; *4* – клеммы силовой цепи для подключения к контактору; *5* – клеммы силовой цепи для подключения нагрузки

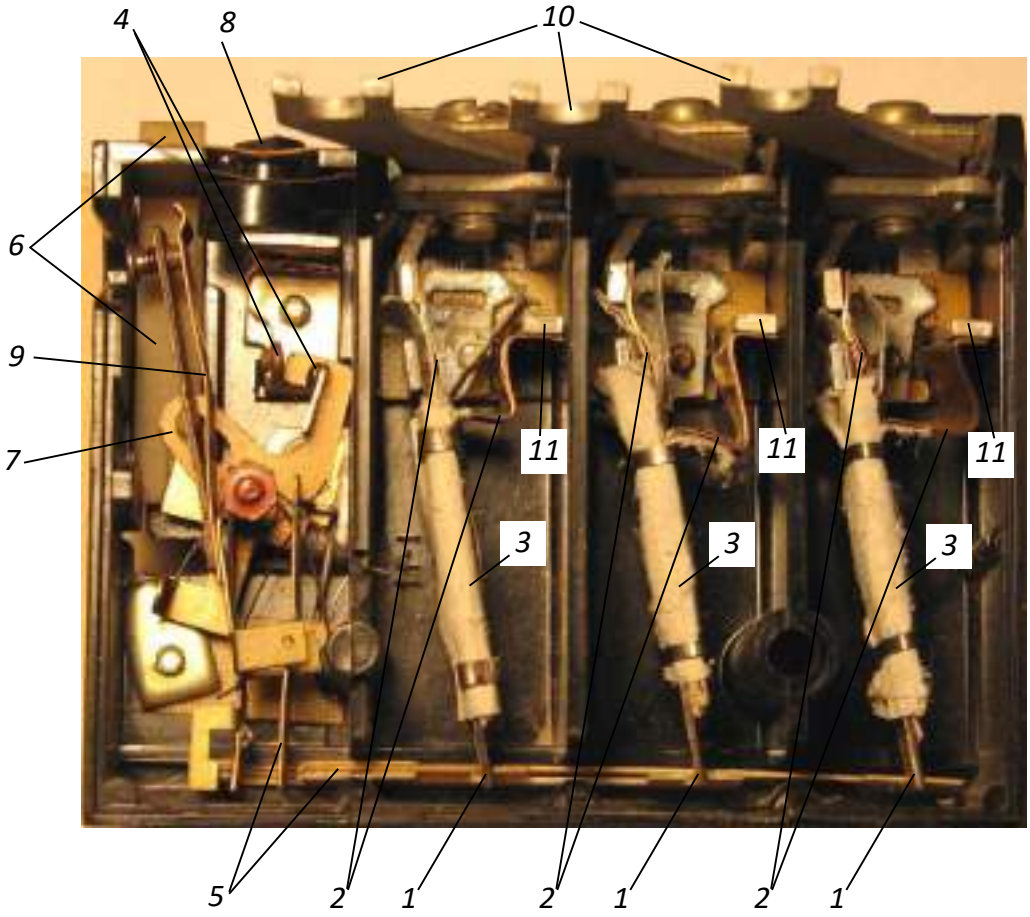


Рисунок 1.4. Устройство трёхполюсного электротеплового реле типа РТТ-211П:
1 – биметаллическая пластина; *2* – нагреватель; *3* – изолятор (асбест); *4* – выходной контакт реле (показан в положении «Отключено»); *5* – привод для передачи усилия, создаваемого при изгибе биметаллической пластины на отключение выходных контактов реле; *6* – кнопка возврата реле в исходное положение после срабатывания; *7* – механизм управления контактами; *8* – орган регулировки уставки срабатывания реле; *9* – пружина с механизмом заводской регулировки нажатия пружины; *10* – входные клеммы силовой цепи; *11* – выходные клеммы силовой цепи

Вернёмся к рисунку 1.1. В правой его части приводится схема управления. Схема защищается от коротких замыканий и длительных перегрузок автоматическим выключателем SF1. Питается схема напряжением ~220 В, 50 Гц, что видно из маркировки цепей питания L1 и N.

В состав схемы управления входит кнопка «Пуск» 1-SB2, кнопка «Стоп» 1-SB1, размыкающий контакт электротеплового реле 1-КК1, катушка и блок-контакт контактора 1-КМ1.

Схема работает следующим образом. При нажатии на кнопку 1-SB2 «Пуск» подаётся питание на катушку контактора 1-КМ1. Контактор включается и замыкает свой силовые контакты в цепи двигателя М1, включая его. Одновременно он замыкает свой блок-контакт 1-КМ1.1, включённый параллельно кнопке 1-SB2 «Пуск» шунтируя её, что позволяет оператору отпустить кнопку 1-SB2 «Пуск», не нарушая цепи питания катушки контактора 1-КМ1 (говорят, что контактор «встаёт на самопитание»). Далее, если мы

нажмём кнопку 1-SB1 «Стоп» или сработает при длительной перегрузке двигателя электротепловое реле 1-КК1, то цепь питания катушки контактора 1-КМ1 разомкнётся, и он отключится, двигатель М1 остановится.

Теперь рассмотрим схему управления реверсивным приводом, которая представлена на рисунке 1.5.

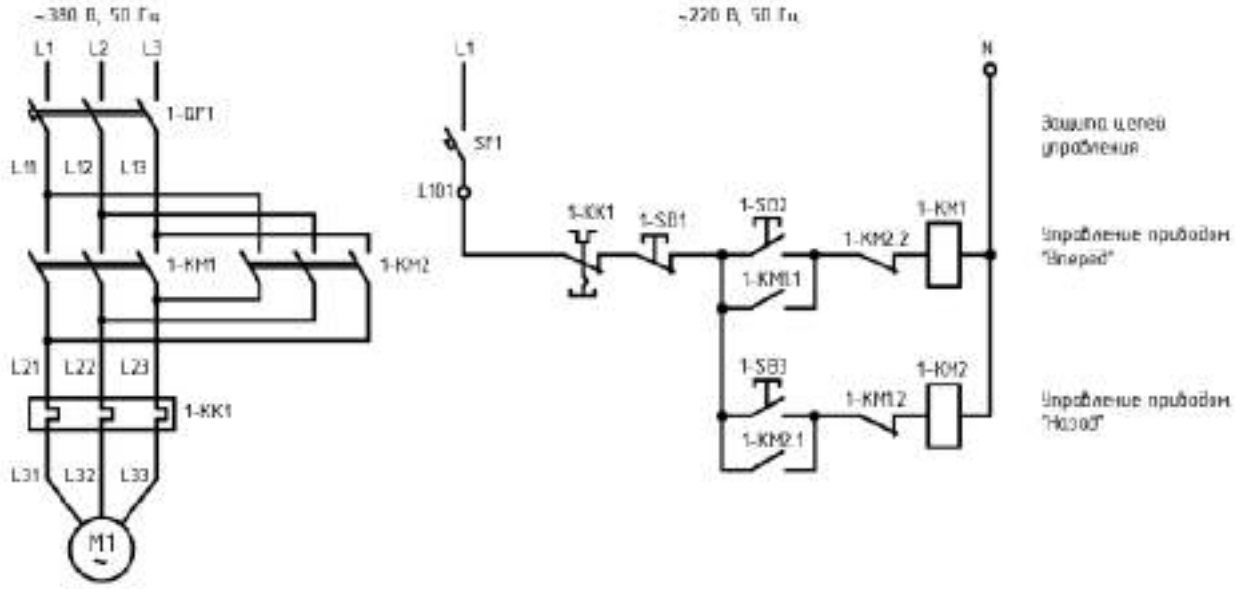


Рисунок 1.5. Схема электрическая принципиальная управления реверсивным приводом

Принципиальное отличие этой схемы от схемы управления нереверсивным приводом состоит в следующем:

- Для управления реверсивным приводом надо два контактора 1-КМ1 и 1-КМ2, которые своими силовыми контактами меняют между собой две фазы L11 и L13 на двигателе, что меняет в нём направление вращения магнитного поля, и двигатель начинает вращаться в противоположном направлении.
- Для того, чтобы оба контактора 1-КМ1 и 1-КМ2 не включились одновременно, при случайном или преднамеренном нажатии на кнопки 1-SB2 и 1-SB3, в схеме используется электрическая блокировка на блок контактах 1-КМ2.2 и 1-КМ1.2. Когда двигатель М1 включен на одно из направлений вращения, его блок контакт размыкается в цепи питания катушки другого контактора, что не позволяет включить этот контактор.

В остальном схемы реверсивного и не реверсивного управления приводом аналогичны.

Для того, чтобы обеспечить, например, включение технологического оборудования в определённом порядке, служат технологические блокировки. Рассмотрим, как они

реализуются, на примере конвейерной цепи, состоящей из трёх ленточных конвейеров (см. Рисунок 1.6).

Рисунок 1.6. Технологическая цепь из трёх конвейеров

Конвейеры должны включаться в порядке 1-2-3 и отключаться в обратном порядке 3-2-1, поскольку в противном случае, возможен завал мест перегрузки с конвейера на конвейер. Кроме того, при остановке любого конвейера должен останавливаться конвейер, который подаёт на него горную массу и далее по цепочке (например, при остановке конвейера 2 должен останавливаться конвейер 3, а конвейер 1 может продолжать работать).

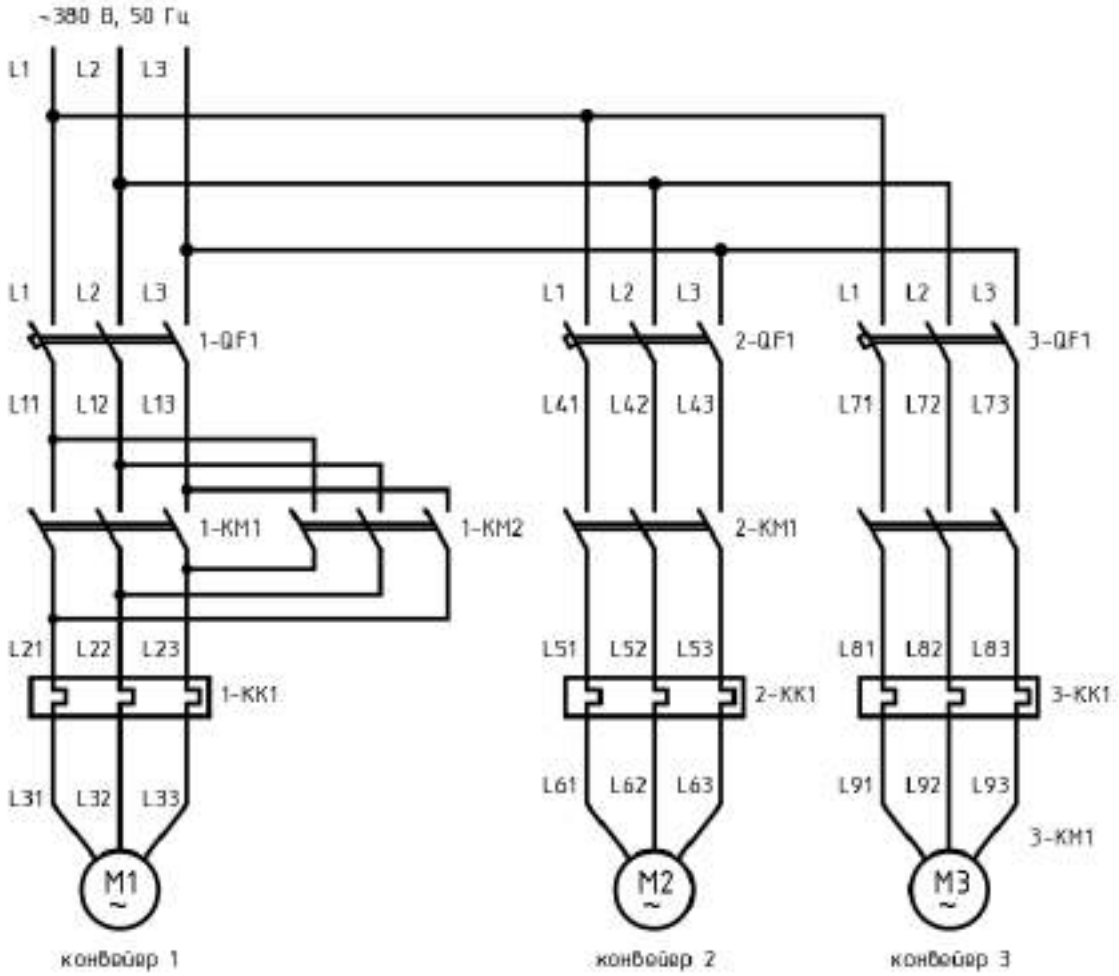


Рисунок 1.7. Силовая электрическая принципиальная схема управления приводами трёх конвейеров

Силовая электрическая принципиальная схема для управления приводами этих трёх конвейеров представлена на Рисунок 1.7 (в этой схеме, для ремонтных целей, конвейер 1 выполнен реверсивным), а схема управления на рисунке 1.8.

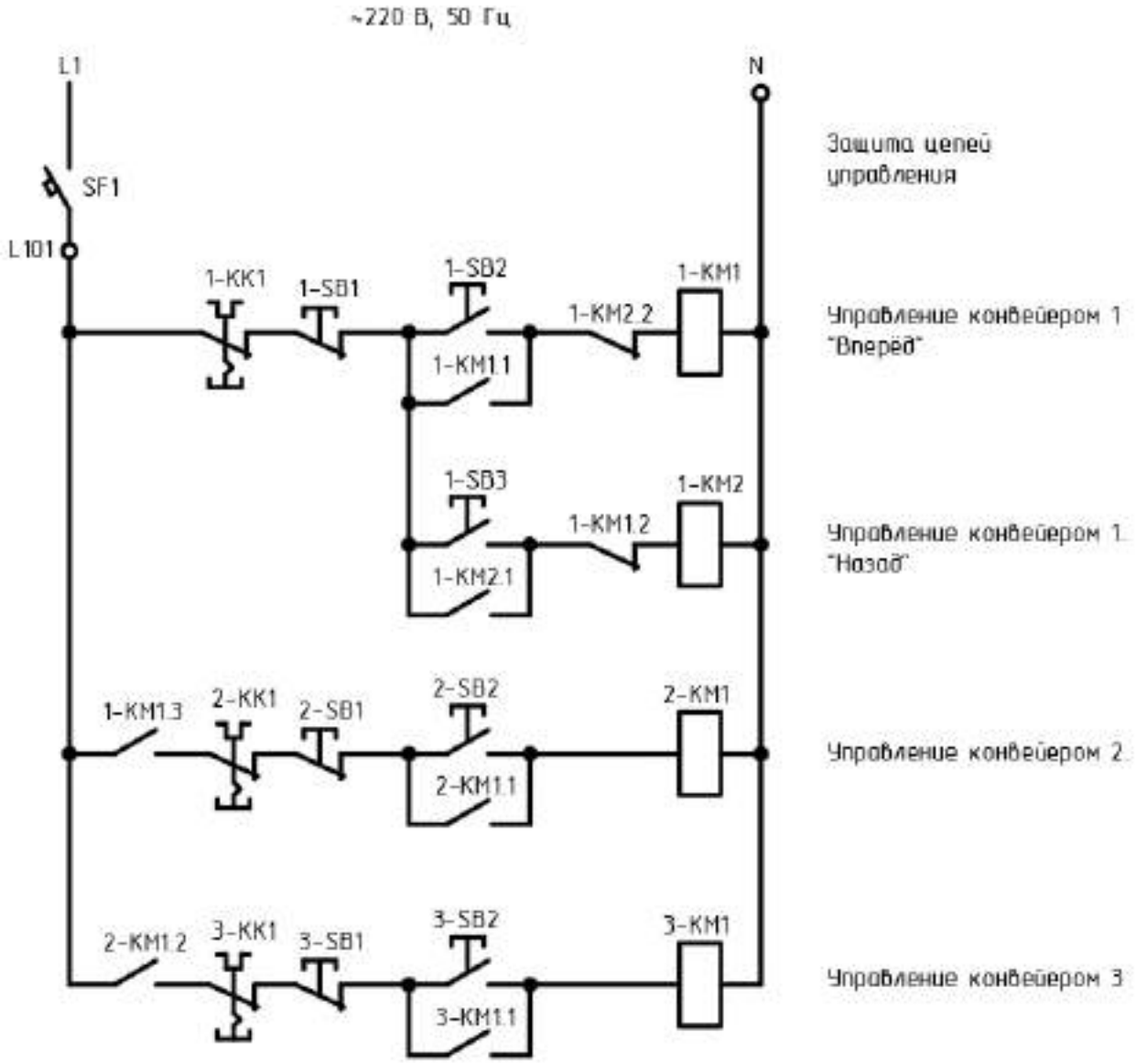


Рисунок 1.8. Электрическая принципиальная схема управления приводами трёх конвейеров

Описанная выше технологическая блокировка реализуется в схеме управления при помощи блок-контактов 1-КМ1.3 и 2-КМ1.2.

Первоначально, при всех отключенных конвейерах, включить можно только конвейер 1, поскольку разомкнутые блок-контакты 1-КМ1.3 и 2-КМ1.2 в цепях питания катушек 2-КМ1 и 3-КМ1 контакторов конвейеров 2 и 3, не позволяют запустить эти конвейеры.

При включении конвейера 1 его блок-контакт 1-КМ1.3 замыкается в цепи питания катушки контактора 2-КМ1, что позволяет запустить второй конвейер после первого конвейера.

Включение второго конвейера приводит к тому, что замыкаются блок-контакт 2-КМ1.2 в цепи питания катушки контактора 3-КМ1, что позволяет запустить третий конвейер после второго конвейера.

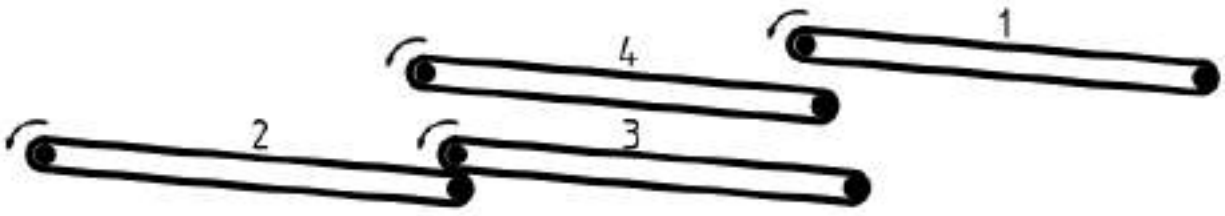
Теперь, если остановится конвейер 1, то разомкнётся блок контакт 1-КМ1.3 в цепи питания контактора 2-КМ1, который управляет вторым конвейером, и второй конвейер остановится, что приведёт к тому, что разомкнётся блок-контакт 2-КМ1.2 в цепи питания контактора 3-КМ1, который управляет третьим конвейером, и третий конвейер остановится. В результате остановятся все три конвейера.

Если остановится конвейер 2, то разомкнётся блок-контакт 2-КМ1.2 в цепи питания контактора 3-КМ1, который управляет третьим конвейером, и третий конвейер остановится. В результате остановятся конвейера 2 и 3, а конвейер 1 останется в работе.

1.2. Содержание практического задания

По заданной преподавателем на бригаду технологической схеме, составить электрическую принципиальную схему, подобную приведённой на рисунках 1.7, 1.8.

Вариант 1

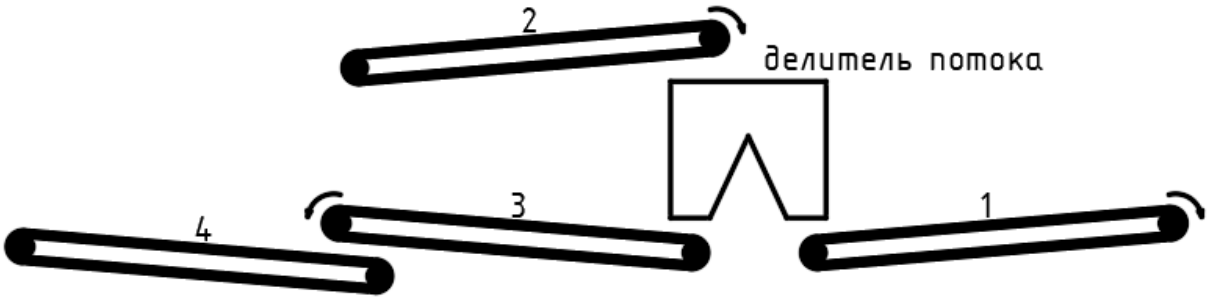


Разработать электрическую принципиальную схему управления ленточными конвейерами 1...4

Вариант 2

Разработать электрическую принципиальную схему управления ленточными конвейерами 1...4

Вариант 3

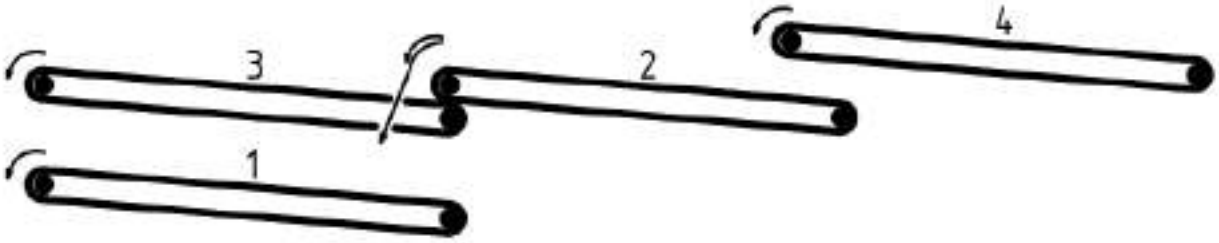


Разработать электрическую принципиальную схему управления ленточными конвейерами 1...4

Вариант 4

Разработать электрическую принципиальную схему управления ленточными конвейерами 1...4

Вариант 5



Разработать электрическую принципиальную схему управления ленточными конвейерами 1...4

Федеральное агентство по образованию
ФБГОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

М. Е. Садовников

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Методические указания по организации самостоятельной работы для обучающихся направления 21.05.04 Горное дело, специализации Обогащение полезных ископаемых

Екатеринбург
2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1. Тематический план дисциплины 4
2. Тематика лабораторных работ…….. 5
3. Тематика практических работ…….. 5
4. Вопросы к экзамену по дисциплине 6
5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 7
5.1. Основная литература 7
5.2. Дополнительная литература 7
6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. 7
7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем ……7

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

самовоспроизводящая – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

поисковая – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

творческая – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

Контрольная работа (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

Расчетно-графическая работа (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
1	Общие сведения об электроснабжении горных предприятий	2	8	[1] с. 5…7, [3] с. 5...7, конспект лекций
2	Сравнение режимов нейтрали электроустановок с точки зрения их безопасности	6	16	Конспект лекций
3	Меры защиты человека от поражения электрическим током	4	12	Конспект лекций

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
4	Условия эксплуатации электрооборудования	2	8	1] с. 9...17, [3] с. 64…86, конспект лекций
5	Исполнение электрооборудования	6	16	
6	Основные электрические аппараты систем электроснабжения	6	18	[1] с. 9...17, [3] с. 64…86, конспект лекций
7	Электроснабжение и электроосвещение	8	20	[1] с. 57...68, 79...84, 106...149, [2] с. 180...230, [3] с. 31…57, 123…181, 308…336, 455…461, 500…618, [4] с. 148...172, [5] с. 3...83, [6] с. 97…128
8	Основные виды электрических машин и систем электропривода на горных предприятиях	6	16	[1] с. 20...26, [3] с. 88…122, 60...68, конспект лекций

2. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Таблица 2 – Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование тем лабораторных работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
6	Изучение пускателей общепромышленного исполнения и схем управления электродвигателями. Литература: [7] с. 4...25, методические указания по лабораторной работе	4	4
5	Выбор исполнения электрооборудования. Литература: методические указания по практической работе	4	-
7	Расчёт электрического освещения. Литература: методические указания по лабораторной работе	4	-
7	Изучение конструкций кабелей до 35 кВ включительно. Литература: методические указания по лабораторной работе	4	-
Итого:			

3. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Уровни напряжения, их области применения.
2. Категории электроприёмников по надёжности электроснабжения.
3. Режимы нейтрали. Глухозаземлённая нейтраль.
4. Режимы нейтрали. Изолированная нейтраль.
5. Особенности работы глухозаземлённой нейтрали с точки зрения электробезопасности.
6. Особенности работы изолированной нейтрали с точки зрения электробезопасности.
7. Сравнение разных режимов нейтрали с точки зрения электробезопасности.
8. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность каждого из видов нейтрали.
9. Роль заземления при разных режимах нейтрали.
10. Влияние ёмкости сети на безопасность сети с изолированной нейтралью.
11. Классификация токов через тело человека.
12. Факторы, влияющие величину тока через тело человека.
13. Меры защиты от поражения электрическим током.
14. Роль заземления в деле защиты человека от поражения электрическим током.
15. Роль заземления уравнивания потенциалов в деле защиты человека от поражения электрическим током.
16. Элементы сети заземления.
17. Виды исполнения электрооборудования.
18. Климатическое исполнение электрооборудования и его категория размещения.
19. Исполнение электрооборудования по степени защиты от внешних воздействий.
20. Взрывозащищённое исполнение электрооборудования.
21. Основные и дополнительные меры взрывозащиты.
22. Виды помещений по ПУЭ.
23. Взрывоопасные и пожароопасные зоны.
24. Виды силовых трансформаторов и способы регулирования выходного напряжения у них.
25. Электрические аппараты в сетях до 1000 В.
26. Электрические аппараты в сетях выше 1000 В.
27. Понятие об низковольтных комплектных устройствах (НКУ).
28. Виды НКУ.
29. Виды электрических связей. Способы прокладки электрических связей.
30. Конструкция кабелей.
31. Виды электрических машин.
32. Двигатели постоянного тока и приводы на их базе.
33. Асинхронные двигатели и приводы на их базе.
34. Синхронные двигатели и приводы на их базе.
35. Способы пуска и регулирования скорости у асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.
36. Способы пуска и регулирования скорости у асинхронных двигателей с фазным ротором.
37. Способы регулирования скорости у двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
38. Виды электрического освещения.
39. Виды источников света, достоинства и недостатки.
40. Размещение светильников в помещении. Общие требования.
41. Расчёт электрических нагрузок.
42. Компенсация реактивной мощности.

43. Выбор трансформаторных подстанций и силовых трансформаторов.
44. Способы резервирования трансформаторов.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Электрификация горного производства [Текст]: учебник для вузов: В 2-х т. Т.1. / А. В. Ляхомский [и др.]; ред. Л. А. Пучков, Г. Г. Пивняк; Московский государственный горный университет. - М.: МГГУ, 2007.- 511 с.: ил.
2	Электрификация горного производства [Текст]: учебник для вузов: В 2-х т. Т.2. / А. В. Ляхомский [и др.]; ред. Л. А. Пучков, Г. Г. Пивняк; Московский государственный горный университет. - М.: МГГУ, 2007.- 595 с.: ил.
3	Ахлюстин В. К. Электрификация обогатительных фабрик [Текст]: учебник для вузов: – М.: Недра, 1973.- 424 с.

5.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
4	Электроснабжение и электрооборудование горного производства. Часть 1 [Текст]: учебное пособие / М. Е. Садовников; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: УГГУ, 2016. – 229 с.
5	Электроснабжение и электрооборудование горного производства. Часть 2 [Текст]: учебное пособие / М. Е. Садовников; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: УГГУ, 2016. – 191 с.
6	Электроснабжение промышленных предприятий [Текст]: учебник / Б. И. Кудрин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2007. - 672 с.: ил.
7	Садовников М. Е. Контакторы, пускатели, электротепловые реле и предохранители [Текст]: учебн. пособие по дисциплине «Электрификация горных работ» для студентов специальности 140604 - “Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов” (ЭГП) очного и заочного обучения / М. Е. Садовников.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010.- 64 с.

6. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) - https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts/catalognational
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам - Режим доступа: http://window.edu.ru

7. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional

2. Microsoft Office Professional 2013
3. FineReader 12 Professional

Информационные справочные системы

ИПС «КонсультантПлюс».

Базы данных

E-library: электронная научная библиотека: https://elibrary.ru

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Руководство
по выполнению практических работ
по дисциплине «Открытая геотехнология»
для студентов специальности
21.05.04 Горное дело

Екатеринбург

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ***Графическое изображение элементов горных работ*** 3

Контрольные вопросы 13

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. ***Определение объемы капитальной траншеи*** 14

Контрольные вопросы 16

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. ***Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши*** 17

Контрольные вопросы 22

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. ***Расчет заряда одиночной скважины*** 23

Контрольные вопросы 27

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ***Расчет производительности бурового станка*** 29

Контрольные вопросы 32

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6. ***Расчет производительности карьерных экскаваторов*** 33

Контрольные вопросы 36

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7. ***Определение производительности карьерных автосамосвалов*** 37

Контрольные вопросы 41

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ***Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера*** 42

Контрольные вопросы 46

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9. ***Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте*** 47

Контрольные вопросы 51

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ 51

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 *Исходные данные к лабораторной работе № 1 "Графическое изображение элементов горных работ"* 52

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 *Исходные данные к лабораторной работе № 2 «Определение объема капитальных траншей»* 58

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 *Исходные данные к лабораторной работе № 3 «Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши»* 59

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 *Исходные данные к лабораторной работе № 4 «Расчет заряда одиночной скважины»* 60

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 *Значение коэффициента $k_{рых}$ в зависимости от крепости пород* 61

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 *Значение коэффициента $k_г$* 61

ПРИЛОЖЕНИЕ 7 *Исходные данные к лабораторной работе № 5 «Расчет производительности бурового станка»* 62

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 *Зависимость оптимальной скорости вращения бурового става* 63

ПРИЛОЖЕНИЕ 9 *Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород* 63

ПРИЛОЖЕНИЕ 10 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 6 «Расчет производительности карьерных экскаваторов»* 64

ПРИЛОЖЕНИЕ 11 *Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнения ковша (по ЕНВ)* 64

ПРИЛОЖЕНИЕ 12 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 7 «Определение производитель-ности карьерных автосамосвалов»* 65

ПРИЛОЖЕНИЕ 13 *Техническая характеристика карьерных автосамосвалов* 66

ПРИЛОЖЕНИЕ 14 *Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов* 66

ПРИЛОЖЕНИЕ 15 *Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов* 67

ПРИЛОЖЕНИЕ 16 *Исходные данные к лабораторной работе № 8 «Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»* 68

ПРИЛОЖЕНИЕ 17 *Исходные данные к лабораторной работе № 9 «Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»* 69

ПРИЛОЖЕНИЕ 18 *Значение коэффициентов K_1^0, $k_{пр}$ и высоты яруса $h_я$* 70

ПРИЛОЖЕНИЕ 19 *Производительность бульдозеров (по данным института Гипрогруда)* 70

Практическая работа № 1

ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНЫХ РАБОТ

Цель работы – изучить и освоить графическое изображение элементов горных работ.

1.1. Задачи работы

1.1.1. Изучить масштабы, линии и условные изображения горных машин, применяемые для горных чертежей.

1.1.2. Изучить и освоить навыки графического изображения основных элементов горных работ.

1.2. Порядок выполнения работы

1.2.1. По рисункам 1.1- 1.4 ознакомиться с масштабами, линиями и условными изображениями горных машин, применяемыми для горных чертежей.

1.2.2. По учебнику [1, с. 10 - 11] и рис. 1.5 - 1.13 ознакомиться с типовыми графическими изображениями элементов горных работ.

1.1.3. В соответствии с номером варианта задания и соответствующими исходными данными в прил. 1 начертить элементы горных работ на формате А4 в масштабе, соответствующем заданным размерам.

Изображение заданных элементов горных работ вычертить в соответствии со знаниями и навыками, полученными при изучении дисциплин «Машиностроительное черчение» и «Начертательная геометрия».

Масштаб, типы линий и условные знаки
на чертежах горных работ

1. Масштаб изображений

1:5; 1:10; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; 1:1000; 1:2000;
1:5000; 1:10000; 1:25000; 1:50000; 1:100000

Рис. 1.1. Масштабы изображений

Линия	Начертание	Толщина линий в зависимости от масштаба чертежа (S)	Основное назначение
Основная		S=0,6 - 1,5 мм	Линии фактического и проектного контура всех горных выработок и сооружений на видах и разрезах (сечениях), верхняя бровка уступов в плане
Вспомогательная сплошная		от S/3 до S/2 0,2 - 0,8 мм	Линии размерные, выносные и штриховки, изолинии, линии границ горных пород на разрезах и сечениях, линии обрыва, нижняя бровка уступов в целике
Вспомогательная с изгибами		от S/3 до S/2 0,2 - 0,8 мм	Длинные линии обрыва на планах и разрезах
Вспомогательная штриховая			Линии невидимых контуров горных выработок, находящихся за плоскостью проекций
Штрихпунктирная			Осевые и центровые линии горных выработок, бровка отвалов, насыпей, навалов и уступов в разрыхленной горной массе
Разомкнутая		от S до 1,5S	Линии сечений

Рис. 1.2. Типы линий

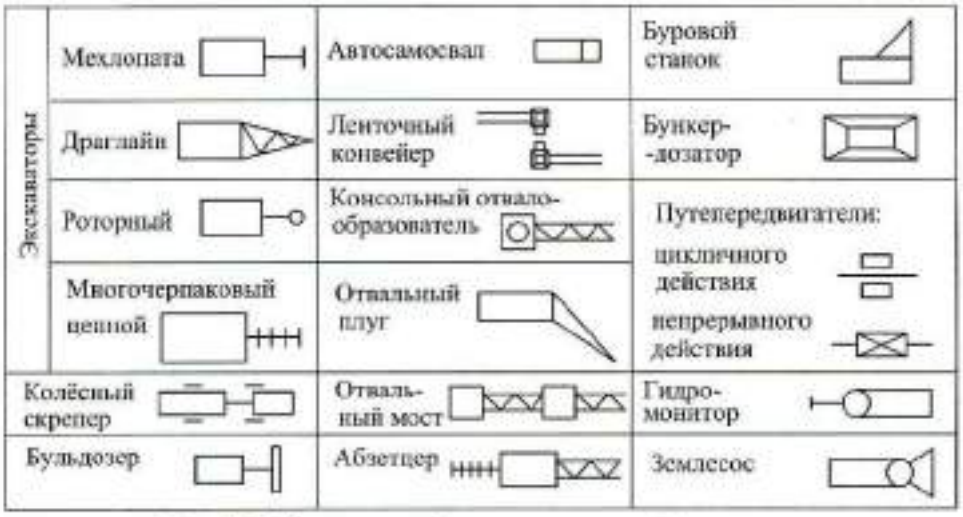
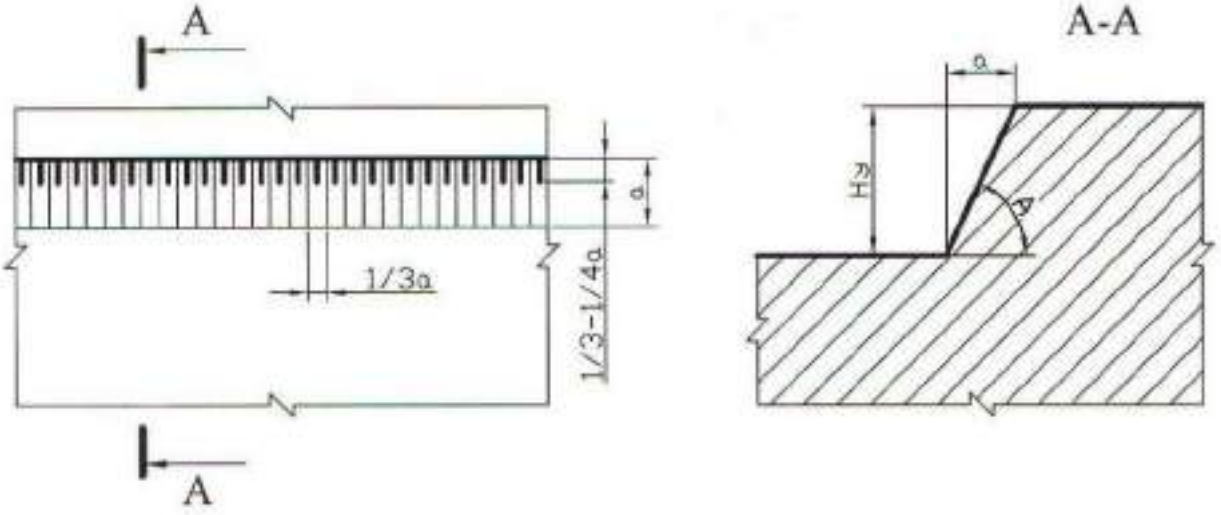


Рис. 1.3. Условные изображения горного оборудования

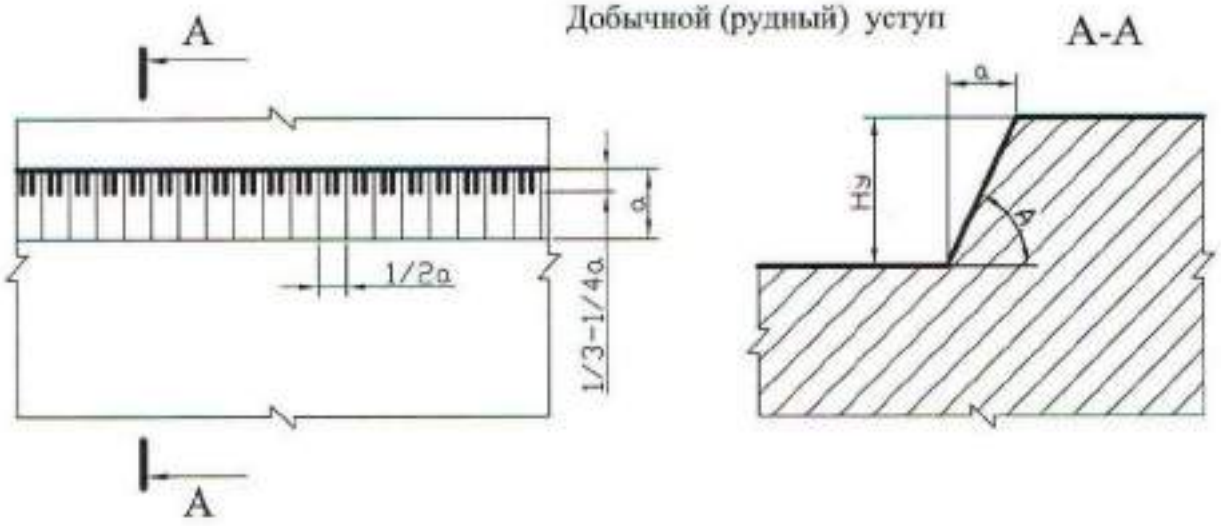
Наименование элемента	Обозначение элемента
Горизонтальное проложение породного уступа в целике	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного в целике	
Горизонтальное проложение породного уступа, пройденного по разрыхленной горной массе	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного по разрыхленной горной массе	
Бергштрихи проводят перпендикулярно линии горизонта	

Рис. 1.4. Условные обозначения откосов открытых горных выработок

Вскрышной уступ



Добычной (рудный) уступ



Смешанный (сложный) уступ

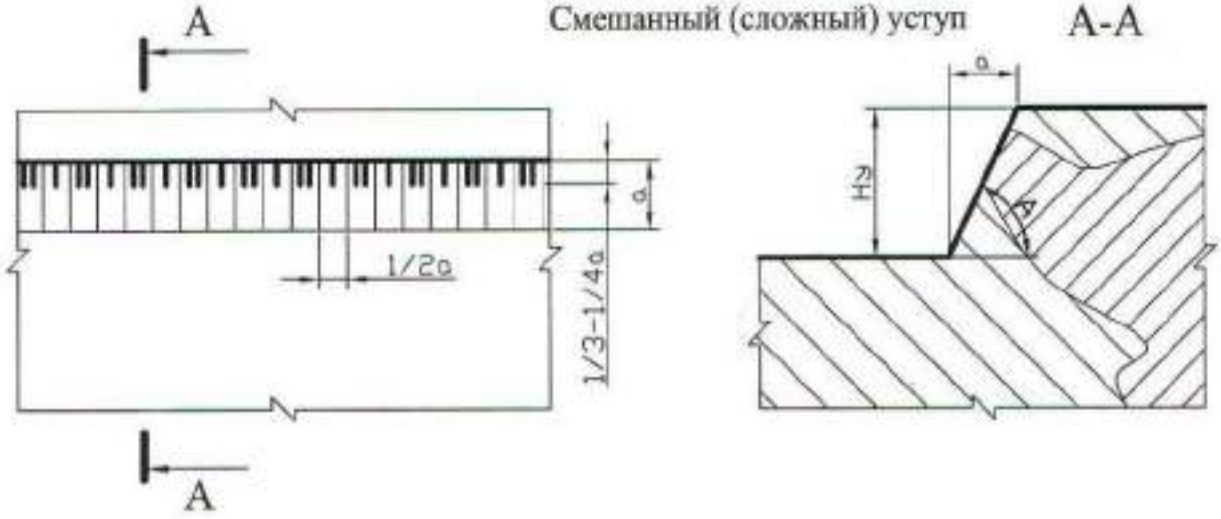


Рис. 1.5. Изображение уступов в целике

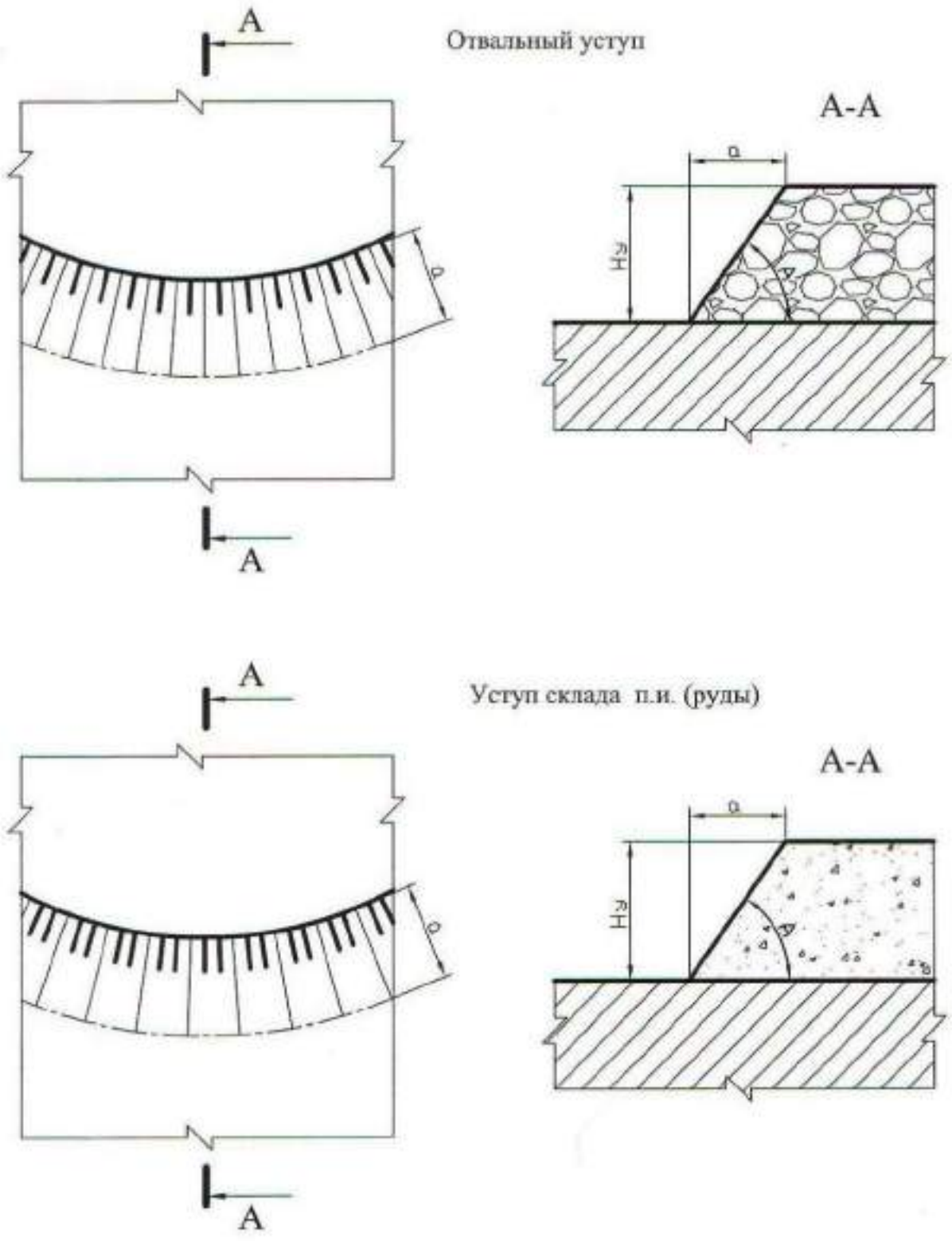
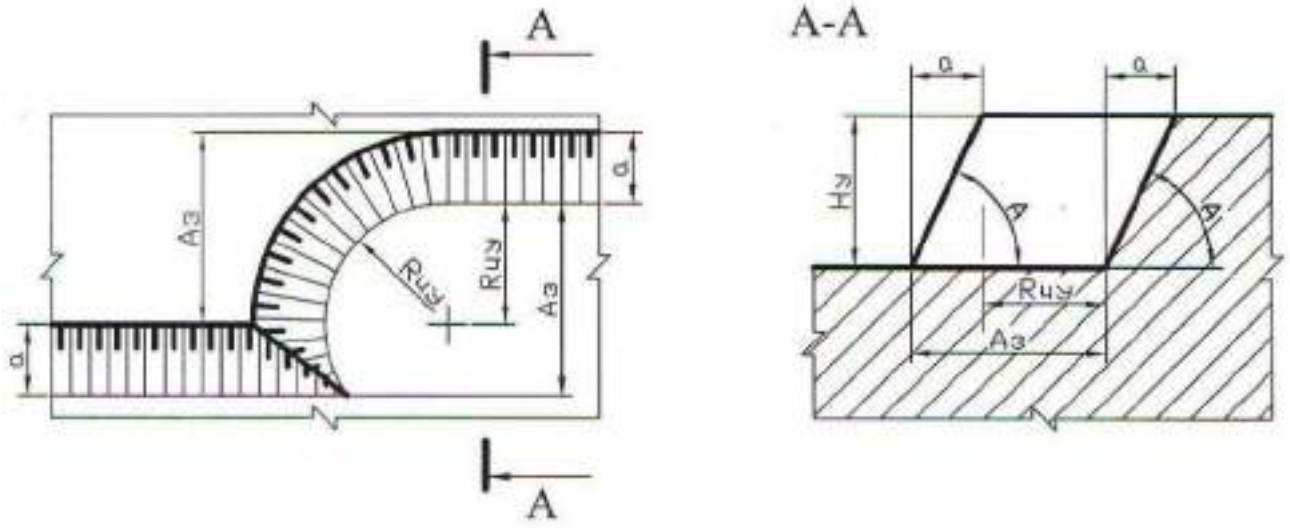
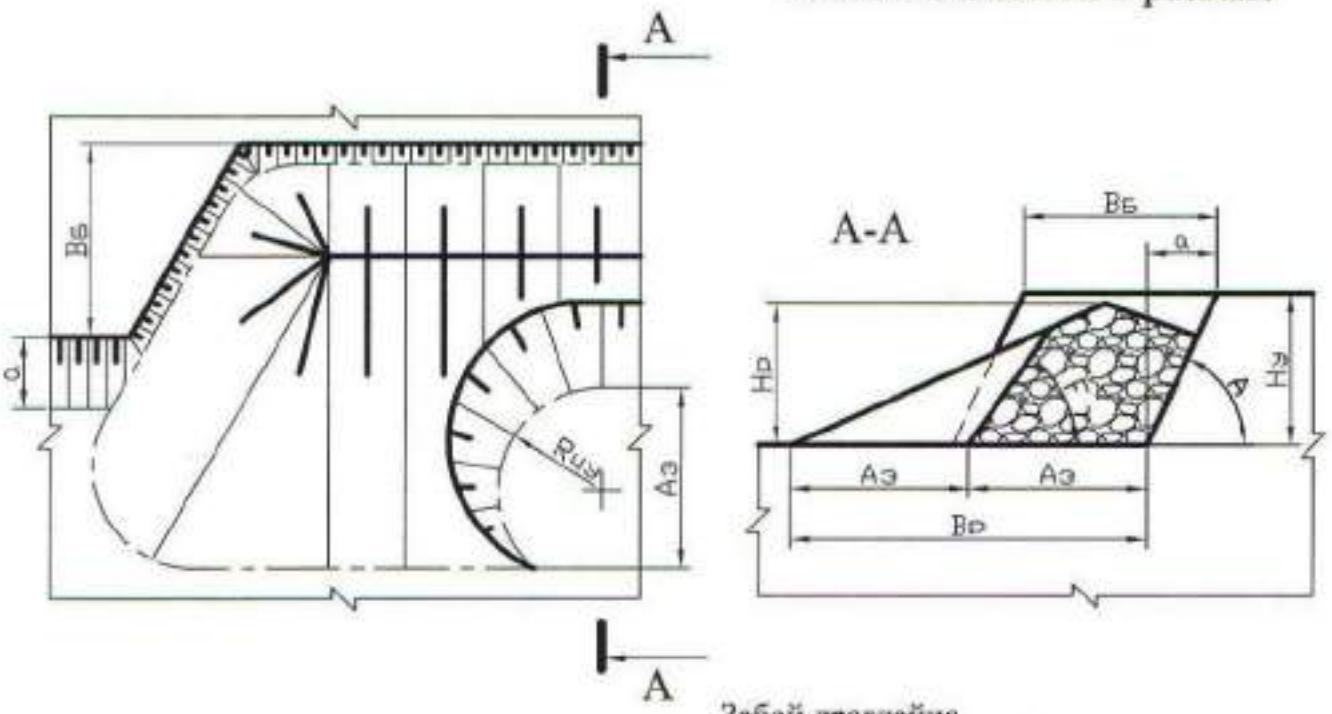


Рис. 1.6. Изображение уступов в искусственно разрыхленных горных породах

Забой мехлопаты в массиве



Забой мехлопаты в развале



Забой драглайна

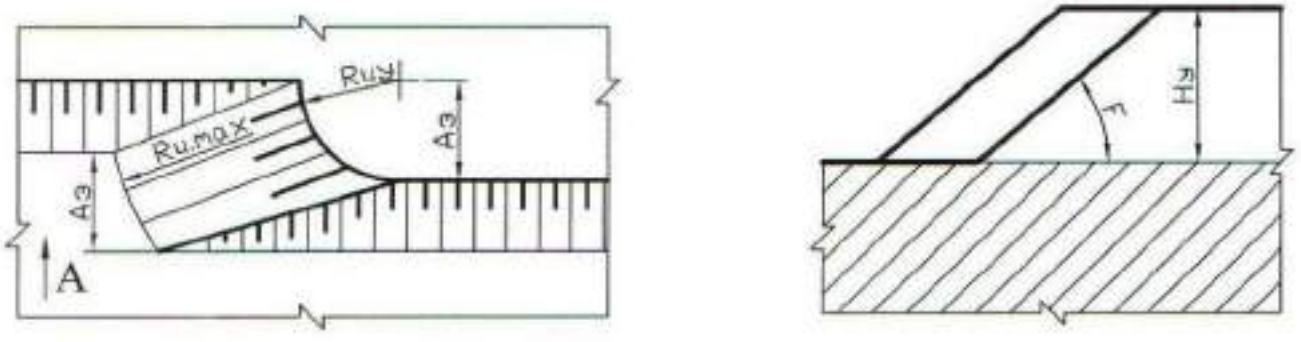


Рис. 1.7. Изображение забоев одноковшовых экскаваторов

Забой роторного экскаватора

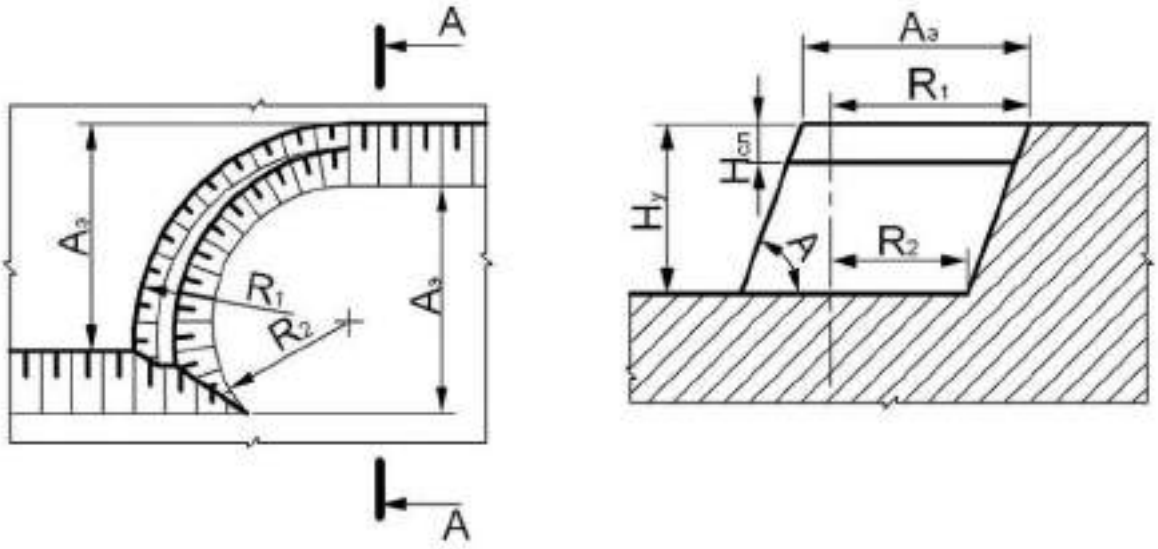


Рис. 1.8. Изображение забоя роторного экскаватора

Забой бульдозера

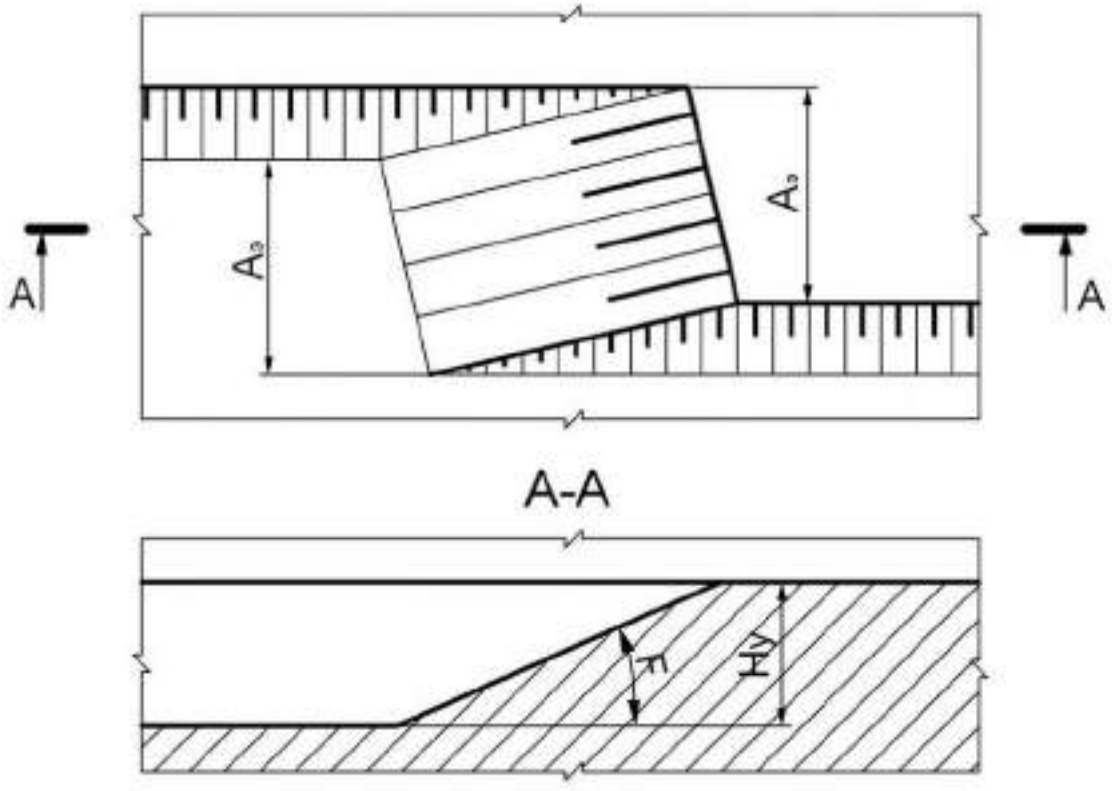


Рис. 1.9. Изображение бульдозерного забоя

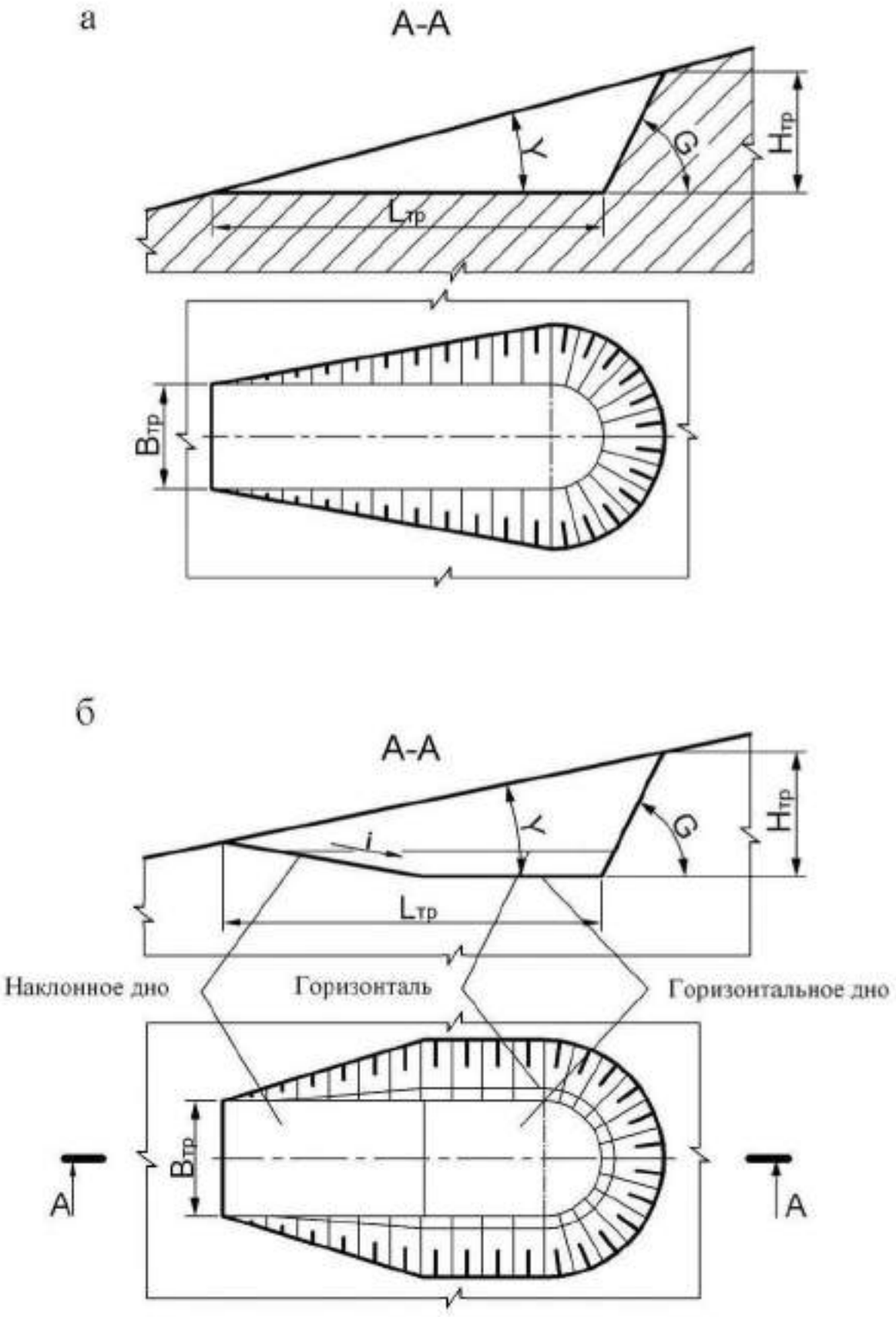


Рис. 1.10. Траншея на косогоре:
а – траншея с горизонтальным дном;
б – траншея с наклонным и горизонтальным дном

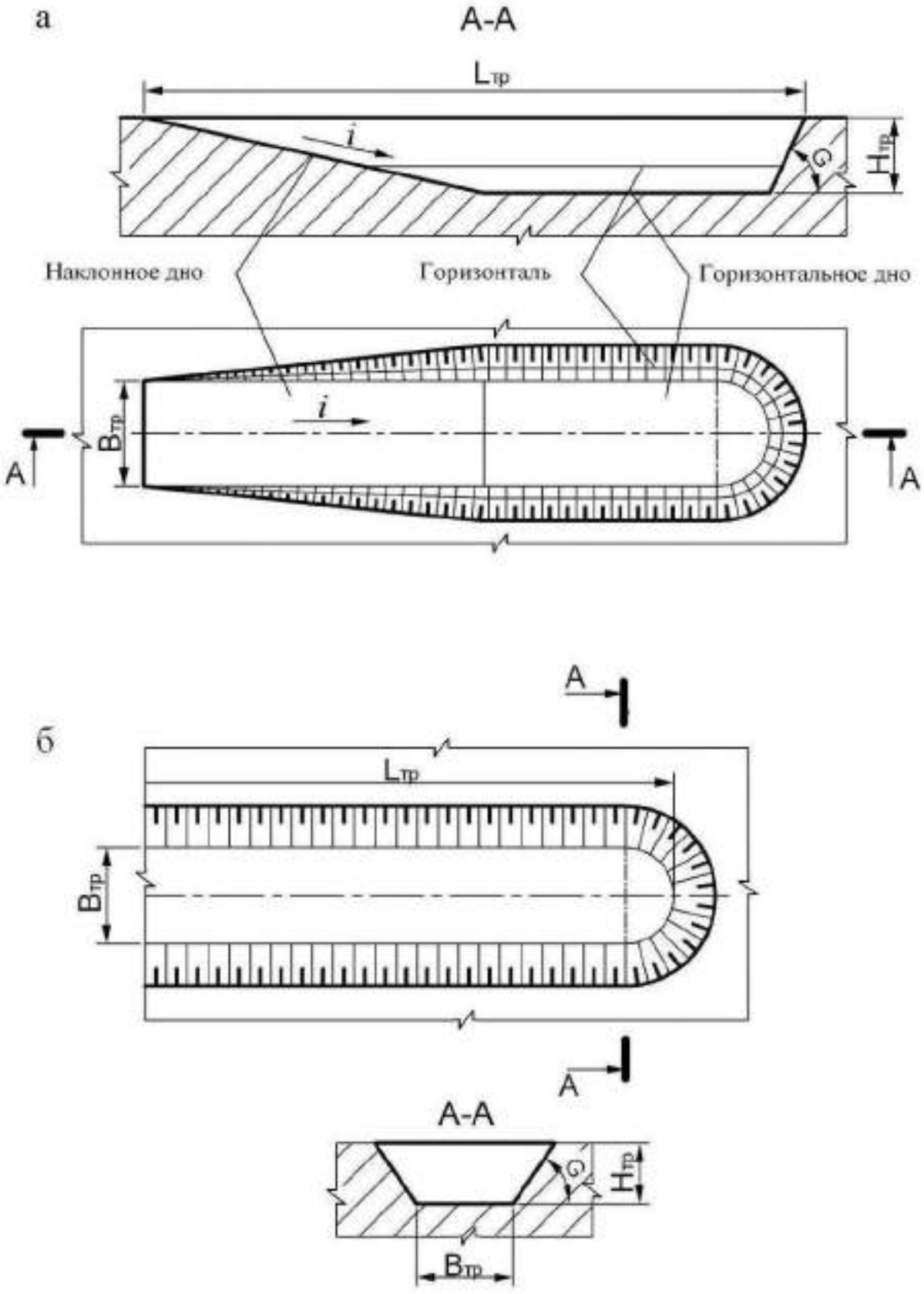
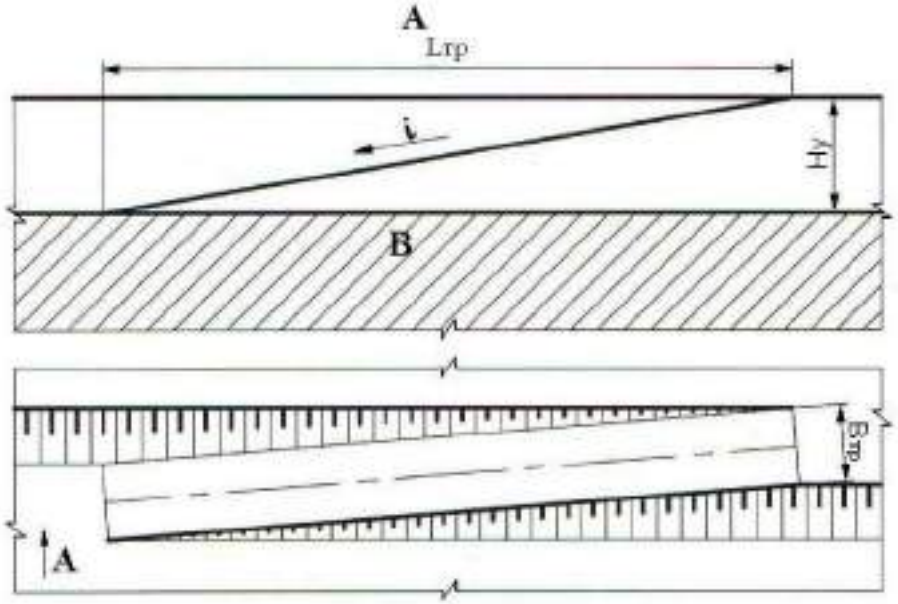
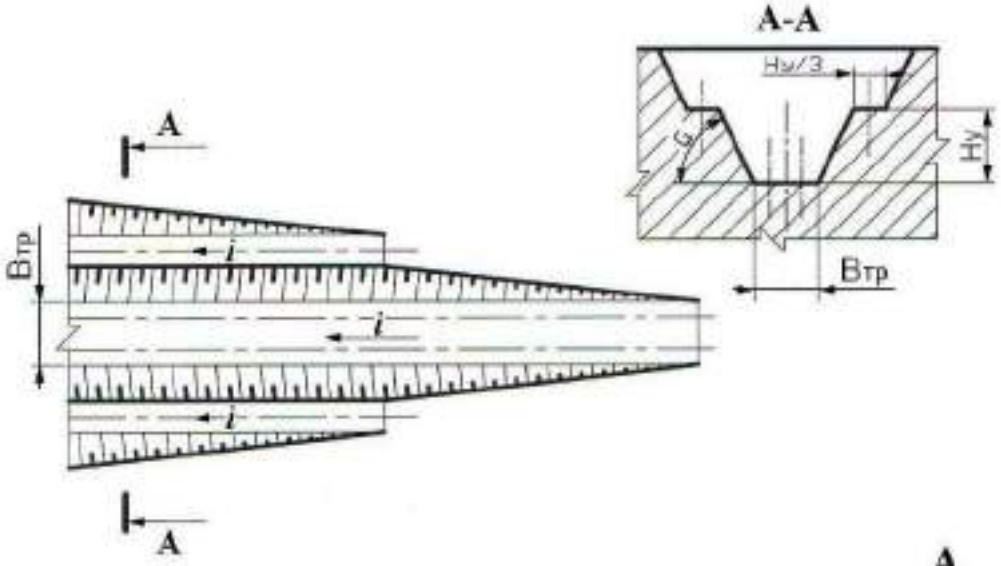


Рис. 1.11. Горизонтальные траншеи в равнинной местности:
а – траншея с горизонтальным и наклонным дном;
б – траншея с горизонтальным дном

а



б



в

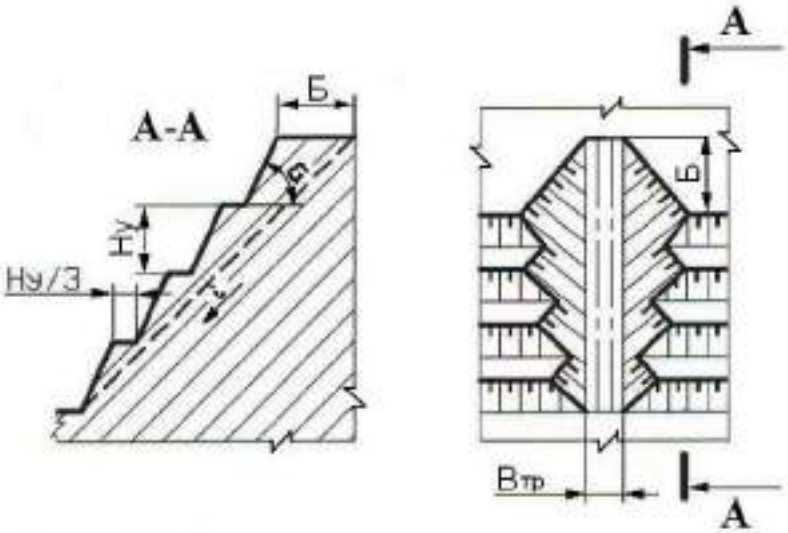


Рис. 1.12. Наклонные траншеи
а – внутренняя полутраншея (съезд); *б* – траншея групповая;
в – траншея крутонаклонная

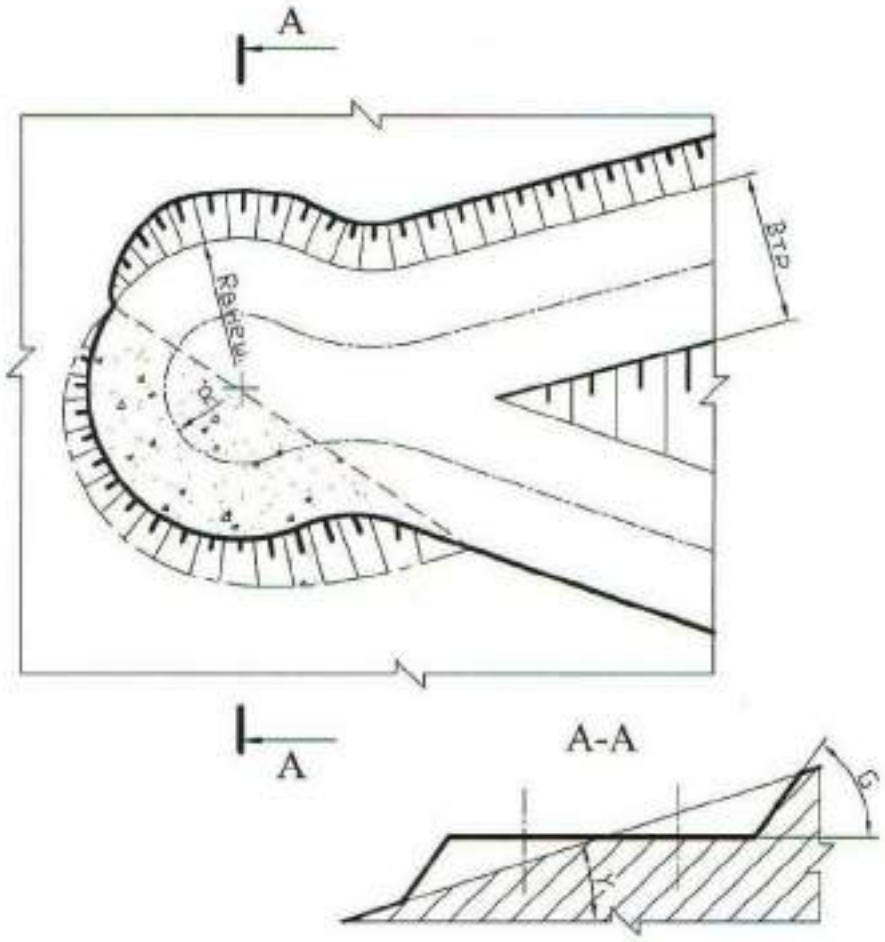


Рис. 1.13. Серпантина на косогоре

Контрольные вопросы к практической работе № 1

1. 1: 5; 2:3; 1:3; 1:20; 1:30; 1:500; 1:70000; 1:25; 1:25000 – какой из этих масштабов не применяется?
2. Во сколько раз основная линия толще вспомогательной?
3. Когда применяется штрихпунктирная линия?
4. Когда применяется основная линия?
5. Когда применяется сплошная вспомогательная линия?
6. Как должны располагаться берг-штрихи при изображении горизонтальных проложений откосов?
7. От каких параметров уступа зависит ширина горизонтального проложения?

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА КАПИТАЛЬНОЙ ТРАНШЕИ

Цель работы – изучить методику определения объема капитальной траншеи.

2.1. Задачи работы

2.1.1. Ознакомиться с методикой определения объема капитальных траншей.

2.1.2. Выполнить расчет объема капитальной траншеи по исходным данным.

2.1.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от определяющих факторов.

21.4. Выполнить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. По учебнику [1, с. 192 - 198] ознакомиться с конструкцией капитальных траншей и методикой определения их объема.

2.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 2. По данным заданного варианта выполнить расчет объема капитальной траншеи.

Объем простой капитальной траншеи можно представить как сумму объема полупризмы V_1 и объемов двух пирамид [1, рис. 10.3, с. 196].

$$V_т = V_1 + 2V_2, \qquad (2.1)$$

где $V_т$ – объем капитальной траншеи, м^3;

V_1 – объем полупризмы, м^3;

V_2 – объем пирамиды, м^3.

Объем породы в торце траншеи, заключенный в призме V_3 и двух пирамидах V_3 и V_4, незначителен и обычно в расчетах не учитывается.

Объем полупризмы V_1 (м^3) определяется

$$V_1 = \frac{b_т h_т^2}{2i}, \tag{2.2}$$

где $b_т$ – ширина основания траншеи, м;

$h_т$ – глубина траншеи, м;

i – уклон траншеи, ед.

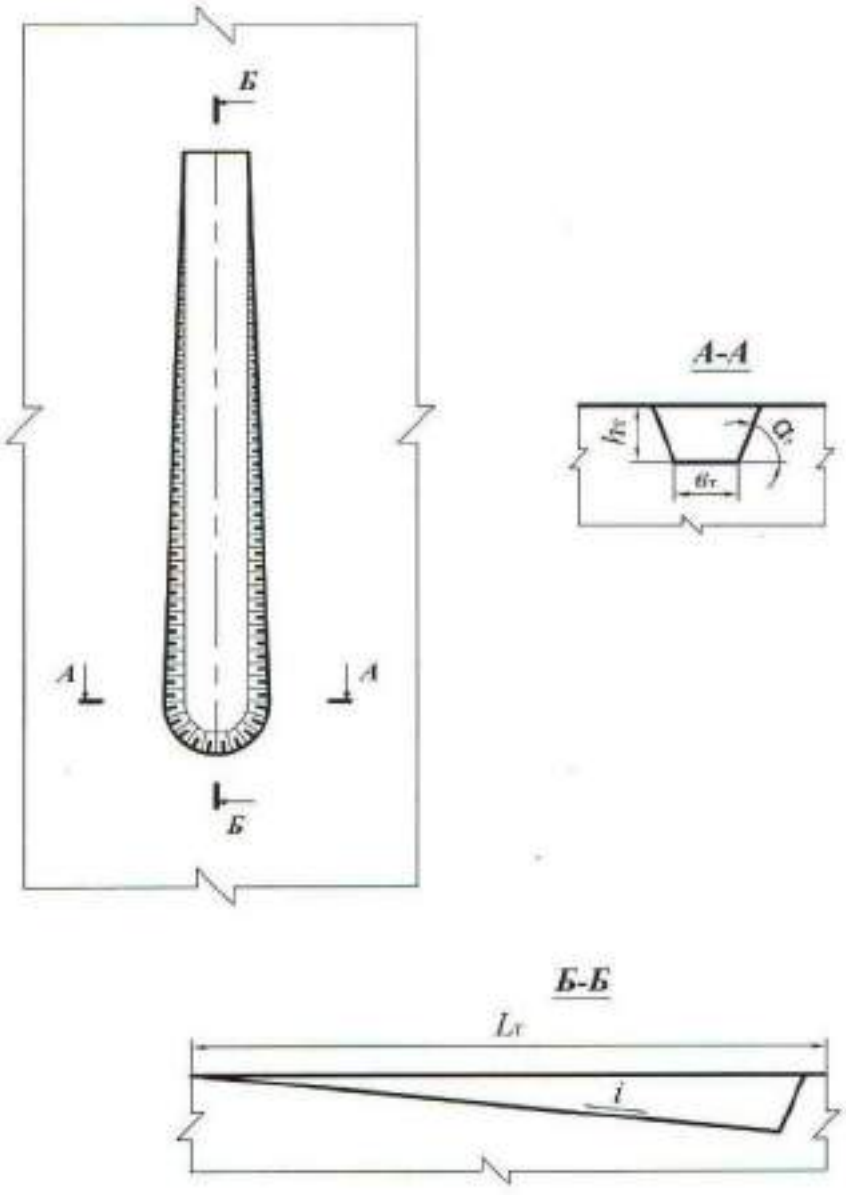


Рис. 2.1. Схема к расчету объема капитальной траншеи

Объем пирамиды V_2, (м^3) определяется

$$V_2 = \frac{h_т^3}{6i\,\mathrm{tg}\,\alpha_т}, \qquad (2.3)$$

где $\alpha_т$ – угол откоса борта траншеи, град.

После преобразования формулы (2.1) с учетом (2.2) и (2.3) объем траншеи

$$V_т = \frac{h_т^2}{i}\left(\frac{b_т}{2} + \frac{h_т}{3\,\mathrm{tg}\,\alpha_т}\right). \qquad (2.4)$$

2.2.3. Исследовать зависимость объема капитальной траншеи от одного из определяющих факторов ($h_т$, $b_т$, i, $\alpha_т$) согласно заданию (прил. 2). Начертить график зависимости.

2.2.4. Вычертить графическое изображение плана и элементов капитальной траншеи в выбранном масштабе (аналогично рис. 2.1 и рис. 10.3 [1, с. 196].

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертежи на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 2

1. Дайте определение траншеи.
2. Перечислите виды траншей по назначению.
3. Перечислите виды вскрывающих траншей.
4. Перечислите элементы траншеи.
5. Перечислите параметры разрезной траншеи.
6. Перечислите параметры вскрывающей траншеи
7. От каких факторов зависит ширина дна разрезной и вскрывающей траншеи? В каких пределах она изменяется?
8. Что такое уклон траншеи? От каких факторов он зависит и в каких пределах изменяется?
9. Перечислите способы проходки траншеи.
10. Какие сооружения располагаются во вскрывающей траншее?

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА, РАЗМЕРОВ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И СРОКА СЛУЖБЫ КАРЬЕРА, ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО И КОЭФФИЦИЕНТА ВСКРЫШИ

Цель работы – овладеть навыками простейших расчетов объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши, производительности и срока службы карьера.

3.1. Задачи работы

3.1.1. Ознакомиться с методикой расчета объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

3.1.2. Выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши по исходным данным.

3.1.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины.

3.1.4. Выполнить простейшее графическое изображение плана и элементов объема карьера.

2.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. По учебнику [1, с. 28 - 29; с. 316 - 317] ознакомиться с методикой расчета объема карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

3.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 3. По данным заданного варианта выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

При равнинном рельефе поверхности и наклонном или крутом падении залежи объем карьера может быть определен как сумма отдельных геометрических фигур (рис. 3.1)

$$V_к = V_1 + V_2 + V_3, \qquad (3.1)$$

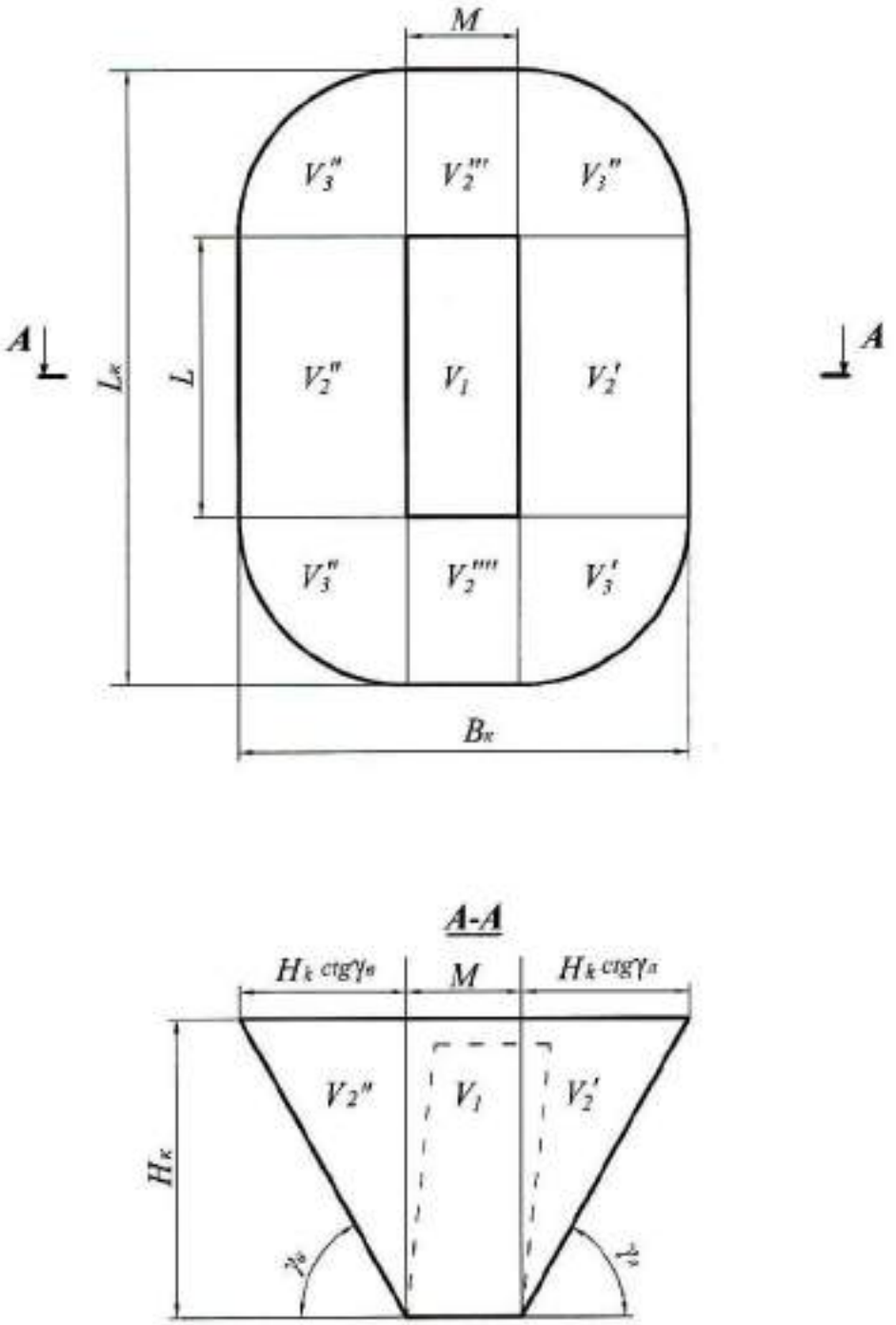


Рис. 3.1. Схема к расчету объема карьера

где $V_к$ – объем карьера, м^3;

V_1 – объем призмы с основанием $S = LM$, м^3;

S – площадь дна карьера, м^2;

L – длина залежи по простиранию, м;

M – горизонтальная мощность залежи, м.

$$V_1 = LMH_к, \tag{3.2}$$

где $H_к$ – глубина карьера, м;

V_2 – суммарный объем призм треугольного сечения, прилегающих с четырех сторон к объему V_1 (V_2' и V_2'' – вдоль длинных сторон карьера; V_2''' и V_2'''' – вдоль коротких сторон у торцов карьера), м^3;

$$V_2 = \frac{1}{2} PH^2{}_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}, \tag{3.3}$$

где P – периметр залежи (дна карьера), $P = 2(L - M)$ м;

V_3 – суммарный объем отдельных частей расчлененного конуса, располагающихся в угловых участках карьера (V_3', V_3'', V_3''' и V_3''''), м^3,

$$V_3 = \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \tag{3.4}$$

где $\gamma_{ср}$ – усредненный угол откоса нерабочих бортов карьера, град.

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_в + \gamma_л}{2},$$

где $\gamma_в$ – угол откоса висячего нерабочего борта карьера, град;

$\gamma_л$ – угол откоса лежачего нерабочего борта карьера, град. (см. рис. 3.1).

Суммарный объем карьера, таким образом, определяется по формуле:

$$V_к = SH_к + \frac{1}{2} PH_к^2 \operatorname{ctg} \gamma_{ср} + \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}. \tag{3.5}$$

Длина карьера по верху ($L_к$, м)

$$L_к = L + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.6}$$

Ширина карьера по верху ($B_к$, м)

$$B_к = M + 2H_к \operatorname{ctg} \gamma_{ср}. \tag{3.7}$$

Объем полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{\text{п.и}}$, м^3)

$$V_{\text{п.и}} = S(H_{\text{к}} - h_{\text{н}}), \tag{3.8}$$

где $h_{\text{н}}$ – мощность наносов, м.

Промышленные (т. е. извлекаемые из недр) запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($Q_{\text{п.и}}$, т)

$$Q_{\text{п.и}} = V_{\text{п.и}}\rho_{\text{п.и}}\eta_{\text{и}}, \tag{3.9}$$

где $\rho_{\text{п.и}}$ – объемная масса полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_{\text{и}}$ – коэффициент извлечения, учитывающий потери полезного ископаемого при разработке.

Объем породы в контурах карьера ($V_{\text{п}}$, м^3)

$$V_{\text{п}} = V_{\text{к}} - V_{\text{п.и}}. \tag{3.10}$$

Величина среднего коэффициента вскрыши (объем вынимаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого) $k_{\text{ср}}$, м^3/т

$$k_{\text{ср}} = V_{\text{п}}/\ Q_{\text{п.и}}. \tag{3.11}$$

Производительность карьера по вскрыше ($П_{\text{в}}$, м^3/год) приблизительно устанавливается по среднему коэффициенту вскрыши

$$П_{\text{в}} = П_{\text{п.и}}\, k_{\text{ср}}\, k_{\text{н}}, \tag{3.12}$$

где $П_{\text{п.и}}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, т/год (прил. 3);

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($k_{\text{н}}$ = 1,1÷1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{\text{г.м}}$, м^3/год)

$$П_{\text{г.м}} = П_{\text{п.и}}\frac{1}{\rho_{\text{п.и}}} + П_{\text{в}}. \tag{3.13}$$

Суточная производительность карьера по полезному ископаемому ($П^{\text{с}}_{\text{п.и}}$, т/сут)

$$П^{с}_{п.и} = \frac{П_{п.и}}{T_{г}}, \qquad (3.14)$$

где $T_{г}$ – число рабочих дней карьера в год ($T_{г}$ = 350 дней).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^{с}_{в}$, м^3/сут)

$$П^{с}_{в} = \frac{П_{в}}{T_{г}}. \qquad (3.15)$$

Сменная производительность карьера по добыче и вскрыше ($П^{см}_{п.и}$, т/смену; $П^{см}_{в}$, м^3/смену)

$$П^{см}_{пи} = \frac{П^{с}_{пи}}{n_{см}}, \qquad П^{см}_{в} = \frac{П^{с}_{в}}{n_{см}} \qquad (3.16)$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (обычно 2-3 смены).

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет)

$$T_{сл} = T_{ос} + T_{э} + T_{з}, \qquad (3.17)$$

где $T_{ос}$ + $T_{з}$ – время на освоение и затухание мощности карьера по добыче (принимается 1,5 года);

$T_{э}$ – расчетный срок эксплуатации карьера, лет.

$$T_{э} = \frac{Q_{п.и}}{П_{п.и}}. \qquad (3.18)$$

3.2.3. Исследовать зависимость объема карьера от его глубины: построить график этой функции.

3.2.4. На миллиметровой бумаге вычертить карьер в выбранном масштабе в соответствии с заданными и полученными расчетными размерами (аналогично рис. 3.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж карьера на миллиметровой бумаге и график зависимости $V_{к} = f(H_{к})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 3

1. Перечислите размеры карьера. От чего они зависят?
2. Как различают производительность карьера (производительность по полезному ископаемому…)? В каких единицах она измеряется?
3. Что нужно знать для расчета годовой производительности карьера по горной массе?
4. Дайте классификацию запасов полезных ископаемых.
5. Дайте классификацию потерь полезного ископаемого.
6. Дайте определение коэффициента вскрыши. Как различаются коэффициенты вскрыши и в каких единицах они измеряются?

Практическая работа № 4

РАСЧЕТ ЗАРЯДА ОДИНОЧНОЙ СКВАЖИНЫ

Цель работы – изучить параметры и освоить принципы расчета скважинных зарядов.

4.1. Задачи работы

4.1.1. Изучить конструкции скважинных зарядов, параметры скважин, и их расположения на уступе.

4.1.2. Выполнить расчеты величины заряда одиночной скважины.

4.2. Порядок выполнения работы

4.2.1. По учебнику [1, с. 72 - 74] ознакомиться с параметрами скважин, и их расположения на уступе, конструкцией зарядов.

4.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 4. По данным заданного варианта выполнить расчет заряда одиночной скважины и параметров расположения скважин на уступе при однорядном расположении скважин.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

4.2.2.1. По заданному диаметру шарошечного долота (прил. 4) определяется диаметр взрывных скважин ($d_с$, мм)

$$d_{\text{с}} = d_{\text{д}} k_{\text{разб}}, \tag{4.1}$$

где $d_{\text{д}}$ – диаметр долота, мм;

$k_{\text{разб}}$ – коэффициент разбуривания, принимаемый в зависимости от крепости пород (прил. 5).

4.2.2.2. Определяется длина перебура ($l_{\text{пер}}$, м)

$$l_{\text{пер}} = 11 d_{\text{с}}, \tag{4.2}$$

где $d_{\text{с}}$ – диаметр скважины, м.

4.2.2.3. Определяется длина скважины ($l_{\text{с}}$, м)

$$l_{\text{с}} = H_{\text{у}} + l_{\text{пер}}, \tag{4.3}$$

где $H_{\text{у}}$ – высота уступа, м.

4.2.2.4. Принимается (задается) тип взрывчатого вещества (ВВ) (прил. 4) и конструкция скважины (заряда) – сплошной вертикальный заряд (рис. 4.1).

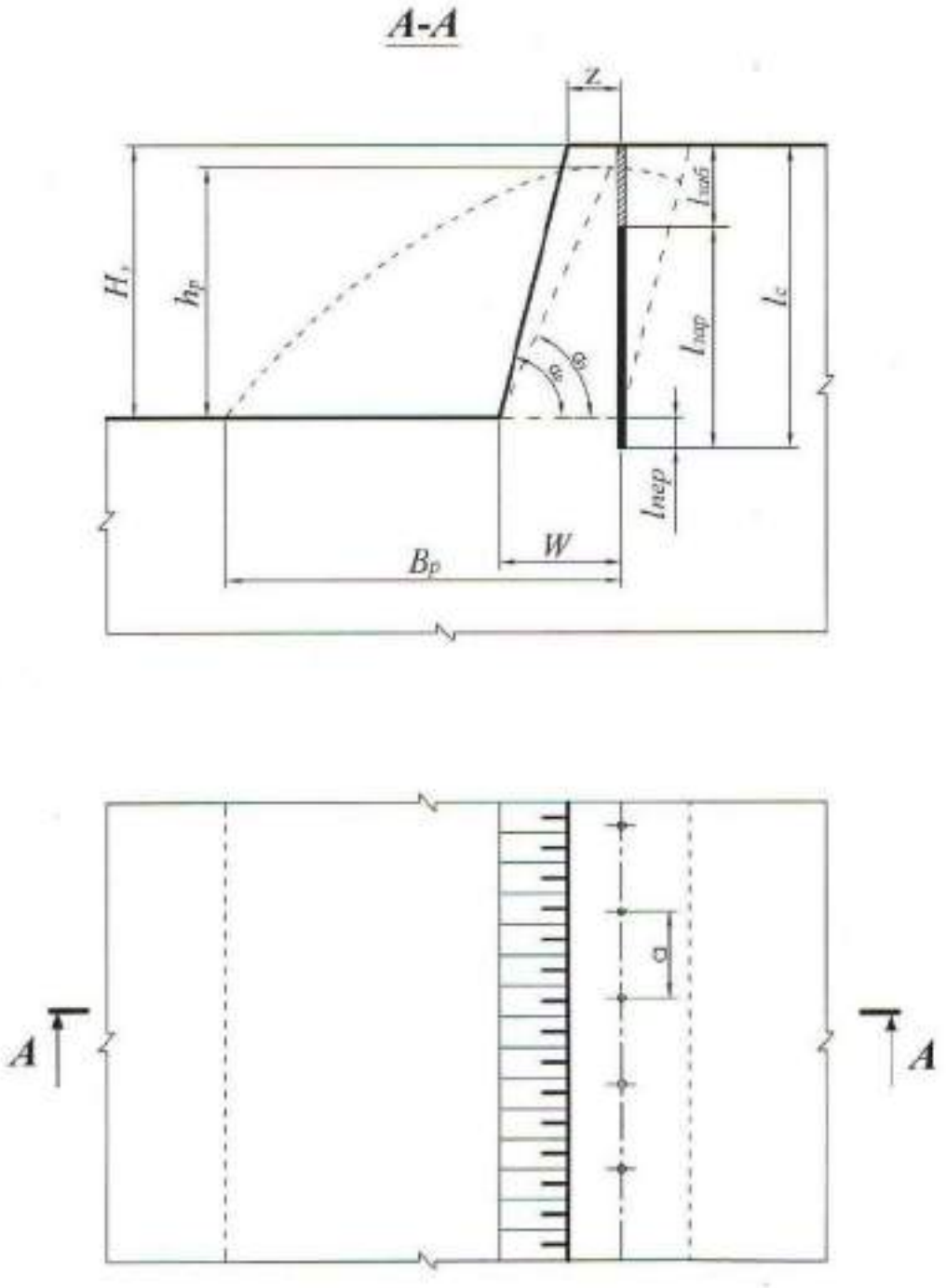


Рис. 4.1. Расположение скважин на уступе

4.2.2.5. Определяется длина забойки ($l_{заб}$, м)

$$l_{заб} = 0{,}27 l_с, \tag{4.4}$$

где $l_с$ – длина скважины, м.

4.2.2.6. Определяется длина заряда взрывчатого вещества (ВВ) в скважине ($l_{зар}$, м)

$$l_{зар} = l_{с} - l_{заб}. \quad (4.5)$$

4.2.2.7. Определяется удельная вместимость скважины (p, кг/м)

$$p = 7{,}85 d_{с}^{2} \Delta, \quad (4.6)$$

где $d_{с}$ – диаметр скважины, дм;

Δ – плотность заряда в скважине, кг/дм^3 (см. прил. 4).

4.2.2.8. Исходя из заданных удельного расхода эталонного ВВ (q', кг/м^3) и коэффициента, учитывающего тип ВВ ($k_{ВВ}$) (см. прил. 4), вычисляется удельный расход принятого ВВ ($q_{п}$, кг/м^3)

$$q_{п} = q' k_{ВВ}. \quad (4.7)$$

4.2.2.9. Определяется величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве (W, м)

$$W = 0{,}9 \sqrt{\frac{p}{q_{п}}}. \quad (4.8)$$

4.2.2.10. Выполняется проверка величины линии сопротивления по подошве по условию:

$$W \geq W_{min}, \quad (4.9)$$

$$W_{min} = H_{у} \operatorname{ctg} \alpha_{р} + Z, \quad (4.10)$$

где $\alpha_{р}$ – угол откоса рабочего уступа, град (прил. 4);

Z – расстояние от верхней бровки уступа до скважины первого ряда, м.

$$Z = H_{у} \left(\operatorname{ctg} \alpha_{у} - \operatorname{ctg} \alpha_{р} \right) \geq 2,$$

где $\alpha_{у}$ – угол устойчивого откоса уступа, град ($\alpha_{у}$ на 5-10° меньше $\alpha_{р}$);

$H_{у} \left(\operatorname{ctg} \alpha_{у} - \operatorname{ctg} \alpha_{р} \right)$ – ширина призмы возможного обрушения уступа, м.

Если $W < W_{min}$, то, по согласованию с руководителем, увеличивается диаметр скважины до ближайшего стандартного и соответственно по формуле (4.6) увеличивается величина p, по формуле (4.8) увеличивается W и снова проверка по формуле (4.9).

4.2.2.11. Выполняется проверка $l_{пер}$ по условию

$$l_{\text{пер}} \le 0{,}3W. \qquad (4.11)$$

Если $l_{\text{пер}} > 0{,}3W$, то принимается $l_{\text{пер}} = 0{,}3W$ и производится перерасчет величин $l_{\text{с}}$, $l_{\text{заб}}$ и $l_{\text{зар}}$.

4.2.2.12. Определяется масса заряда в скважине ($Q_{\text{З}}$, кг)

$$Q_{\text{З}} = pl_{\text{зар}}. \qquad (4.12)$$

4.2.2.13. Определяется расстояние между скважинами в ряду (a, м)

$$a = \frac{Q_{\text{З}}}{q_{\text{п}} H_{\text{у}} W}. \qquad (4.13)$$

4.2.2.14. Выполняется проверка величины a по допустимому коэффициенту сближения скважин m

$$m = a/W. \qquad (4.14)$$

На практике коэффициент сближения скважин составляет: m = 0,8 ÷1,4.

При расчетном значении m, отличающемся от рекомендуемого, необходимая величина его достигается путем изменения величины заряда в скважине $Q_{\text{З}}$ и соответствующего изменения расстояния между скважинами в ряду. При этом необходимо пересчитать длину заряда $l_{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{З}}}{p}$ и длину забойки $l_{\text{заб}} = l_{\text{с}} - l_{\text{зар}}$.

4.2.2.15. Определяется ширина развала ($B_{\text{р}}$, м)

$$B_{\text{р}} \approx k_{\text{З}} k_{\text{в}} \sqrt{q_{\text{п}}} H_{\text{у}}, \qquad (4.15)$$

где $k_{\text{в}}$ – коэффициент, характеризующий взрываемость породы (для средневзрываемых пород $k_{\text{в}}$ = 2,5 ÷ 3,0);

$k_{\text{З}}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от принятого интервала замедления между отдельными скважинами (прил. 6);

Интервал замедления (τ, мс)

$$\tau = kW. \qquad (4.16)$$

где k – коэффициент, зависящий от взрываемости пород (для средневзрываемых пород $k = 3{,}0 \div 4{,}0$).

4.2.2.16. Определяется высота развала ($h_р$, м)

$$h_р \approx \frac{2H_у W k_р}{B_р}, \qquad (4.17)$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления пород после взрыва (в развале).

При взрывании пород на дробление с однорядным расположением скважин развал имеет форму, близкую к треугольной. При этом $k_р = 1{,}4 \div 1{,}6$.

4.2.2.17. Определяется выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины ($q_{г.м}$, м^3/м)

$$q_{г.м} = \frac{H_у a W}{l_с}. \qquad (4.18)$$

4.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить буровую заходку (план и разрез), взрывные скважины и развал породы (на разрезе) с указанием всех необходимых размеров (см. рис. 4.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, а также чертеж буровой заходки в выбранном масштабе.

Контрольные вопросы к практической работе № 4

1. Дайте определение скважинного заряда.
2. Перечислите параметры скважинного заряда.
3. Исходя из каких условий принимается (задается) тип ВВ?
4. Что такое линия сопротивления по подошве (W)? В чем ее геометрический и физический смысл?
5. Каким условием определяется минимально допустимая линия сопротивления по подошве (W_{min})?
6. Каким параметром определяется положение первого ряда скважин?
7. Какими параметрами характеризуется сетка скважин?
8. Что такое «удельная вместимость скважины»? В каких единицах она измеряется? Выведите формулу для определения удельной вместимости скважины.

9. По какой формуле определяется выход горной массы с одного погонного метра скважины?
10. Какими факторами определяется ширина развала взорванной горной массы?
11. Каким показателем определяется отношение площади поперечного сечения развала взорванной горной массы к площади поперечного сечения буровой (взрывной) заходки? В каких пределах он изменяется?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВОГО СТАНКА

Цель работы – изучить методику определения производительности буровых станков типа СБШ.

5.1. Задачи работы

5.1.1. Ознакомиться с технологией бурения взрывных скважин станками шарошечного бурения.

5.1.2. Выполнить расчет технической скорости бурения и производительности бурового станка.

5.1.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения от показателя буримости горных пород.

5.2. Порядок выполнения работы

5.2.1. По учебнику [1, с. 49 - 50] ознакомиться с технологией, условиями и областью применения шарошечного бурения взрывных скважин на карьерах.

5.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 7. По данным заданного варианта выполнить расчет технической скорости бурения и сменной производительности бурового станка типа СБШ.

Техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч) скважин станками СБШ определяется по формуле

$$v_б = \frac{P_o n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (5.1)$$

где P_o – осевое усилие, кН;

$n_в$ – частота вращения бурового става, мин$^{-1}$;

$П_б$ – показатель буримости пород;

$d_д$ – диаметр долота (коронки), см.

Сменная производительность бурового станка ($A_{б}^{см}$, м/смену) рассчитывается по формуле

$$A_{б}^{см} = \frac{T_{см} - (T_{п.з} + T_{р})}{v_{б}^{-1} + T_{в}}, \quad (5.2)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$T_{п.з}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции в течение смены, ч/смену;

$T_{р}$ – затраты времени на ремонты в течение смены, ч/смену;

$T_{в}$ – затраты времени на вспомогательные операции при бурении в расчёте на 1 м скважины ч/м;

$v_{б}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

5.2.2.1. По заданным величинам $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, ρ определяется показатель буримости горных пород ($П_{б}$)

$$П_{б} = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\rho, \quad (5.3)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, МПа;

$\sigma_{сд}$ – предел прочности породы на сдвиг, МПа;

ρ – плотность горных пород, т/м^3.

По показателю буримости ($П_{б}$) определяется класс горных пород:

I класс – легкобуримые породы ($П_{б}$ = 1÷5);

II класс – породы средней трудности бурения ($П_{б}$ = 5,1÷10);

III класс – труднобуримые породы ($П_{б}$ = 10,1÷15,0);

IV класс – весьма труднобуримые породы ($П_{б}$ = 15,1÷20,0);

V класс – исключительно труднобуримые породы ($П_{б}$ = 20,1÷25,0).

5.2.2.2. В зависимости от показателей буримости пород ($П_б$) и заданного диаметра долота ($d_д$) по графику (прил. 8) определяется частота вращения бурового става ($n_в$).

5.2.2.3. Рассчитывается осевое усилие ($P_о$, кН) по выражению

$$P_о \geq kП_б d_д, \tag{5.4}$$

где $d_д$ – диаметр долота, см;

k – коэффициент, зависящий от показателя буримости (прил. 9).

5.2.2.4. По формуле (5.1) рассчитывается техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч).

5.2.2.5. По заданным величинам $T_{см}$, ($T_{п.з}$+$T_р$), $T_в$ и полученному значению $v_б$ рассчитывается сменная производительность станка ($A_б^{см}$, м/смену).

5.2.2.6. Определяется суточная производительность бурового станка ($A_б^с$, м/смену)

$$A_б^с = A_б^{см} n_{см}, \tag{5.5}$$

где $n_{см}$ – количество рабочих смен станка в сутки, смен/сут. ($n_{см} = 2 \div 3$).

5.2.2.7. Определяется годовая производительность станка ($A_б^г$, м/год)

$$A_б^г = A_б^с n_{р.д.с}, \tag{5.6}$$

где $n_{р.д.с}$ – число рабочих дней станка в году, дней/год (с учетом вычета времени: ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ $n_{р.д.с} = 230 \div 280$ дней/год.

5.2.2.8. Рассчитывается парк буровых станков.

Списочный парк станков ($N_{б.с}$, ед.)

$$N_{б.с} = \frac{V_{г.м}}{A_б^г q_{г.м}}, \tag{5.7}$$

где $V_{г.м}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м^3 (принимается $V_{г.м}$ = $= П_{г.м}$ по результатам выполнения лаб. работы № 3);

$q_{г.м}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м (принимается по результатам выполнения лаб. работы № 4).

Рабочий парк буровых станков ($N_{бр}$, ед.)

$$N_{бр} = \frac{N_{бс}}{k_{рез}}, \tag{5.8}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_{р.д.с}}, \tag{5.9}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

5.2.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения ($v_б$, м/ч) от показателя буримости горных пород ($П_б$).

Для этого произвести расчет $v_б$ для пяти значений $П_б$. За базовое значение принять $П_б$, полученное при выполнении п. 5.2.2.1. Для принятия четырех оставшихся значений $П_б$ принять шаг варьирования от базового $\Delta П_б$ = 0,5÷1,5. Два принятых значения $П_б$ должны превышать базовое, а два быть меньше его. Строится график $v_б = f(П_б)$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты, а также график зависимости $v_б = f(П_б)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 5

1. Перечислите основные элементы станков шарошечного бурения.
2. Как маркируются модели станков шарошечного бурения?
3. От каких свойств пород зависят показатели буримости и что характеризуют эти свойства? В каких единицах они измеряются?
4. От каких факторов зависит скорость бурения?
5. От каких факторов зависит величина требуемого осевого усилия?
6. Написать формулу часовой производительности бурового станка.
7. Как определяется списочный парк бурстанков?
8. Как определяется рабочий парк бурстанков?

Практическая работа № 6

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Цель работы – ознакомиться с технико-экономическими показателями и освоить методику расчета производительности одноковшовых экскаваторов.

6.1. Задачи работы

6.1.1. Ознакомиться с распределением рабочего времени, производительностью и технико-экономическими показателями одноковшовых экскаваторов.

6.1.2. Выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

6.1.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота на разгрузку.

6.2. Порядок выполнения работы

6.2.1. По учебнику [1, с. 103 - 108] ознакомиться с распределением рабочего времени, принципами расчета производительности и технико-экономическими показателями работы одноковшовых экскаваторов.

6.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 10. По данным заданного варианта выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности и параметров забоя одноковшового экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

6.2.2.1. Определяется техническая производительность экскаватора ($A_т$, м^3/ч)

$$A_т = \frac{3600E}{T_ц} k_э, \qquad (6.1)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$T_ц$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \qquad (6.2)$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с;

$$T_ч = \frac{194 d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \quad (6.3)$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \quad (6.4)$$

$T_{пов}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с:

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \quad (6.5)$$

$T_р$ – длительность разгрузки ковша, с;

где β – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при E = 1÷3 м^3, $T_р$ = 1.5÷2.5 с;

при E = 3÷8 м^3, $T_р$ = 2,5÷2,7 с;

при E = 12÷20 м^3, $T_р$ = 2,9÷3,5 с);

$k_э$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_э = \frac{k_н}{k_р},$$

где $k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_н$ и $k_р$ принимать по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

6.2.2.2. Сменная производительность экскаватора ($A_{см}$, м^3/смену)

$$A_{см} = A_т T_{см} k_и, \quad (6.6)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_и$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены (прил. 10).

6.2.2.3. Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м^3/сут)

$$A_с = A_{см} n_{см}. \quad (6.7)$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см}$ = 2÷3).

6.2.2.4. Годовая производительность экскаватора ($A_г$, м³/год)

$$A_г = A_с\, n_г, \tag{6.8}$$

где $n_г$ – число рабочих дней экскаватора в году, дней/год (прил. 10).

6.2.2.5. Определяется парк экскаваторов. Списочный парк экскаваторов ($N_{эс}$, ед.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{Aг}, \tag{6.9}$$

где $П_{г.и}$ – производительность карьера по горной массе, м³/год (принимается по результатам выполнения практической работы № 3).

Рабочий парк экскаваторов ($N_{эр}$, ед.)

$$N_{эр} = \frac{N_{эс}}{k_{рез}}, \tag{6.10}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва экскаваторов

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_г}, \tag{6.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

6.2.2.6. Определяется ширина экскаваторной заходки (забоя) ($A_з$, м):

при железнодорожном транспорте

$$A_э = (1{,}5 \div 1{,}7) R_{ч.у}; \tag{6.12}$$

при автомобильном транспорте

$$A_э = (0{,}8 \div 1{,}2) R_{ч.у}, \tag{6.13}$$

где $R_{ч.у}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.2.7. Определяется допустимая высота уступа (забоя) ($H_у$, м) для скальных пород

$$H_у \le 1{,}5 H_ч^{max}, \tag{6.14}$$

где $H_ч^{max}$ – максимальная высота черпания экскаватора, м [1, с. 85, табл. 10].

6.2.3. Исследовать зависимость технической производительности экскаватора от угла поворота и построить график $A_т = f(\beta)$.

Для этого производится расчет $A_т$ для пяти значений β. Область варьирования угла поворота $150° > \beta > 90°$. Интервал варьирования $\Delta\beta = 5 \div 10°$.

Базовое значение β принять из прил. 10 для заданного варианта. Для принятия четырех оставшихся значений β принять шаг варьирования от базового $\Delta\beta = (5 \div 10)°$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также график зависимости $A_т = f(\beta)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 6

1. Дайте определение производительности.
2. Вывести формулу технической производительности экскаватора.
3. Из каких элементов складывается цикл экскавации?
4. Вывести формулу максимальной ширины экскаваторной заходки.
5. Почему рациональная ширина экскаваторной заходки при железнодорожном транспорте больше, чем при автомобильном транспорте?
6. Как определяется допустимая высота уступа в сыпучих и связных породах?
7. Как определяется рабочий и списочный парк экскаваторов?

Практическая работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета производительности карьерных автосамосвалов.

7.1. Задачи работы

7.1.1. Ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.1.2. Выполнить расчет сменной производительности карьерного автосамосвала.

7.1.3. Исследовать зависимость сменной производительности карьерного автосамосвала от заданных параметров трассы.

7.2. Порядок выполнения работы

7.2.1. По учебнику [1, с. 145 - 151] ознакомиться с техническими характеристиками и областью применения карьерных автосамосвалов для перевозки горной массы.

7.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 12. По данным заданного варианта выполнить расчет сменной производительности автосамосвала.

Производительность автосамосвала по заданной трассе ($Q_{\text{а}}$, т/смену) рассчитывается

$$Q_{\text{а}} = N_{\text{р}} q = \frac{T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}^{\text{а}}} k_{\text{и}} q, \qquad (7.1)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, мин./смену;

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_р$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Продолжительность транспортного цикла ($T_ц^а$, мин.)

$$T_ц^а = t_о + t_п + t_д + t_{м.п} + t_{м.р} + t_р\ , \qquad (7.2)$$

где $t_о$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_о \approx 0{,}5t_п$);

$t_п$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_д$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{м.п}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку, мин.;

$t_р$ – продолжительность разгрузки, мин.

Расчеты выполняются в следующей последовательности:

7.2.2.1. По заданной модели экскаватора (см. практическую работу № 6) подбирается модель автосамосвала прил. 13. Подбор осуществляется из условия обеспечения рационального соотношения (μ) между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора

$$\mu = \frac{V_а}{E} = 3 \div 5, \qquad (7.3)$$

где $V_а$ – геометрическая вместимость кузова выбранного автосамосвала, м^3 (см. прил. 13);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

7.2.2.2. Производится расчет времени погрузки автосамосвала ($t_п$, мин.) и веса груза в кузове (q, т)

$$t_п = \frac{T_ц^э (n_{\min цик} - 0{,}5)}{60}, \qquad (7.4)$$

где $T_ц^э$ – продолжительность цикла экскавации, с (см. практическую работу № 6);

$n_{\min \text{ цик}}$ – количество циклов экскавации при загрузке автосамосвала.

Для определения $n_{\min \text{ цик}}$ рассчитывается необходимое количество ковшей для полной загрузки автосамосвала ($n_к$):

исходя из грузоподъемности автосамосвала

$$n_к = \frac{q_а k_р}{E k_н \rho}, \tag{7.5}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_р$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_н$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

ρ – плотность пород в целике, т/м^3 (значения $k_н$, $k_р$ и ρ принимаются по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород);

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»

$$n_к = \frac{0{,}9V'_а}{E k_н}, \tag{7.6}$$

где $V'_а$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 13), м^3.

Затем сравниваются значения $n_к$, вычисленные по формулам (7.5) и (7.6), выбирается меньшее ($n_к$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\min \text{ цик}}$.

Вес груза рассчитывается (q, т)

$$q = \frac{E k_н}{k_р} n_{\min \text{ цик}} \rho. \tag{7.7}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1 q_а, \tag{7.8}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_д$, мин.)

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}, \qquad (7.9)$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км;

$v_{\text{ср.т}}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч; $v_{\text{ср.т}}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования (L, км) и высоты подъема горной массы ($H_{\text{п}}$, м) по прил. 15.

7.2.2.4. Производится расчет $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$. При этом $t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ и $t_{\text{р}}$ принимаются из прил. 13 для выбранной модели автосамосвала.

7.2.2.5. По формуле 7.1 производится расчет сменной производительности автосамосвала при $k_{\text{и}} = 0{,}8$; $T_{\text{см}} = 8$ ч.

7.2.2.6. Производится расчет рабочего и инвентарного парка автосамосвалов.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{\text{а.р}}$, ед.)

$$N_{\text{а.р}} = \frac{V_{\text{см}}}{Q_{\text{а}}}, \qquad (7.10)$$

где $V_{\text{см}}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{\text{см}} = k_{\text{н}}\left(П_{\text{п.и}}^{\text{см}} + П_{\text{в}}^{\text{см}}\rho\right), \qquad (7.11)$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_{\text{н}} = 1{,}1$);

$П_{\text{п.и}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П_{\text{в}}^{\text{см}}$ – сменная производительность карьера по вскрыше в целике, м^3/смену;

ρ – плотность вскрышных пород в целике, т/м^3.

$П_{\text{п.и}}^{\text{см}}$ и $П_{\text{в}}^{\text{см}}$ принимаются по результатам выполнения практической работы № 3, ρ – по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{\text{а.и}}$, ед.)

$$N_{\text{а.и}} = \frac{N_{\text{а.р}}}{k_{\text{т.г}}}, \qquad (7.12)$$

где $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 14, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_{\text{с}}$, км/сут)

$$L_{\text{с}} = \frac{2LQ_{\text{а}}}{q} k_{\text{о}} k_{\text{см}}, \qquad (7.13)$$

где $k_{\text{о}}$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_{\text{о}}$ = 1,05);

$k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{\text{см}}$ = 2,5).

7.2.3. Исследовать зависимость сменной производительности автосамосвала от расстояния транспортирования или высоты подъема горной массы и построить график $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Производится расчет для пяти значений L или $H_{\text{п}}$. Интервал варьирования расстояния транспортирования ΔL = 0,2÷0,4 км, высоты подъема горной массы $\Delta H_{\text{п}}$ = 20 м.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 7

1. Чем отличается процесс выемки горной массы от процесса транспортирования горной массы?
2. Вывести формулу сменной производительности автосамосвала.
3. От каких факторов зависит сменная производительность автосамосвала?
4. Из каких элементов складывается транспортный цикл?
5. Как определить количество рейсов (транспортных циклов) автосамосвала за смену?
6. От чего зависит продолжительность погрузки автосамосвала?
7. В чем различие между величиной количества циклов экскавации для загрузки автосамосвала и количества ковшей для загрузки автосамосвала?
8. От каких факторов зависит время движения автосамосвала в транспортном цикле?
9. Какое различие между рабочим и инвентарным парком автосамосвалов?
10. Как определить сменный пробег автосамосвала?

Практическая работа № 8

КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО И НЕРАБОЧЕГО БОРТОВ КАРЬЕРА

Цель работы – изучить конструкцию рабочего и нерабочего бортов карьера, освоить методику расчета ширины рабочей площадки и угла откоса рабочих и нерабочих бортов.

8.1. Задачи работы

8.1.1. Ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера.

8.1.2. Выполнить расчет углов откоса рабочих и нерабочих бортов.

8.1.3. Исследовать зависимость величины угла откоса рабочего борта от определяющих факторов.

8.2. Порядок выполнения работы

8.2.1. По учебнику [1, с. 23 - 27; 269 - 271] ознакомиться с конструкцией рабочего и нерабочего бортов карьера и факторами, определяющими величины углов их откосов.

8.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 16. По данным заданного варианта выполнить расчет углов откоса рабочего и нерабочего бортов.

Порядок выполнения расчетов

8.2.2.1. Определяется высота рабочего борта карьера ($H_{р.б}$, м)

$$H_{р.б} = H_у n_{р.у}, \qquad (8.1)$$

где $H_у$ – высота уступа, м;

$n_{р.у}$ – количество рабочих уступов.

8.2.2.2. Определяется ширина рабочей площадки при погрузке горной массы в автомобильный транспорт ($Ш_{р.п}$, м)

$$Ш_{р.п} = B_р + C + T + S + Z + Ш_{в.б}, \qquad (8.2)$$

где $B_р$ – ширина развала породы, м (принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

C – безопасный зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой, м (2-3 м);

T – ширина транспортной полосы (проезжей части временной автодороги при двухполосном движении), м (см. прил. 13);

S – безопасное расстояние (1,5÷2,0 м) от транспортной полосы до призмы возможного обрушения;

Z – ширина призмы возможного обрушения, м;

$Ш_{в.б}$ – ширина взрывного блока, м (при однорядном взрывании $Ш_{в.б} = W$, принимается по результатам расчетов из практической работы № 4);

$$Z = H_у (\text{ctg}\, \alpha_у - \text{ctg}\, \alpha); \quad (8.3)$$

α – угол откоса рабочего уступа, град.;

$\alpha_у$ – угол устойчивого откоса уступа, град. (см. прил. 16).

8.2.2.3. Определяется горизонтальное проложение откоса рабочего борта ($C_{р.б}$, м)

$$C_{р.б} = H_у \,\text{ctg}\, \alpha\, n_{р.у} + Ш_{р.п} (n_{р.у} - 1). \quad (8.4)$$

8.2.2.4. Определяется тангенс угла откоса рабочего борта карьера (φ)

$$\text{tg}\, \varphi = H_{р.б} / C_{р.б}. \quad (8.5)$$

8.2.2.5. Определяется величина угла откоса, град, рабочего борта φ: $\varphi = \text{arctg}\, (\text{tg}\, \varphi)$.

8.2.2.6. Определяется высота нерабочего борта карьера ($H_{н.б}$, м)

$$H_{н.б} = H_у\, n_{н.у}, \quad (8.6)$$

где $n_{н.у}$ – количество нерабочих уступов (принимается $n_{н.у} = 3$).

8.2.2.7. Определяется горизонтальное проложение откоса нерабочего борта ($C_{н.б}$, м)

$$C_{н.б} = n_{н.у} (H_у \,\text{ctg}\, \alpha_у + b_с) + (n_{н.у} - 1)\, b_б, \quad (8.7)$$

где $b_с$ – ширина съезда, м;

$b_б$ – ширина бермы безопасности, м ($b_б$ = 8÷10 м).

8.2.2.8. Определяется тангенс угла откоса нерабочего борта карьера (γ)

$$\operatorname{tg}\gamma = H_{н.б} / C_{н.б}. \quad (8.8)$$

Затем сам угол откоса, град, нерабочего борта карьера (γ):

$$\gamma = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\gamma). \quad (8.9)$$

8.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить разрез рабочей площадки (рис. 8.1), рабочего борта (рис. 8.2), план и разрез нерабочего борта карьера с тупиковыми съездами (рис. 8.3) в выбранном масштабе.

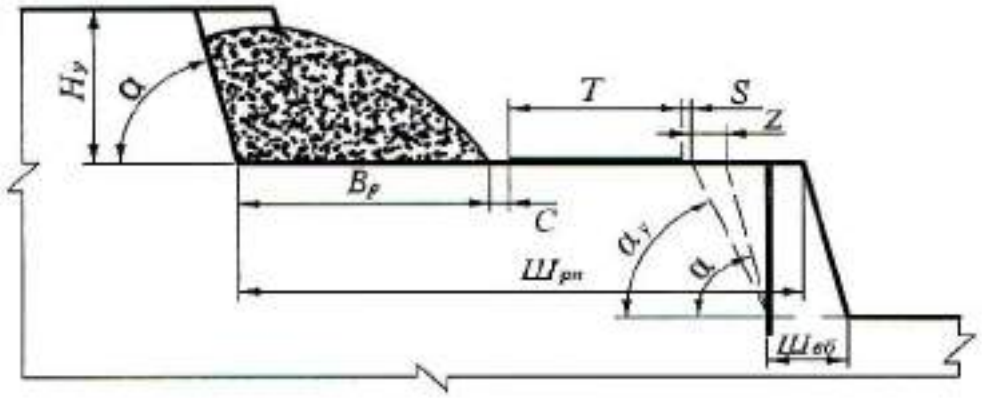


Рис. 8.1. Рабочая площадка

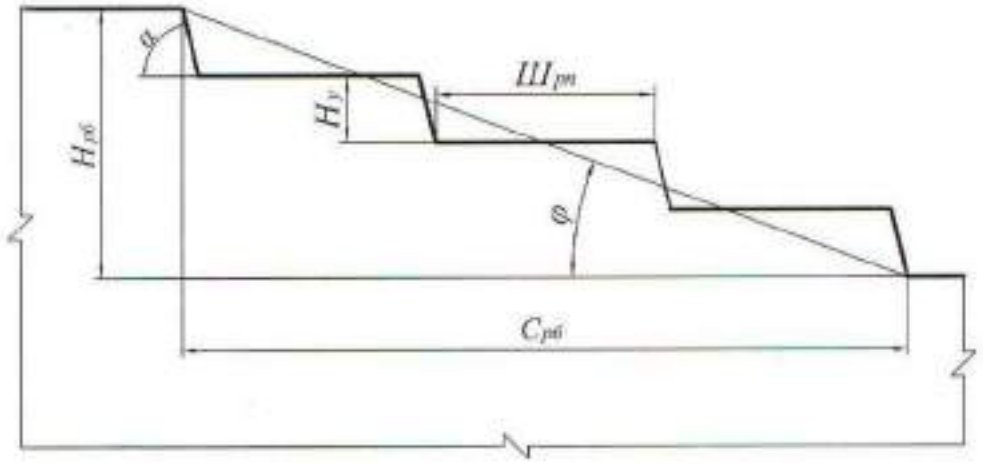
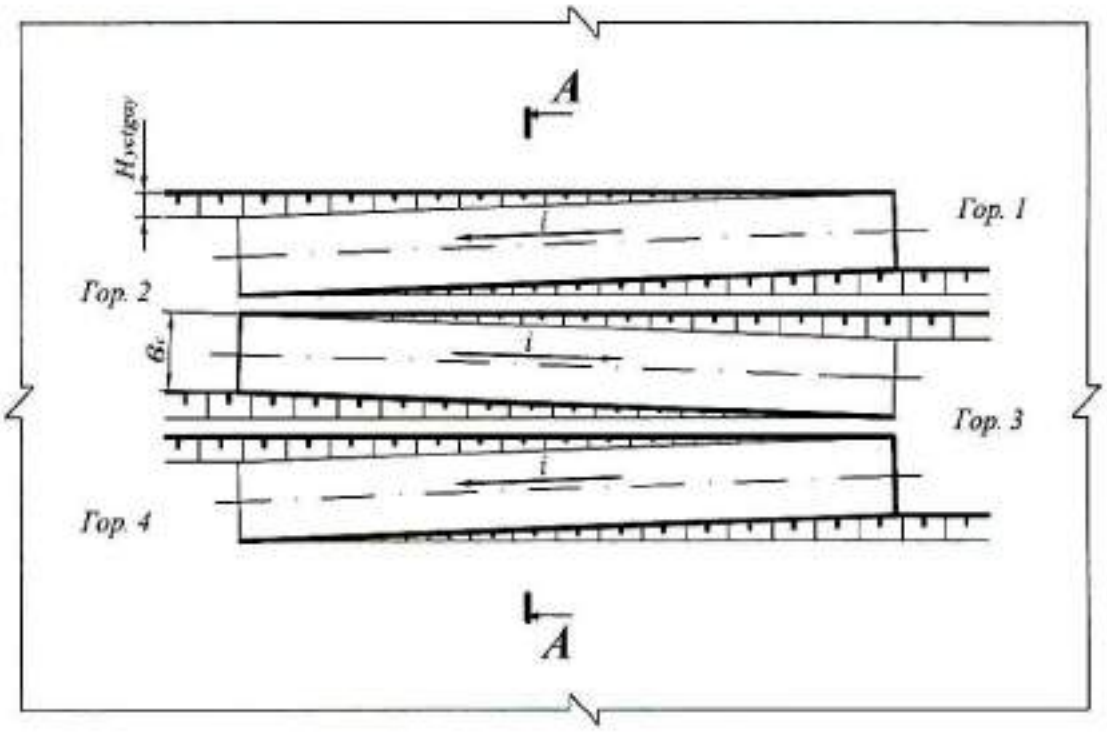


Рис. 8.2. Рабочий борт карьера

а)



б)

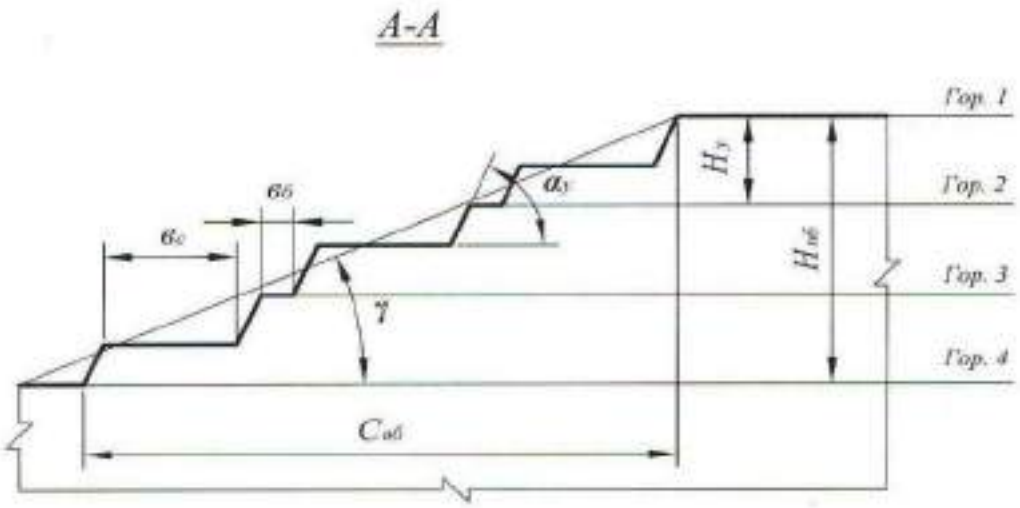


Рис. 8.3. Нерабочий борт карьера:
а – автомобильный съезд на нерабочем борту; *б* – профиль нерабочего борта

8.2.4. Исследовать зависимость угла откоса рабочего борта карьера (φ, град) от высоты уступа ($H_у$, м) или ширины рабочей площадки ($Ш_{р.п}$, м) и построить график $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

Производится расчет φ для пяти значений $H_у$ и $Ш_{р.п}$. Величина аргумента задается в пределах 10 м ≤ $H_у$ ≤ 25 м и 30 м ≤ $Ш_{р.п}$ ≤ 80 м.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $\varphi = f(H_у)$ или $\varphi = f(Ш_{р.п})$.

Контрольные вопросы к практической работе № 8

1. Дайте определение рабочего и нерабочего борта карьера.
2. Из каких элементов состоят рабочий и нерабочий борт карьера?
3. Назовите параметры рабочего и нерабочего бортов карьера и их элементов.
4. Какими условиями определяется угол откоса нерабочего борта карьера?
5. От каких факторов зависит угол откоса рабочего борта карьера?
6. Из каких элементов состоит рабочая площадка (как определяется ширина рабочей площадки)?
7. Как определяется ширина призмы возможного обрушения уступа?
8. Как определить угол откоса борта карьера, если известны его высота и горизонтальное проложение?
9. Как определить горизонтальное проложение борта карьера (рабочего и нерабочего)?
10. Как определяется уклон внутрикарьерной траншеи?
11. В каких единицах измеряется уклон траншеи?

Практическая работа № 9

РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРНОГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы – ознакомиться с методикой и освоить принципы расчета основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.1. Задачи работы

9.1.1. Изучить технологию бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.1.2. Выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.2. Порядок выполнения работы

9.2.1. По учебнику [1, с. 176 - 177] ознакомиться с основными параметрами отвалов и технологией бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

9.2.2. Ознакомиться с исходными данными в прил. 17. По данным заданного варианта выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Порядок выполнения расчетов

9.2.2.1. Определяется требуемая площадь отвала ($S_о$, м^2)

$$S_о = \frac{W k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \qquad (9.1)$$

где W – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3 (см. прил. 17);

$k_р^о$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 18);

$h_я$ – высота яруса, м (см. прил. 18);

$n_я$ – количество ярусов;

$\eta_о$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_о$ принимать: для одно- и двухъярусных отвалов – 0,8÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5).

Тип (категорию) складируемых пород принимать согласно прил. 17. Количество отвальных ярусов принимать самостоятельно (на практике отвалы формируются, как правило, из одного-трех ярусов), исходя из необходимости минимизировать площадь отвалов и максимальной общей высоты отвала не более 120-180 м. По требуемой площади отвала, определяются его размеры в плане: ширина (B, м), длина (L, м). При этом рекомендуется выдерживать соотношение $B : L = 1 : 2$, тогда: $L = \sqrt{2S_0}$.

9.2.2.2. Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_о$, ед./ч)

$$N_о = \frac{П_в^ч k_н}{Q_п}, \qquad (9.2)$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$);

$Q_п$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3.

$$Q_п = q/\rho, \qquad (9.3)$$

где q – вес груза в кузове автосамосвала, т (величина q принимается по результатам расчетов в практической работе № 7);

ρ – плотность пород в целике, т /м^3.

$$П_в^ч = \frac{П_в}{T_г n_{см} T_{см}},$$

где $П_в$ – годовая производительность карьера по вскрыше (см. прил. 17), м^3/год;

$T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дн./год);

$n_{см}$ – число рабочих смен в сутки, смен/сут. ($n_{см}$ = 3 смены/сут.);

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену ($T_{см}$ = 8 ч/смену).

9.2.2.3. Определяется число одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале ($N_{а.о}$, ед.)

$$N_{а.о} = N_о \frac{t_р + t_{м.р}}{60}, \qquad (9.4)$$

где $t_р$, $t_{м.р}$ – продолжительность разгрузки и маневровых операций при установке на разгрузку, мин. (см. прил. 13).

9.2.2.4. Определяется длина участка разгрузки ($L_р$, м)

$$L_р = N_{а.о}\, l_п, \qquad (9.5)$$

где $l_п$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, м, занимаемой одним автосамосвалом при маневрировании, для автосамосвалов грузоподъемностью:

30 – 55 т $l_п$ = 30÷40 м,
80 – 130 т $l_п$ = 50÷60 м,
180 – 240 т $l_п$ = 60÷70 м.

9.2.2.5. Отвальный фронт состоит из трех участков: разгрузки, планировки и резервный.

По мере заполнения участка разгрузки и выравнивания участка планировки, последний начинает выполнять функцию первого, а участок разгрузки становится участком планировки. Если участок планировки не подготовлен, то разгрузка производится на резервном участке. Таким образом, все три участка должны иметь одинаковую длину и общая длина отвального фронта ($L_о$, м) определится:

$$L_о = 3L_р. \qquad (9.6)$$

9.2.2.6. Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_б$, м^3/смену)

$$Q_{б} = П_{в}^{см} k_{н} k_{зав}, \quad (9.7)$$

где $П_{в}^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену;

$$П_{в}^{см} = П_{в}^{ч} T_{см}, \quad (9.8)$$

где $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 18).

9.2.2.7. Выбирается модель бульдозера (см. прил. 19) и определяется число бульдозеров в работе ($N_б$, ед.):

$$N_б = Q_б / П_б, \quad (9.9)$$

где $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 19).

9.2.2.8. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, ед.)

$$N_{б.и} = 1{,}4\ N_б, \quad (9.10)$$

где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

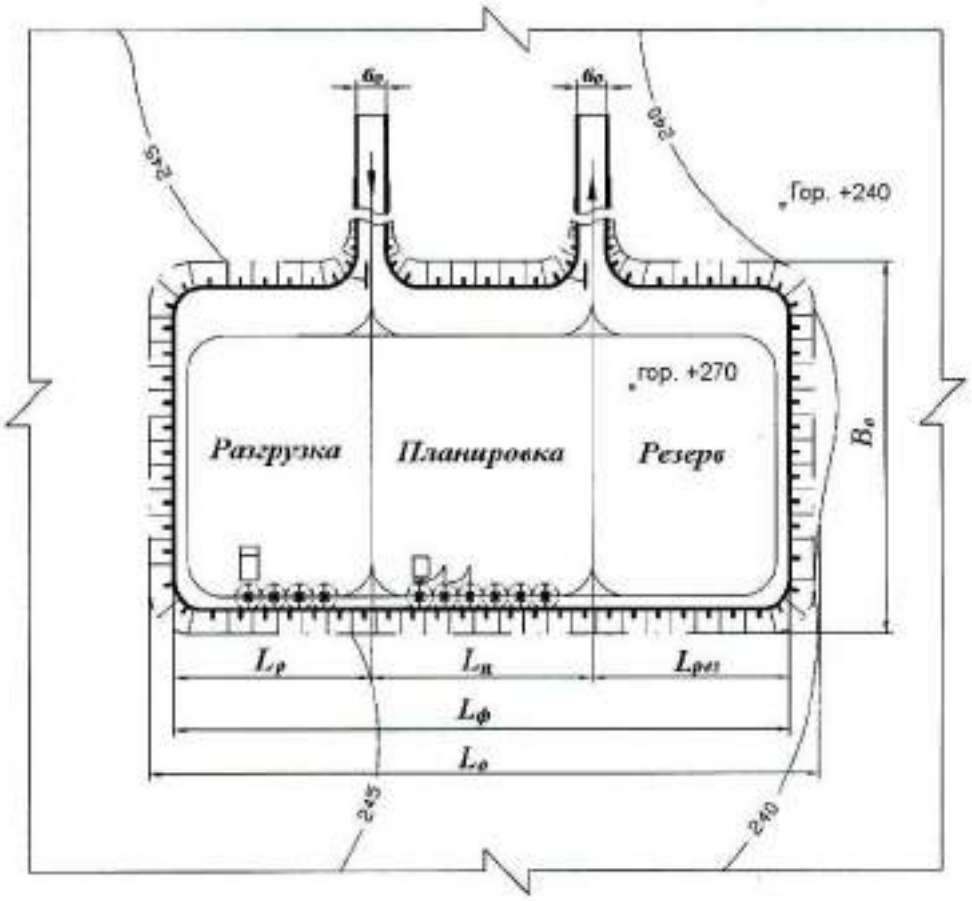


Рис. 9.1. План бульдозерного отвала

9.2.3. На миллиметровой бумаге вычертить план бульдозерного отвала с выделением рабочих участков, участков, находящихся в планировке, и резервных участков (см. рис. 9.1).

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы результаты расчетов, а также план бульдозерного отвала на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к практической работе № 9

1. Перечислите способы отвалообразования, применяемые при открытой разработке месторождений.
2. В чем заключается отличительный признак бульдозерного отвалообразования?
3. Перечислите достоинства и недостатки бульдозерного отвалообразования.
4. Перечислите параметры отвалов.
5. От каких факторов зависит высота яруса отвала?
6. Перечислите операции технологии бульдозерного отвалообразования.
7. Перечислите параметры технологии бульдозерного отвалообразования.
8. Из каких участков состоит фронт отвальных работ при бульдозерном отвалообразовании?
9. Как соотносятся между собой размеры участков фронта отвальных работ?
10. От каких факторов зависит длина участка разгрузки?
11. Как определить количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на участке разгрузки?
12. Как определить объем бульдозерных работ по формированию отвала (по планировке вскрышных пород на отвале)?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Хохряков, В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /В. С. Хохряков. – 5-е изд. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
2. *Томаков, П. И.; Наумов, И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ /П. И. Томаков. И. К. Наумов: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. горного ин-та, 1992. – 464 с.
3. *Пахомов, Е. М.; Буянов, М. И.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /Е. М. Пахомов. М. И. Буянов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
4. *Русский, И. И.* Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах /И. И. Русский. – М.: Недра, 1979. – 262 с.

Приложение 1

Исходные данные к практической работе № 1 «Графическое изображение элементов горных работ»

Таблица П 1.1

Графическое изображение забоев и уступов

Номер варианта	Уступ			Забой												
	тип уступа, м	высота $H_р$, м	угол откоса, A, град	тип забоя	высота уступа, $H_у$, м	высота развала, $H_р$, м	ширина развала, $B_р$, м	ширина взрывной заходки, $B_б$, м	ширина заходки экскаватора (забоя), $A_з$, м	угол откоса, град		$R_{у}$, м	$R_{у.max}$, м	R_1, м	R_2, м	$H_{сп}$, м
										забоя, F	уступа, A					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Вскрышной	12	70	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	13	65	70	9.04				
	Склад руды	10	60	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	40	65		71.4			
2	Рудный	12	75	Экскаваторный (мехлопата)	15	16	26	17	13	70	80	13.5				
	Отвал	25	55	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	20	60	65	13,5				
3	Сложный (руда и порода)	7.5	78	Экскаваторный (роторный)	10		Без БВР	-	20	60	60			15	16	2
	Отвал	30	55	бульдозерный	7		Без БВР	-	30	20	65					
4	Вскрышной	15	75	бульдозерный	5		Без БВР	-	30	10	65					
	Склад руды	12	55	Экскаваторный (драглайн)	35		Без БВР	-	25	30	60		83.0			
5	Рудный	12	80	Экскаваторный (роторный)	17		Без БВР	-	25	60	60			21	24	4
	Отвал	25	90	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	35	55		91.5			
6	Вскрышной	20	80	Бульдозерный	3		Без БВР	-	25	10	65					
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	15	45	30	15	50	80	12.6				

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	Сложный	7,5	70	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	30	60		94,8			
	Вскрышной	35	50	Экскаваторный (роторный)	15	15	Без БВР	-	24	55	55			21	24	
8	Рудный	15	75	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	20	60	65	13,5				
	Отвал	30	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	18	45	70	12,6				
9	Вскрышной	12	60	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	30	40	65		71,4			
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	14	55	60	14,3				
10	Рудный	12	80	Бульдозерный	5		Без БВР	-	35	10	65					
	Отвал	25	55	Экскаваторный (роторный)	17		Без БВР	-	28	60	65	14,3				
11	Вскрышной	15	65	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	45	32	15	55	75	14,3				
	Склад руды	12	50	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	16	50	80	12,6				
12	Рудный	15	80	Экскаваторный (драглайн)	40	40	Без БВР	-	30	30	60		91,5			
	Отвал	25	55	Экскаваторный (мехлопата)	15	15	Без БВР	-	20	55	65	15,2				
13	Сложный	7,5	65	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	36	24	12	55	75	14,3				
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-	35	15	65					
14	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (роторный)	16		Без БВР	-	25	60	60			18	24	8
	Склад руды	15	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	9	45	70	12,6				
15	Рудный	20	75	Бульдозерный	10		Без БВР	-	40	18	65					
	Отвал	20	55	Экскаваторный (мехлопата)	12		Без БВР	-	13	55	65	12,6				
16	Сложный	7,5	80	Бульдозерный	10	10	Без БВР	-	40	20	60					
	Отвал	25	50	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	30	60		71,4			

Продолжение табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
17	Вскрышной	15	75	Экскаваторный (мехлопата)	12	14	36	24	18	45	70	12,6				
	Склад руды	15	55	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без БВР	-	22	55	65	15,2				
18	Рудный	15	80	Бульдозерный	7		Без БВР	-	35	20	65					
	Отвал	25	50	Экскаваторный (роторный)	20		Без БВР	-	34	60	60			29	33	5
19	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (драглайн)	45		Без БВР	-	25	35	60		91,5			
	Склад руды	10	60	Бульдозерный	5	5	Без БВР	-		15	60					
20	Сложный	10	70	Экскаваторный (мехлопата)	15	12	28	6	12	55	75	14,3				
	Отвал	30	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-		17	65					
21	Рудный	12	70	экскаваторный (мехлопата)	15	15	28	8	14	55	75	14,3				
	Отвал	35	50	Экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	30	45	65		91,5			
22	Вскрышной	12	65	Экскаваторный (драглайн)	30		Без БВР	-	25	45	60		83,0			
	Склад руды	12	50	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	8	55	65	9,04				
23	Рудный	15	70	экскаваторный (драглайн)	40		Без БВР	-	35	45	65		91,5			
	Отвал	25	50	Экскаваторный (роторный)	18		Без БВР	-	27	65	65			18	26	8
24	Вскрышной	20	80	Экскаваторный (мехлопата)	15	18	60	30	20	55	80	14,3				
	Склад руды	12	55	Бульдозерный	3		Без БВР	-	40	10	60					
25	Рудный	15	65	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без БВР	-	12	55	65	9,04				
	Отвал	25	50	Экскаваторный (мехлопата)	15	12	28	6	14	50	80	14,3				
26	Сложный	12	70	Экскаваторный (драглайн)	30	30	Без БВР	-	25	45	65		71,4			
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	5		Без БВР	-	20	20	55					

Окончание табл. П.1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
27	Рудный	15	80	Бульдозерный	7		Без ББР	-	25	18	60					
	Отвал	15	55	Экскаваторный (роторный)	16		Без ББР	-	25	65	65			18	26	8
28	Вскрышной	15	75	Экскаваторный (драглайн)	40		Без ББР	-	30	45	60		83.5			
	Склад руды	10	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	9	24	7	12	45	70	12.6				
29	Сложный	7.5	70	Экскаваторный (мехлопата)	10		Без ББР	-	12	50	60	9.04				
	Склад руды	10	50	Бульдозерный	7		Без ББР	-	30	8	55					
30	Рудный	15	80	Экскаваторный (мехлопата)	15		Без ББР	-	12	55	60	15.2				
	Отвал	40	50	Экскаваторный (мехлопата)	12	14	48	32	16	45	70	12.6				

Таблица П.1.2

Графическое изображение траншей и съездов

Номер варианта	Горизонтальная траншея								Наклонная траншея					
	тип траншеи	уклон косогора, γ, град	внешний радиус серпантины, $R_{вн}$, м	радиус поворота трассы, R, м	глубина траншеи, $H_{тр}$, м	ширина траншеи, $B_{тр}$, м	длина траншеи, $L_{тр}$, м	угол откоса борта траншеи, G, град	тип траншеи	ширина траншеи, $B_{тр}$, м	уклон траншеи, i, %	число вскрываемых уступов, ед.	высота уступа, H_y, м	угол откоса борта траншеи, G, град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	На косогоре	10			20	25		65	Съезд	25	4	1	10	75
	Внутри карьера				15	25	500	70	Крутая траншея	22	32	3	10	60
2	Серпантина	40	45	30		25		75	Внешняя траншея	25	6	1	12	50
	На косогоре	15			25	30	350	60	Съезд	30	8	1	10	65
3	На косогоре	12			10	18	400	60	Внешняя траншея	18	4	1	15	60
	Серпантина	35	60	35		30		70	Крутая траншея	25	27	3	17	70
4	Серпантина	45	60	35		25		80	Внешняя групповая траншея	25	4	2	10	70
	Внутри карьера				10	35	500	80	Съезд	35	10	1	15	75

Продолжение табл. П.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	Серпантина	30	45	30		20		70	Съезд	20	6	1	12	50
6	На косогоре	13			20	30		60	Внешняя групповая траншея	30	4	3	10	55
	Внутри карьера				15	30	700	70	Крутая траншея	24	27	8	12	60
7	Внутри карьера				10	22	500	80	Съезд	25	10	1	15	75
	Серпантина	60	50	30		22		75	Крутая траншея	25	32	6	12	75
8	На косогоре	10			17	28		55	Внешняя траншея	30	8	1	15	75
	Серпантина	50	50	30		30		70	Съезд	30	10	1	12	65
9	На косогоре	8			12	25		60	Внешняя траншея	24	4	1	15	60
	Внутри карьера				15	22	550	65	Крутая траншея	22	32	4	12	65
10	Серпантина	30	45	30		25		75	Внешняя групповая траншея	22	4	2	10	70
	На косогоре	11			17			60	Съезд	22	4	1	20	55
11	Внутри карьера				10	30	100	75	Съезд	26	6	1	20	75
	Серпантина	50	60	35		25		75	Внешняя групповая траншея	26	6	3	12	60
12	Внутри карьера				15	22	200	65	Внешняя траншея	28	8	1	17	65
	На косогоре	12			25	30		50	Крутая траншея	24	32	6	12	50
13	Серпантина	45	50	30		28		65	Съезд	30	8	1	15	60
	На косогоре	12				28		50	Крутая траншея	24	27	5	15	55
14	Внутри карьера				12	22	700	70	Внешняя траншея	32	8	1	12	60
	Серпантина	30	50	35		30		75	Съезд	30	8	1	12	75
15	На косогоре	15			15	25		60	Съезд	30	10	1	10	75
	Серпантина	45	50	35		30		70	Крутая траншея	22	27	4	10	60
16	Внутри карьера				15	22	250	65	Внешняя траншея	22	4	1	15	65
	Серпантина	35	50	35		25		70	Съезд	24	6	1	15	70
17	Внутри карьера				12	25	300	80	Внешняя траншея	24	6	1	17	70
	На косогоре	10			17	28		75	Крутая траншея	24	32	6	12	65
18	На косогоре	15			25	30		60	Внешняя групповая траншея	25	4	2	12	65
	Серпантина	40	50	35		25		65	Съезд	22	4	1	12	80

Окончание табл. П.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
19	Серпантина	60	60	40		25		75	Съезд	28	8	1	15	75
	Внутри карьера				17	22	700	70	Внешняя траншея	28	8	1	20	60
20	Внутри карьера				7,5	22	450	65	Внешняя траншея	25	6	1	20	60
	На косогоре	12			20	30		50	Крутая траншея	24	27	8	15	55
21	На косогоре	8			12	30		55	Съезд	24	8	1	20	70
	Внутри карьера				10	28	500	75	Крутая траншея	22	27	8	10	65
22	На косогоре	8			10	25		50	Внешняя траншея	30	8	1	15	60
	Внутри карьера				12	25	700	80	Съезд	28	8	1	17	70
23	Серпантина	50	60	40		28		75	Съезд	30	8	1	12	70
	На косогоре	10			15	24		55	Крутая траншея	24	32	7	12	60
24	На косогоре	8			15	24		70	Внешняя траншея	26	8	1	15	65
	Серпантина	40	50	30		24		75	Съезд	26	10	1	12	75
25	Серпантина	60	70	40		25		65	Внешняя траншея	22	4	1	17	60
	Внутри карьера				10	30	300	75	Крутая траншея	22	32	4	8	55
26	Серпантина	30	60	35		25		75	Внешняя групповая траншея	20	4	3	10	75
	На косогоре	8			12	25		65	Съезд	22	6	1	15	80
27	На косогоре	10			12	30		75	Съезд	28	10	1	17	80
	Внутри карьера				7	30	600	65	Внешняя траншея	30	8	1	17	70
28	Внутри карьера				15	30	600	75	Внешняя групповая траншея	24	6	3	12	60
	Серпантина	30	50	30		25		80	Крутая траншея	24	27	5	12	60
29	На косогоре	12			15	25		63	Съезд		8	1	15	70
	Серпантина	50	60	35		30		75	Крутая траншея	22	32		15	55
30	На косогоре	15			25	25		58	Внешняя траншея	26	8	1	17	60
	Внутри карьера				20	25	500	70	Съезд	26	8	1	17	70
31	Серпантина	55	50	30		25		80	Съезд	28	8	1	15	70
	На косогоре	15			22	25		60	Крутая траншея	22	32	6	12	65
32	Внутри карьера				10	30	280	70	Внешн. траншея	24	4	1	17	65
	Серпантина	55	40	25		23		70	Съезд	26	6	1	12	70

Исходные данные к практической работе № 2
«Определение объема капитальных траншей»

Вариант	$h_т$, м	$b_т$, м	i, ед.	$\alpha_т$, град.	Исследуемая зависимость
1	5	10	0,025	35	$V_т = f(b_т)$
2	6	12	0,030	40	$V_т = f(\alpha_т)$
3	8	16	0,040	41	$V_т = f(h_т)$
4	16	50	0,060	65	$V_т = f(i)$
5	15	22	0,055	25	$V_т = f(\alpha_т)$
6	35	29	0,060	50	$V_т = f(b_т)$
7	45	26	0,080	65	$V_т = f(\alpha_т)$
8	55	10	0,100	35	$V_т = f(h_т)$
9	54	18	0,110	37	$V_т = f(i)$
10	18	11	0,035	34	$V_т = f(\alpha_т)$
11	41	22	0,085	62	$V_т = f(h_т)$
12	26	17	0,036	40	$V_т = f(i)$
13	37	44	0,085	43	$V_т = f(h_т)$
14	19	23	0,040	38	$V_т = f(i)$
15	82	30	0,120	49	$V_т = f(b_т)$
16	66	38	0,066	62	$V_т = f(\alpha_т)$
17	45	34	0,040	51	$V_т = f(h_т)$
18	75	40	0,080	45	$V_т = f(h_т)$
19	67	20	0,080	37	$V_т = f(i)$
20	25	25	0,035	30	$V_т = f(b_т)$

Исходные данные к практической работе № 3

«Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого коэффициента вскрыши»

Вариант	L, м	M, м	$H_к$, м	$h_н$, м	$\rho_{п.и}$, т/м^3	$\gamma_{ср}$, град	$\eta_и$	$П_{п.и}$, млн т/год
1	1200	300	350	45	2,8	40	0,92	10,7
2	1500	400	460	40	2,9	39	0,93	20,9
3	1700	500	170	20	3,0	38	0,94	12,8
4	1600	450	280	30	3,1	36	0,92	16,1
5	1400	350	390	40	3,2	35	0,93	14,0
6	1300	250	200	20	3,3	34	0,94	6,1
7	1900	550	210	30	3,2	33	0,93	17,9
8	1800	180	220	40	3,1	32	0,94	5,8
9	1900	280	330	30	3,0	31	0,95	15,4
10	2000	380	240	10	2,9	40	0,96	15,1
11	2200	200	450	25	3,1	41	0,97	20,0
12	1300	100	210	40	3,4	42	0,92	2,5
13	1500	250	180	15	2,1	43	0,93	4,5
14	1900	150	250	30	2,8	44	0,94	5,7
15	1200	230	320	45	2,7	45	0,92	7,9
16	1800	210	280	20	2,5	44	0,94	9,1
17	2200	190	345	25	3,0	43	0,95	13,2
18	1900	245	360	35	1,9	40	0,92	8,7
19	2100	320	500	10	2,7	39	0,93	9,9
20	1600	195	370	12	2,5	38	0,95	9,7

Исходные данные к практической работе № 4
«Расчет заряда одиночной скважины»

Расчет проводится для станков шарошечного бурения (СБШ), пород II – IV классов по буримости и взрываемости, III – IV категорий по трещиноватости, сухих вертикальных скважин, сплошных колонковых зарядов.

Вариант	$d_д$, мм	f	$H_у$, м	$\alpha_р$, град	Тип ВВ	Δ, кг/дм^3	q', кг/м^3	$K_{ВВ}$	$\alpha_у$, град
1	214	9,7	10	65	Граммонит 79/21	0,9	0,85	1,00	55
2	190	8,0	10	70	Граммонит 79/21	0,9	0,80	1,00	55
3	243	14,0	12	65	Граммонит 79/21	0,9	0,95	1,00	55
4	320	15,9	12	70	Граммонит 79/21	0,9	1,10	1,00	55
5	243	12,0	15	70	Ифзанит Т-80	1,0	0,90	1,08	55
6	214	8,7	15	75	Ифзанит Т-80	1,0	0,80	1,08	55
7	320	14,5	18	75	Ифзанит Т-80	1,0	1,20	1,08	55
8	214	9,0	18	80	Ифзанит Т-80	1,0	0,85	1,08	55
9	190	8,5	10	75	Игданит	1,0	0,80	1,13	55
10	269	11,4	15	80	Игданит	1,0	0,90	1,13	55
11	320	16,4	20	65	Граммонит 50/50	1,0	1,20	1,01	55
12	320	15,2	10	70	Граммонит 50/50	1,0	1,20	1,01	55
13	269	11,2	15	65	Граммонит 50/50	1,0	1,15	1,01	55
14	190	8,0	20	70	Граммонит 50/50	1,0	0,75	1,01	55
15	269	10,0	12	70	Ифзанит	1,0	0,80	1,08	55
16	190	16,0	10	80	Ифзанит	1,0	1,20	1,08	55
17	320	16,4	12	65	Ифзанит	1,0	1,20	1,08	55
18	214	14,5	20	70	Граммонит 79/21	0,9	1,15	1,00	55
19	269	15,0	15	70	Граммонит 79/21	0,9	1,20	1,00	55
20	214	8,0	20	75	Граммонит 79/21	0,9	0,80	1,00	55

Приложение 5

Значение коэффициента $k_{проч}$ в зависимости от крепости пород

Крепость пород, f	2	4	6	8 - 10	12 - 14	16
$k_{проч}$	1,00	1,05	1,04	1,037 - 1,031	1,03 - 1,021	1,02

Приложение 6

Значение коэффициента k_3

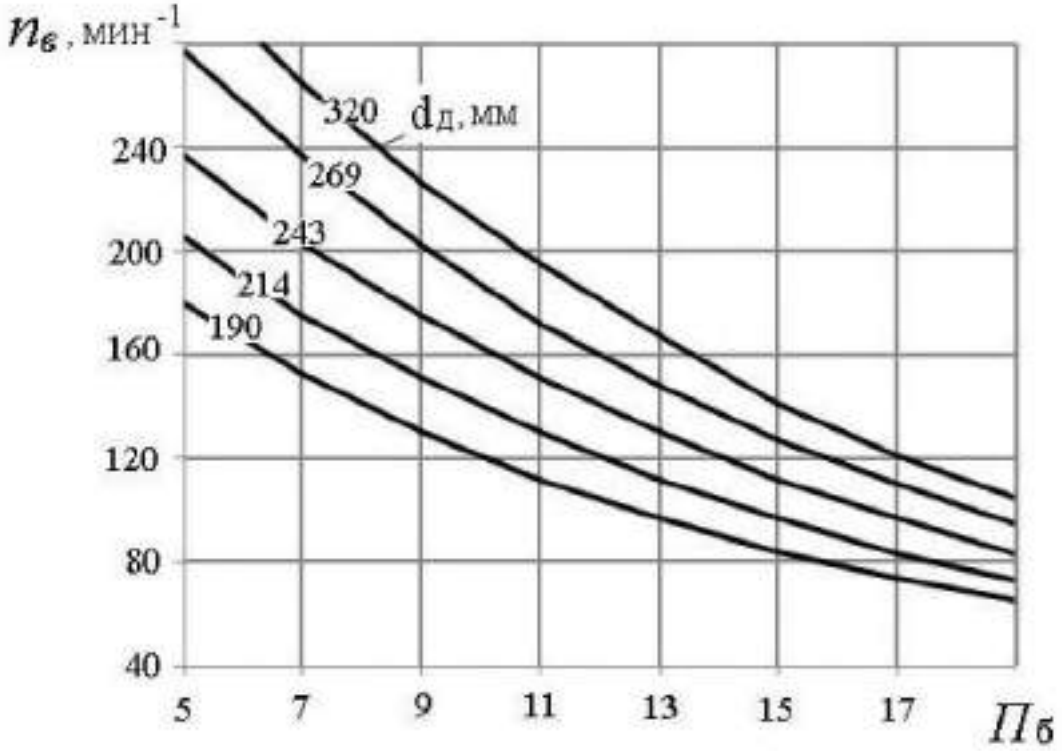
Время замедления, τ, мс	0	10	25	50	75 и более
k_3	1	0,95	0,90	0,85	0,80

Исходные данные к практической работе № 5
«Расчет производительности бурового станка»

Вариант	$d_д$, мм	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{сд}$, МПа	ρ, т/м³	$T_{см}$, ч/смен	$T_в$, ч/м	$(T_{п.з}+T_р)$, ч/смен
1	214	97	13	3,4	8	0,03	0,5
2	190	80	9	3,0	12	0,03	0,7
3	243	140	14	3,8	8	0,04	0,6
4	320	159	16	2,7	12	0,04	0,7
5	243	120	10	2,5	8	0,05	0,5
6	214	87	10	3,9	12	0,05	0,7
7	320	145	17	3,7	8	0,03	0,6
8	214	90	10	2,7	12	0,03	0,7
9	190	95	17,5	2,8	8	0,04	0,5
10	269	113,5	8,5	2,9	12	0,04	0,7
11	320	164	8,5	3,1	8	0,05	0,6
12	320	152	9	4,0	12	0,05	0,7
13	269	112	14	3,4	8	0,03	0,5
14	190	80	8	2,3	12	0,03	0,7
15	269	100	15	2,4	8	0,04	0,6
16	190	160	10	3,2	8	0,03	0,7
17	320	164	9	2,7	12	0,04	0,6
18	214	145	16	2,3	8	0,03	0,5
19	269	150	15	3,1	12	0,04	0,7
20	214	80	12	2,5	8	0,05	0,6

Приложение 8

Зависимость оптимальной скорости вращения $n_в$ бурового става станков СБШ от $П_б$ и $d_д$



Приложение 9

Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород

$П_б$	≥ 8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

Приложение 10

Исходные данные для расчетов к практической работе № 6
«Расчет производительности карьерных экскаваторов»

Вариант	Модель экскаватора	Категория пород по трудности экскавации	β, град	$T_{см}$, ч/смен	$n_г$, дней/год	Вид транспорта	$k_н$
1	ЭКГ-3,2	III	90	8	260	Авто	0,75
2	ЭКГ-5А	IV	130	12	260	Ж -д.	0,60
3	ЭКГ-8И	V	120	8	250	Авто	0,72
4	ЭКГ-6,3УС	III	100	12	250	Ж -д.	0,63
5	ЭКГ-5А	IV	120	8	250	Авто	0,74
6	ЭКГ-8И	V	130	12	250	Ж -д.	0,68
7	ЭКГ-6,3УС	III	120	8	250	Авто	0,75
8	ЭКГ-12,5	IV	110	12	230	Ж -д	0,65
9	ЭКГ-3,2	V	90	8	260	Авто	0,73
10	ЭКГ-5А	III	120	12	240	Ж -д	0,68
11	ЭКГ-6,3УС	IV	130	8	240	Авто	0,75
12	ЭКГ-8И	V	140	12	240	Ж -д	0,63
13	ЭКГ-12,5	III	150	8	250	Авто	0,73
14	ЭКГ-20	IV	90	12	230	Ж -д	0,64
15	ЭКГ-5А	V	120	8	240	Авто	0,74
16	ЭКГ-3,2	III	110	12	260	Ж -д.	0,65
17	ЭКГ-5А	IV	115	8	240	Авто	0,75
18	ЭКГ-6,3УС	V	140	12	250	Ж -д.	0,68
19	ЭКГ-8И	III	95	8	240	Авто	0,74
20	ЭКГ-12,5	IV	115	12	250	Ж -д.	0,63

Приложение 11

Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность пород в целике ρ, т/м³	$k_р$	$k_н$
I	1,6	1,15	1,05
II	1.8	1,25	1,05
III	2,0	1,35	0,95
IV	2.5	1,50	0,90
V	3,5	1,60	0,90

Приложение 12

Исходные данные для расчетов к практической работе № 7
«Определение производительности карьерных автосамосвалов»

Вариант	Категория пород (по ЕНВ)	Параметры трассы		Исследуемая зависимость
		L, км	$H_п$, м	
1	I	1,2	20	$Q_а = f(L)$
2	II	4,0	80	$Q_а = f(H_п)$
3	III	1,4	40	$Q_а = f(L)$
4	IV	3,8	20	$Q_а = f(H_п)$
5	V	1,6	60	$Q_а = f(L)$
6	I	3,6	200	$Q_а = f(H_п)$
7	II	1,8	100	$Q_а = f(L)$
8	III	3,4	120	$Q_а = f(H_п)$
9	IV	2,0	60	$Q_а = f(L)$
10	V	3,2	140	$Q_а = f(H_п)$
11	I	2,2	80	$Q_а = f(L)$
12	II	3,0	140	$Q_а = f(H_п)$
13	III	2,4	140	$Q_а = f(L)$
14	IV	2,8	60	$Q_а = f(H_п)$
15	V	2,6	160	$Q_а = f(L)$
16	I	4,0	200	$Q_а = f(H_п)$
17	II	1,0	20	$Q_а = f(L)$
18	III	1,4	60	$Q_а = f(H_п)$
19	IV	1,8	80	$Q_а = f(L)$
20	V	3,6	220	$Q_а = f(H_п)$

Приложение 13

Техническая характеристика карьерных автосамосвалов БелАЗ

Показатель	Модель автосамосвала				
	БелАЗ - 7540	БелАЗ - 7548	БелАЗ - 7549	БелАЗ - 7514	БелАЗ - 7521
Грузоподъемность, q_a, т.	30,0	42,0	80,0	120,0	180,0
Собственная масса, G_a, т	21,9	29,5	67,0	95,0	163,0
Геометрическая вместимость кузова, $V_к$, м^3	15,0	21,0	35,0	47,0	84,0
Вместимость кузова «с шапкой», $V'_к$, м^3	18,0	26,0	46,0	61,0	110,0
К. п. д. трансмиссии, $\eta_т$	0,70	0,70	0,78	0,77	0,77
Мощность двигателя, $N_д$, кВт.	310	368,0	809	1029,0	1691
Продолжительность, мин					
маневровых операций при установке на погрузку, $t_{м.п}$	0,50	0,59	0,64	0,70	0,87
маневровых операций при установке на разгрузку, $t_{м.р}$	0,54	0,64	0,69	0,76	0,94
разгрузки, $t_р$	0,67	0,78	1,00	1,17	1,51
Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении, T, м	10,5	11,5	14,5	16,0	19,0

Приложение 14

Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов ($k_{т.г}$)

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{т.г}$ при суточном пробеге, $L_с$, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 42	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
80	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
110 – 180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов ($v_{ср.т}$), км/ч

Расстояние, L, км	Высота подъема горной массы, $H_п$, м												
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,0	22,7	21,1	18,4	16,0									
1,2	23,9	21,8	19,5	17,5	15,8								
1,4	24,1	22,0	20,0	18,3	16,7								
1,6	24,7	22,5	20,6	19,0	17,6	16,3							
1,8	25,3	23,3	21,5	19,9	18,6	17,4	16,2						
2,0	26,0	24,0	22,3	20,8	19,5	18,3	17,2						
2,2	26,7	24,8	23,1	21,7	20,4	19,2	18,1	17,2					
2,4	27,3	25,5	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0	18,0	17,2				
2,6	27,9	26,2	24,6	23,2	22,0	20,8	19,8	18,9	17,9	17,2			
2,8	28,6	26,9	25,4	24,0	22,7	21,6	20,6	19,6	18,8	18,0			
3,0	29,2	27,5	26,1	24,7	23,5	22,4	21,3	20,4	19,5	18,7	18,0		
3,2	29,7	28,2	26,7	25,3	24,2	23,2	22,0	21,1	20,2	19,4	18,6		
3,4	30,4	28,8	27,4	26,1	24,9	23,7	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2	18,2	
3,6	31,0	29,4	28,0	26,7	25,5	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	19,6	18,7	17,7
3,8	31,6	30,0	28,6	27,4	26,1	25,1	24,1	23,1	22,3	21,4	20,2	19,4	18,4
4,0	32,0	30,6	29,2	28,0	26,8	25,7	24,7	23,8	22,9	22,1	20,9	20,0	19,2

Исходные данные к практической работе № 8
«Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»

Вариант	H_y, м	$n_{ур}$	α, град	α_y, град	h_c, м	λ, ед	Исследуемая зависимость Ф от следующих параметров
1	10	3	65	55	16	0,08	$\varphi = f(H_y)$
2	10	4	70	55	12	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
3	12	5	65	52	15	0,06	$\varphi = f(H_y)$
4	12	3	70	64	20	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
5	15	4	70	60	15	0,04	$\varphi = f(H_y)$
6	15	5	75	67	18	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
7	18	3	75	70	12	0,03	$\varphi = f(H_y)$
8	18	4	80	70	10	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
9	10	5	75	68	15	0,06	$\varphi = f(H_y)$
10	15	3	80	69	16	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
11	20	4	65	57	12	0,04	$\varphi = f(H_y)$
12	10	5	70	60	13	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
13	15	3	65	57	10	0,03	$\varphi = f(H_y)$
14	20	4	70	65	15	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
15	12	5	70	59	16	0,06	$\varphi = f(H_y)$
16	10	3	80	68	17	0,03	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
17	12	4	65	58	18	0,04	$\varphi = f(H_y)$
18	20	5	70	60	15	0,06	$\varphi = f(Ш_{р.п})$
19	15	3	70	60	12	0,08	$\varphi = f(H_y)$
20	20	4	75	60	13	0,04	$\varphi = f(Ш_{р.п})$

Исходные данные к практической работе № 9
«Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»

Вариант	W, млн м³	$П_в^г$, млн м³/год	Характеристика складируемых пород	
			тип	ρ, т/м³
1	160	8,0	Рыхлые	1,6
2	180	9,0	Полускальные	1,8
3	200	10,0	Полускальные	2,0
4	220	11,0	Скальные	2,5
5	120	5,0	Скальные	3,5
6	140	6,0	Рыхлые	1,6
7	185	7,5	Полускальные	1,8
8	260	12,5	Полускальные	2,0
9	170	8,5	Скальные	2,5
10	210	9,5	Скальные	3,5
11	250	13,0	Рыхлые	1,6
12	280	13,5	Полускальные	1,8
13	300	14,0	Полускальные	2,0
14	320	14,5	Скальные	2,5
15	195	9,0	Скальные	3,5
16	100	5,0	Рыхлые	1,6
17	150	7,5	Полускальные	1,8
18	200	9,4	Полускальные	2,0
19	210	8,3	Скальные	2,5
20	240	12,7	Скальные	3,5

Приложение 18

Значение коэффициентов $k_{\text{р}}^{\circ}$, $k_{\text{зав}}$ и высоты яруса $h_{\text{я}}$

Породы	$h_{\text{я}}$, м	Значения коэффициентов	
		$k_{\text{р}}^{\circ}$	$k_{\text{зав}}$
Скальные	30 - 60	1,12 - 1,20	0,7
Полускальные, смешанные ...	20 - 40	1,06 - 1,12	0,8
Рыхлые, глинистые	15 - 20	1,05 - 1,07	0,9

Приложение 19

Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда)

Тип бульдозера	Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, м³		
	рыхлые	полускальные	скальные
Д-685 на базе Т-100М	1100	950	750
ДЗ-27 на базе Т-130	1500	1300	1000
Д-575 на базе Т-180	1900	1650	1300
ДЗ-118 на базе ДЭТ-250М	2200	1850	1500
ДЗ-159УХЛ на базе Т-50.01	4740	4000	3230
D10N (фирма «Катерпиллер»)	3730	3130	2536
D11N (фирма «Катерпиллер»)	5510	4630	3750

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

«Технологические расчеты параметров карьера и процессов открытых горных работ»

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Костин А.Л., ст. преп.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА. 4
2. РАСЧЕТ ПАРКА БУРОВОГО СТАНКА 6
3. РАСЧЕТ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ 9
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ....11
5. РАСЧЕТ ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ ДЛЯ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ 14
ПРИЛОЖЕНИЕ №1 *ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ* 17
ПРИЛОЖЕНИЕ №2 ЗАВИСИМОСТЬ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ NB БУРОВОГО СТАВА СТАНКОВ СБШ ОТ ПБ И DД 17
ПРИЛОЖЕНИЕ №3 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА К В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЯ БУРИМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД 18
ПРИЛОЖЕНИЕ №4 КОЭФФИЦИЕНТЫ РАЗРЫХЛЕНИЯ ПОРОД В КОВШЕ ЭКСКАВАТОРА И НАПОЛНЕНИИ КОВША (ПО ЕНВ)....18
ПРИЛОЖЕНИЕ №5 ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ....18
ПРИЛОЖЕНИЕ №6 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ АВТОСАМОСВАЛОВ (КТ.Г)....19
ПРИЛОЖЕНИЕ №7 СРЕДНЕТЕХНИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ (VСР.Т), КМ/Ч. 19
ПРИЛОЖЕНИЕ №8 ЗНАЧЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ , КЗАВ И ВЫСОТЫ ЯРУСА НЯ....19
ПРИЛОЖЕНИЕ №9 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУЛЬДОЗЕРОВ (ПО ДАННЫМ ИНСТИТУТА ГИПРОРУДА). 20

Цель работы – овладеть навыками простейших расчетов объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого, коэффициента вскрыши, производительности и срока службы карьера. Освоить методику расчета производительности и парка оборудования буровых станков типа СБШ, одноковшовых экскаваторов, карьерных автосамосвалов и бульдозеров для отвалообразования.

1. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА.

Ознакомиться с исходными данными в прил. 1. По данным заданного варианта выполнить расчет объема и размеров карьера, запасов полезного ископаемого и среднего коэффициента вскрыши.

Суммарный объем карьера, определяется по формуле, ($V_к$, м^3):

$$V_к = LMH_к + (L+M)H_к^2 \operatorname{ctg}\gamma_{ср} + \frac{\pi}{3} H_к^3 \operatorname{ctg}^2 \gamma_{ср}, \qquad (1.1)$$

где L – длина залежи по простиранию, м;

M – горизонтальная мощность залежи, м;

$H_к$ – глубина карьера, м;

$\gamma_{ср}$ – угол откоса нерабочих бортов карьера, град.

Объем полезного ископаемого в контурах карьера ($V_{п.и}$, м^3)

$$V_{п.и} = ML(H_к - h_н), \qquad (1.4)$$

где $h_н$ – мощность наносов, м.

Промышленные запасы полезного ископаемого в контурах карьера ($Q_{п.и}$, т)

$$Q_{п.и} = V_{п.и}\rho_{п.и}\eta_и, \qquad (1.5)$$

где $\rho_{п.и}$ – объемная масса полезного ископаемого, т/м^3;

$\eta_и$ – коэффициент извлечения, учитывающий потери полезного ископаемого при разработке.

Объем породы в контурах карьера ($V_п$, м^3)

$$V_п = V_к - V_{п.и}. \qquad (1.6)$$

Величина среднего коэффициента вскрыши (объем вынимаемой пустой породы, приходящийся на единицу добываемого полезного ископаемого) $k_{ср}$, м^3/т

$$k_{ср} = V_п / Q_{п.и}. \qquad (1.7)$$

Производительность карьера по вскрыше ($П_в$, м^3/год) приблизительно устанавливается по среднему коэффициенту вскрыши

$$П_в = П_{п.и}\, k_{ср}\, k_н, \tag{1.8}$$

где $П_{п.и}$ – производительность карьера по полезному ископаемому, т/год;

$k_н$ – коэффициент неравномерности распределения вскрыши по годам ($k_н$ = 1,1÷1,3).

Производительность карьера по горной массе ($П_{г.м}$, м^3/год)

$$П_{г.м} = П_{п.и} \frac{1}{\rho_{п.и}} + П_в. \tag{1.9}$$

Суточная производительность карьера по полезному ископаемому ($П^с_{п.и}$, т/сут)

$$П^с_{п.и} = \frac{П_{п.и}}{T_г}, \tag{1.10}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в год ($T_г$ = 350 дней).

Суточная производительность карьера по вскрыше ($П^с_в$, м^3/сут)

$$П^с_в = \frac{П_в}{T_г}. \tag{1.11}$$

Сменная производительность карьера по добыче и вскрыше ($П^{см}_{п.и}$, т/смену; $П^{см}_в$, м^3/смену)

$$П^{см}_{пи} = \frac{П^с_{пи}}{n_{см}}, \qquad П^{см}_в = \frac{П^с_в}{n_{см}} \tag{1.12}$$

где $n_{см}$ – число смен работы карьера в сутках (обычно 2-3 смены).

Срок службы карьера ($T_{сл}$, лет)

$$T_{сл} = \frac{Q_{п.и}}{П_{п.и}} + 1{,}5, \tag{1.13}$$

2. РАСЧЕТ ПАРКА БУРОВОГО СТАНКА

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет технической скорости бурения и сменной производительности бурового станка типа СБШ.

По заданным величинам $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, ρ определяется показатель буримости горных пород ($П_б$)

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\rho, \qquad (2.1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, МПа;

$\sigma_{сд}$ – предел прочности породы на сдвиг, МПа;

ρ – плотность горных пород, т/м^3.

В зависимости от показателей буримости пород ($П_б$) и заданного диаметра долота ($d_д$) по графику (прил. 2) определяется частота вращения бурового става ($n_в$).

Рассчитывается осевое усилие ($P_о$, кН) по выражению

$$P_о \geq kП_б d_д, \qquad (2.2)$$

где $d_д$ – диаметр долота, см;

k – коэффициент, зависящий от показателя буримости (прил. 3).

Техническая скорость бурения ($v_б$, м/ч) скважин станками СБШ определяется по формуле

$$v_б = \frac{P_о n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \qquad (2.3)$$

где $d_д$ – диаметр долота (коронки), см.

Сменная производительность бурового станка ($A_б^{см}$, м/смену) рассчитывается по формуле

$$A_{\text{б}}^{\text{см}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{п.з}} + T_{\text{р}})}{v_{\text{б}}^{-1} + T_{\text{в}}}, \qquad (2.4)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$T_{\text{п.з}}$ – затраты времени на подготовительно-заключительные операции в течение смены, ч/смену;

$T_{\text{р}}$ – затраты времени на ремонты в течение смены, ч/смену;

$T_{\text{в}}$ – затраты времени на вспомогательные операции при бурении в расчёте на 1 м скважины ч/м;

$v_{\text{б}}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

Определяется суточная производительность бурового станка ($A_{\text{б}}^{\text{с}}$, м/смену)

$$A_{\text{б}}^{\text{с}} = A_{\text{б}}^{\text{см}} n_{\text{см}}, \qquad (2.5)$$

где $n_{\text{см}}$ – количество рабочих смен станка в сутки, смен/сут. ($n_{\text{см}} = 2 \div 3$).

Определяется годовая производительность станка ($A_{\text{б}}^{\text{г}}$, м/год)

$$A_{\text{б}}^{\text{г}} = A_{\text{б}}^{\text{с}} n_{\text{р.д.с}}, \qquad (2.6)$$

где $n_{\text{р.д.с}}$ – число рабочих дней станка в году, дней/год (с учетом вычета времени: ремонтов, перемещений с участка на участок, остановок в работе по климатическим условиям и др.). Для станков СБШ $n_{\text{р.д.с}} = 230 \div 280$ дней/год.

Списочный парк станков ($N_{\text{б.с}}$, ед.)

$$N_{\text{б.с}} = \frac{П_{\text{г.м}}}{A_{\text{б}}^{\text{г}} q_{\text{г.м}}}, \qquad (2.7)$$

где $П_{\text{г.м}}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м^3;

$q_{\text{г.м}}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м.

Рабочий парк буровых станков ($N_{\text{бр}}$, ед.)

$$N_{\text{бр}} = \frac{N_{\text{бс}}}{k_{\text{рез}}}, \tag{2.8}$$

где $k_{\text{рез}}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{\text{рез}} = \frac{T_{\text{г}}}{n_{\text{р.д.с}}}, \tag{2.9}$$

где $T_{\text{г}}$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_{\text{г}}$ = 350 дней/год).

3. РАСЧЕТ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет технической, сменной и годовой производительности и параметров забоя одноковшового экскаватора типа ЭКГ в скальных породах.

Определяется техническая производительность экскаватора ($A_т$, м^3/ч)

$$A_т = \frac{3600E}{T_ц} k_э, \tag{3.1}$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$T_ц$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \tag{3.2}$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с;

$$T_ч = \frac{194d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \tag{3.3}$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \tag{3.4}$$

$T_{пов}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с;

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \tag{3.5}$$

$T_р$ – длительность разгрузки ковша, с;

где β – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при E = 1÷3 м^3, $T_р$ = 1,5÷2,5 с;

при E = 3÷8 м^3, $T_р$ = 2,5÷2,7 с;

при E = 12÷20 м^3, $T_р$ = 2,9÷3,5 с);

$k_э$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_э = \frac{k_н}{k_р},$$

где $k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_н$ и $k_р$ принимать по прил. 4 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Сменная производительность экскаватора ($A_{см}$, м^3/смену)

$$A_{см} = A_т \, T_{см} \, k_и \, , \tag{3.6}$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_и$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены.

Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м^3/сут)

$$A_с = A_{см} \, n_{см}, \tag{3.7}$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см} = 2 \div 3$).

Годовая производительность экскаватора ($A_г$, м^3/год)

$$A_г = A_с \, n_г, \tag{3.8}$$

где $n_г$ – число рабочих дней экскаватора в году, дней/год.

Определяется парк экскаваторов. Списочный парк экскаваторов ($N_{эс}$, ед.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{A_г}, \tag{3.9}$$

где $П_{г.м}$ – производительность карьера по горной массе, м^3/год.

Рабочий парк экскаваторов ($N_{эр}$, ед.)

$$N_{эр} = \frac{N_{эс}}{k_{рез}}, \tag{3.10}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва экскаваторов

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_г}, \tag{3.11}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРКА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет сменной производительности автосамосвала.

По заданной модели экскаватора подбирается модель автосамосвала приложени 5. Подбор осуществляется из условия обеспечения рационального соотношения (μ) между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора

$$\mu = \frac{V_{\text{а}}}{E} = 3 \div 5, \tag{4.1}$$

где $V_{\text{а}}$ – геометрическая вместимость кузова выбранного автосамосвала, м^3 (см. приложение 5);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

Производится расчет времени погрузки автосамосвала ($t_{\text{п}}$, мин.) и веса груза в кузове (q, т)

$$t_{\text{п}} = \frac{T_{\text{ц}}^{\text{э}}(n_{\text{min цик}} - 0{,}5)}{60}, \tag{4.2}$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{э}}$ – длительность цикла экскавации, с (см. раздел 3);

$n_{\text{min цик}}$ – количество циклов экскавации при загрузке автосамосвала.

Для определения $n_{\text{min цик}}$ рассчитывается необходимое количество ковшей для полной загрузки автосамосвала ($n_{\text{к}}$):

исходя из грузоподъемности автосамосвала

$$n_{\text{к}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \rho}, \tag{4.3}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

ρ – плотность пород в целике, т/м^3 (значения $k_{\text{н}}$, $k_{\text{р}}$ и ρ принимаются по прил. 6 в зависимости от заданной категории пород);

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»

$$n_{\text{к}} = \frac{0{,}9V'_{\text{а}}}{Ek_{\text{н}}}, \tag{4.4}$$

где $V'_{\text{а}}$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 5), м^3.

Затем сравниваются значения $n_{\text{к}}$, вычисленные по формулам (4.3) и (4.4), выбирается меньшее ($n_{\text{к}}$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$.

Вес груза рассчитывается (q, т)

$$q = \frac{Ek_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} n_{\text{min цик}} \rho. \tag{4.5}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1q_{\text{а}}, \tag{4.6}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_{\text{д}}$, мин.)

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}, \tag{4.7}$$

где L – расстояние транспортирования горной массы, км;

$v_{\text{ср.т}}$ – средняя техническая скорость движения автосамосвала по трассе, км/ч;

$v_{\text{ср.т}}$ определяется в зависимости от заданного расстояния транспортирования (L, км) и высоты подъема горной массы ($H_{\text{п}}$, м) по прил. 7.

Производится расчет продолжительности транспортного цикла ($T^{\text{а}}_{\text{ц}}$, мин.):

$$T^{\text{а}}_{\text{ц}} = t_{\text{о}} + t_{\text{п}} + t_{\text{д}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{м.р}} + t_{\text{р}}\,, \tag{4.8}$$

где $t_{\text{о}}$ – продолжительность ожидания погрузки, мин. ($t_{\text{о}} \approx 0{,}5t_{\text{п}}$);

$t_{\text{п}}$ – продолжительность погрузки автосамосвала, мин.;

$t_{\text{д}}$ – продолжительность движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, мин.;

$t_{м.п}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку (приложение 5), мин.;

$t_р$ – продолжительность разгрузки (приложение 5), мин.

Производится расчет сменной производительности

Производительность автосамосвала по заданной трассе ($Q_а$, т/смену) автосамосвала при $k_и$ = 0,8; $T_{см}$ = 8 ч рассчитывается по формуле:

$$Q_а = N_р q = \frac{T_{см}}{T_ц^а} k_и q, \quad (4.9)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин./смену;

q – вес груза в кузове автосамосвала, т;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_ц^а$ – продолжительность транспортного цикла автосамосвала, мин.;

$N_р$ – количество рейсов автосамосвала в течение смены, рейс/смену.

Рабочий парк автосамосвалов ($N_{а.р}$, ед.)

$$N_{а.р} = \frac{V_{см}}{Q_а}, \quad (4.10)$$

где $V_{см}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{см} = k_н \left(П_{п.и}^{см} + П_в^{см} \rho \right), \quad (4.11)$$

где $k_н$ – коэффициент неравномерности выдачи горной массы из карьера ($k_н$ = 1,1);

$П_{п.и}^{см}$ – сменная производительность карьера по полезному ископаемому, т/смену;

$П_в^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше в целике, м^3/смену;

ρ – плотность вскрышных пород в целике, т/м^3.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{а.и}$, ед.)

$$N_{а.и} = \frac{N_{а.р}}{k_{т.г}}, \quad (4.12)$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 6, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_с$, км/сут)

$$L_с = \frac{2LQ_а}{q} k_о k_{см}, \quad (4.13)$$

где $k_о$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_о$ = 1,05);

$k_{см}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{см}$ = 2,5).

5. РАСЧЕТ ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ ДЛЯ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ

Ознакомиться с исходными данными в приложении 1. По данным заданного варианта выполнить расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Определяется требуемая площадь отвала ($S_о$, м^2)

$$S_о = \frac{V_п k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \quad (5.1)$$

где $V_п$ – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3;

$k_р^о$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 8);

$h_я$ – высота яруса, м (см. прил. 8);

$n_я$ – количество ярусов;

$\eta_о$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_о$ принимать: для одно- и двухъярусных отвалов – 0,8÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5).

Количество отвальных ярусов принимать самостоятельно (на практике отвалы формируются, как правило, из одного-трех ярусов), исходя из необходимости минимизировать площадь отвалов и максимальной общей высоты отвала

не более 120-180 м. По требуемой площади отвала, определяются его размеры в плане: ширина (B, м), длина (L, м). При этом рекомендуется выдерживать соотношение $B : L = 1 : 2$, тогда: $L = \sqrt{2S_0}$.

Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_о$, ед./ч)

$$N_{\text{о}} = \frac{П_{\text{в}}^{\text{ч}} k_{\text{н}}}{q}, \tag{5.2}$$

где $П_{\text{в}}^{\text{ч}}$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$$П_{\text{в}}^{\text{ч}} = \frac{П_{\text{в}}^{см}}{T_{\text{см}}}, \tag{5.3}$$

$k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_{\text{н}} = 1{,}1 \div 1{,}2$);

Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_{\text{б}}$, м^3/смену)

$$Q_{\text{б}} = П_{\text{в}}^{\text{см}} k_{\text{н}} k_{\text{зав}}, \tag{5.4}$$

где $k_{\text{зав}}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 8).

Выбирается модель бульдозера (см. прил. 9) и определяется число бульдозеров в работе ($N_{\text{б}}$, ед.):

$$N_{\text{б}} = Q_{\text{б}} / П_{\text{б}}, \tag{5.5}$$

где $П_{\text{б}}$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 9).

Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{\text{б.и}}$, ед.)

$$N_{\text{б.и}} = 1{,}4\, N_{\text{б}}, \tag{5.6}$$

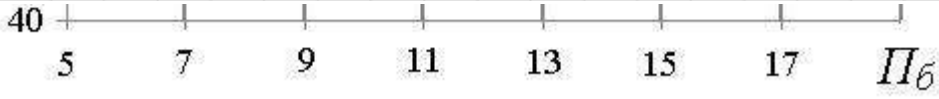
где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

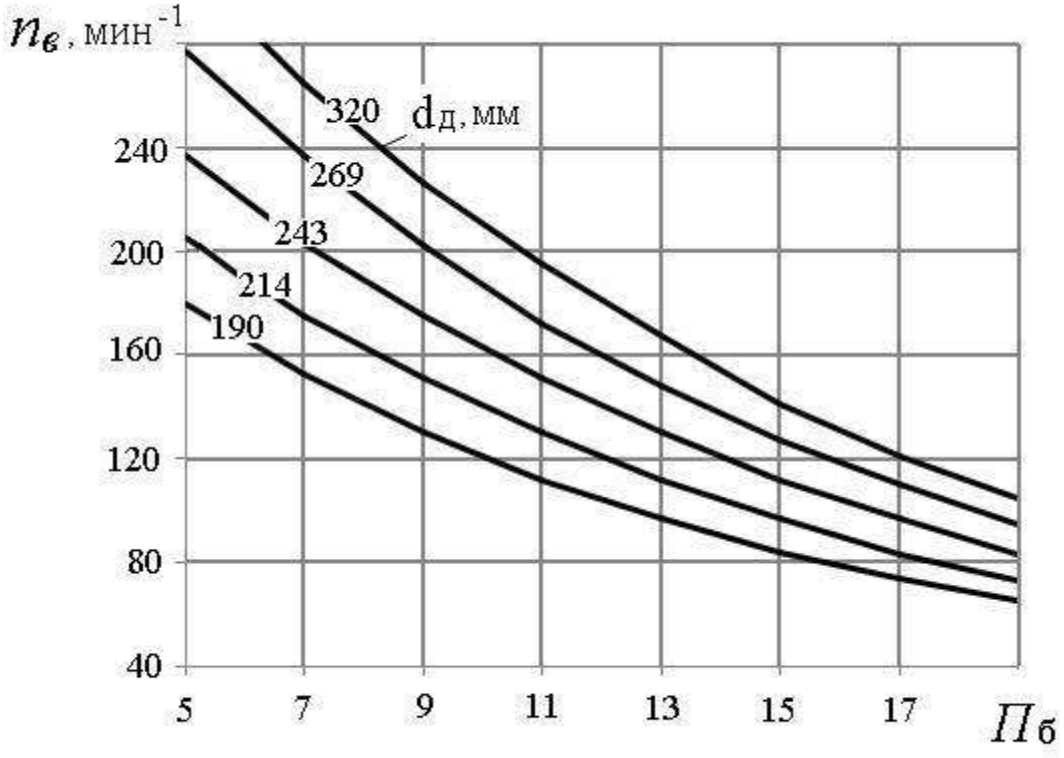
1. *Хохряков, В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /В. С. Хохряков. – 5-е изд. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
2. *Томаков, П. И.; Наумов, И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ /П. И. Томаков, И. К. Наумов: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Моск. горного ин-та, 1992. – 464 с.
3. *Пахомов, Е. М..; Буянов, М. И.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых /Е. М. Пахомов, М. И. Буянов. – М.: Недра, 1990. – 250 с.
4. *Русский, И. И.* Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах /И. И. Русский. – М.: Недра, 1979. – 262 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ №1 *ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ*

Вариант, ГМО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Длина залежи, м	900	1500	700	700	2100	600	1000	1400	2000	900	1200	1300	700	1300	900	2100	1200	1300	1500	2200
Мощность залежи, м	430	450	450	380	330	310	290	480	370	360	350	460	370	430	330	450	430	450	450	310
Глубина карьера, м	340	280	160	390	250	180	120	400	350	160	120	260	230	310	280	340	210	350	330	310
Средний угол откоса, градус	43	46	45	46	42	46	41	42	44	43	43	41	43	43	46	42	45	41	43	44
Мощность наносов, м	50	30	30	40	30	20	10	40	30	20	20	30	40	40	40	50	20	40	30	30
Объемная масса ПИ, т/м3	1,6	2,4	2,7	2,6	1,6	2,7	1,3	1,8	2,7	2	1,9	1,1	1,6	1,5	3,2	1,4	2,9	1,2	1,8	2,3
Коэффициент извлечения, доли ед.	0,94	0,97	0,95	0,9	0,96	0,9	0,97	0,96	0,94	0,96	0,91	0,94	0,94	0,92	0,95	0,92	0,98	0,96	0,96	0,95
Производительность по руде, млн.т/год	10,9	8,6	1,7	8,2	14,7	2	2,9	10,6	4,2	5	1,1	2,9	1	4,7	4,5	17,3	6,1	16	8,3	5,7
Предел прочности на сжатие, мпа	160	230	220	230	130	230	100	130	190	140	140	90	140	140	240	120	220	90	160	190
Предел прочности на сдвиг, мпа	16	27	25	26	13	26	9	12	21	14	14	8	14	14	28	11	25	8	16	20
Диаметр долота, мм	240	300	280	300	200	300	180	200	260	220	220	180	220	220	300	200	300	160	240	260
Время Тв, ч	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,05	0,03	0,02	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,03	0,04	0,02
Время на Тп.з+Тр, ч	0,8	0,8	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6	0,5
Выход взорв. гор. массы, м3/м	27	27	37	33	45	31	50	69	36	36	27	83	36	47	26	24	36	80	36	25
Категория пород по трудности экскавации	3	5	5	5	3	5	2	2	4	3	3	1	3	3	5	2	5	1	3	4
Средний угол поворота экскаватора,град	110	90	130	145	130	110	85	85	80	145	115	115	140	100	90	145	125	85	145	110
Коэффициент использ-ования экскаватора, д.ед.	0,76	0,68	0,66	0,63	0,69	0,62	0,78	0,62	0,77	0,75	0,63	0,68	0,77	0,65	0,73	0,71	0,68	0,71	0,65	0,69
Расстояние транспортирования , км	3,3	2,8	1,8	3,7	2,5	2	1,5	3,8	3,3	1,8	1,5	2,6	2,4	3	2,8	3,3	2,2	3,3	3,2	3
Высота подъема горной массы, м	150	110	70	160	100	70	50	160	140	70	50	110	100	130	120	150	80	140	130	120



П **о**
с



ПРИЛОЖЕНИЕ №3 Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород

$П_б$	≥ 8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

ПРИЛОЖЕНИЕ №4 Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность пород в целике ρ, т/м^3	$k_р$	$k_н$
I	1,6	1,15	1,05
II	1,8	1,25	1,05
III	2,0	1,35	0,95
IV	2,5	1,50	0,90
V	3,5	1,60	0,90

ПРИЛОЖЕНИЕ №5 Техническая характеристика карьерных автосамосвалов БелАЗ

Показатель	Модель автосамосвала				
	БелАЗ - 7540	БелАЗ - 7548	БелАЗ - 7549	БелАЗ - 7514	БелАЗ - 7521
Грузоподъемность, $q_а$, т……..	30,0	42,0	80,0	120,0	180,0
Собственная масса, $G_а$, т…….	21,9	29,5	67,0	95,0	163,0
Геометрическая вместимость кузова, $V_а$, м^3…….	15,0	21,0	35,0	47,0	84,0
Вместимость кузова «с шапкой», $V'_а$, м^3 ……	18,0	26,0	46,0	61,0	110,0
К. п. д. трансмиссии, $η_т$ ……..	0,70	0,70	0,78	0,77	0,77
Мощность двигателя, $N_д$, кВт…….	310	368,0	809	1029,0	1691
Продолжительность, мин:					
маневровых операций при установке на погрузку, $t_{м.п}$ …….	0,50	0,59	0,64	0,70	0,87
маневровых операций при установке на разгрузку, $t_{м.р}$ …….	0,54	0,64	0,69	0,76	0,94
разгрузки, $t_р$ …….	0,67	0,78	1,00	1,17	1,51
Ширина проезжей части автодороги при двухполосном движении, T, м	10,5	11,5	14,5	16,0	19,0

ПРИЛОЖЕНИЕ №6 Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов (kт.г)

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{т.г}$ при суточном пробеге, L_c, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 42	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
80	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
110 – 180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

ПРИЛОЖЕНИЕ №7 Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов (vср.т), км/ч.

Расстояние, L, км	Высота подъема горной массы, $H_п$, м												
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,0	22,7	21,1	18,4	16,0									
1,2	23,9	21,8	19,5	17,5	15,8								
1,4	24,1	22,0	20,0	18,3	16,7								
1,6	24,7	22,5	20,6	19,0	17,6	16,3							
1,8	25,3	23,3	21,5	19,9	18,6	17,4	16,2						
2,0	26,0	24,0	22,3	20,8	19,5	18,3	17,2						
2,2	26,7	24,8	23,1	21,7	20,4	19,2	18,1	17,2					
2,4	27,3	25,5	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0	18,0	17,2				
2,6	27,9	26,2	24,6	23,2	22,0	20,8	19,8	18,9	17,9	17,2			
2,8	28,6	26,9	25,4	24,0	22,7	21,6	20,6	19,6	18,8	18,0			
3,0	29,2	27,5	26,1	24,7	23,5	22,4	21,3	20,4	19,5	18,7	18,0		
3,2	29,7	28,2	26,7	25,3	24,2	23,2	22,0	21,1	20,2	19,4	18,6		
3,4	30,4	28,8	27,4	26,1	24,9	23,7	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2	18,2	
3,6	31,0	29,4	28,0	26,7	25,5	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	19,6	18,7	17,7
3,8	31,6	30,0	28,6	27,4	26,1	25,1	24,1	23,1	22,3	21,4	20,2	19,4	18,4
4,0	32,0	30,6	29,2	28,0	26,8	25,7	24,7	23,8	22,9	22,1	20,9	20,0	19,2

ПРИЛОЖЕНИЕ №8 Значение коэффициентов , kзав и высоты яруса hя

Породы	$h_я$, м	Значения коэффициентов	
		$k_р^о$	$k_{зав}$
Скальные …….	30 - 60	1,12 - 1,20	0,7
Полускальные, смешанные ……...	20 - 40	1,06 - 1,12	0,8
Рыхлые, глинистые ……	15 - 20	1,05 - 1,07	0,9

ПРИЛОЖЕНИЕ №9 Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда).

Тип бульдозера	Сменная (за 8 ч) производительность при дальности перемещения грунта до 10 м в породах, $м^3$		
	рыхлые	полускальные	скальные
Д-685 на базе Т-100М	1100	950	750
ДЗ-27 на базе Т-130	1500	1300	1000
Д-575 на базе Т-180	1900	1650	1300
ДЗ-118 на базе ДЭТ-250М	2200	1850	1500
ДЗ-159УХЛ на базе Т-50.01	4740	4000	3230
D10N (фирма «Катерпиллер»)	3730	3130	2536
D11N (фирма «Катерпиллер»)	5510	4630	3750

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 337 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-механического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)

№ 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА…….4
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ……..…5
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА……8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 180 часов или 5 зачетных единиц. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы – 89 часов, заочной – 151 часов.

По курсу «Открытая геотехнология» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

Контрольные вопросы и упражнения предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «*Открытая геотехнология*». Она содержит названия 7 основных тем с указанием основных вопросов и разделов темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1]. 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 учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. 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.

6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

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.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА.
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

Тема № 1. Способы добычи полезных ископаемых, их достоинства и недостатки.

Способы добычи полезных ископаемых. Достоинства и недостатки открытой разработки. Сырьевая база горного производства. Технологические свойства горных пород. Элементы и формы залегания месторождений. Продукция горного производства, запасы, качество, потери полезного ископаемого ([1], С. 9-23).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные способы добычи полезных ископаемых?
2. Перечислите достоинства и недостатки открытой разработки?
3. . Перечислите технологические свойства горных пород?
4. Что является продукцией горного предприятия и как определяется ее качество?

Тема № 2. Основные горнотехнические понятия, термины и определения. Элементы карьера и уступа.

Карьер, земельный отвод и горный отвод. Открытые горные выработки. Элементы уступа. Рабочая площадка. Элементы карьера. ([1], С. 23-30).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что называют карьером, земельным отводом и горным отводом?
2. Перечислите основные горные выработки?
3. Изобразите уступ и перечислите его элементы?
4. Изобразите карьер и перечислите его элементы?

Тема № 3. Подготовка горных пород к выемке.

Механическое рыхление горных пород. Способы и технические средства бурения взрывных скважин. Типы буровых станков. Конструкция взрывных скважин. Взрывчатые вещества. Средства взрывания Расчет параметров буровзрывных работ. Техника безопасности при производстве буровзрывных работ. ([1], С. 45-70).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как и когда осуществляется механическое рыхление пород?

2. Перечислите способы и технические средства бурения взрывных скважин?

3. Перечислите типы буровых станков и условия их применения?

4. Изобразите взрывную скважину и опишите ее конструкцию?

5. Перечислите взрывчатые вещества, применяемые на ОГР и их состав?

6. Перечислите средства взрывания?

7. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве буровзрывных работ?

Тема № 4. Выемочно-погрузочные работы.

Классификация, принцип действия и область применения выемочно-погрузочного оборудования, его основные параметры. Паспорт забоя экскаватора. Расчет производительности и показателей работы выемочно-погрузочного оборудования. Техника безопасности при производстве выемочно-погрузочных работ. ([1], С. 83-134).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите и опишите основное выемочно-погрузочное оборудование, применяемое на ОГР?

2. Вычертите паспорт забоя карьерного экскаватора?

3.Перечислите какие параметры и факторы влияют на производительность экскаватора?

4. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве выемочно-погрузочных работ

Тема № 5. Транспортирование горной массы.

Виды карьерного транспорта. Условия и область применения различных видов транспорта. Транспортные машины. Схемы транспортирования. Расчет показателей работы транспортных машин. Техника безопасности при работе карьерного транспорта. ([1], С. 135-155).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите основные виды карьерного транспорта и опишите условия их применения?

2.Перечислите какие параметры и факторы влияют на производительность транспортных машин?

3. Перечислите основные требования техники безопасности при работе карьерного транспорта?

Тема № 6. Отвалообразование.

Способы отвалообразования. Механизация отвальных работ при различных видах транспорта на вскрышных работах. Техника безопасности при производстве отвальных работ. ([1], С. 160-179).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Перечислите основные способы отвалообразования?

2.Перечислите оборудование, которое используется при отвалообразовании?

3. Перечислите основные требования техники безопасности при производстве отвальных работ?

Тема № 7. Вскрытие и системы разработки месторождений.

Системы разработки месторождений и их классификация. Основные элементы системы разработки. Расчет их параметров. Виды вскрывающих выработок. Параметры и способы проходки траншей. ([1], С. 231-277).

Дополнительная литература: ([2, 3, 4],

Контрольные вопросы и упражнения:

1.Приведите классификацию систем разработки при ОРГ?

2. Назовите основные элементы системы разработки и их параметры?

3. Перечислите вскрывающие выработки?

4. Назовите основные параметры траншей?

5. Назовите основные способы проходки траншей?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1991. 336 с.

2. Половов Б.Д., Химич А.А., Валиев Н.Г. Основы горного дела: общие сведения и понятия горного дела. Подземная, открытая и строительная геотехнологии: учебник для вузов / Б. Д. Половов, А. А. Химич, Н. Г. Валиев; ФГБОУ ВПО «Урал. гос. горный ун-т». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. 789 с.

3. Ржевский В.В. Открытые горные работы: производственные процессы: учебник.8-е изд. . М:- : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 512 с.

4. Ржевский В.В. Открытые горные работы: технология и комплексная механизация: учебник.8-е изд.. М:- : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. 552 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

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

ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль):
«Обогащение полезных ископаемых»
квалификация выпускника: **специалист**

Автор: Потапов В.В. доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Горного дела
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Валиев Н.Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..…….5

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…7

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ…… 11

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……...……..11

ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ……...11

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..12

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знании должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа - лекционные, практические занятия;

2. внеаудиторная самостоятельная работа – дополнение лекционных материалов, подготовка к практическим занятиям, подготовка к участию в деловых играх и дискуссиях, выполнение письменных домашних заданий, Контрольных работ (рефератов и т.п.) и курсовых работ (проектов), докладов и др.

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине «*Подземная геотехнология*» обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к выполнению *контрольной работы* и сдаче *зачета(экзамена)*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «*Подземная геотехнология*» являются:

- повторение материала лекций;

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям;

- подготовка к тестированию;

- подготовка контрольной работы;

- подготовка к зачету(экзамену).

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1. Основные элементы горнопромышленного комплекса

1.Как классифицируются горные породы по происхождению?

2.Поясните термины: полезное ископаемое, пустая порода, месторождение полезного ископаемого.

3.Дайте определение и нарисуйте следующие формы залегания полезных ископаемых: пласт, жила, линза, шток, гнезда.

4.Дайте определение и нарисуйте следующие виды геологических нарушений: складчатость, сброс, взброс.

5.Поясните элементы залегания пластов.

6.Поясните классификацию угольных пластов по мощности и углу падения.

7.Дайте определение запасам: геологическим, балансовым, промышленным.

8.Как определяются коэффициенты потерь и извлечения?

9.Назовите стадии разработки месторождений полезных ископаемых.

10.Назовите виды горнодобывающих предприятий и дайте им характеристику.

11.Назовите наиболее важные процессы по обеспечению добычи полезных ископаемых подземным способом.

12.Назовите достоинства и недостатки открытых горных работ.

Тема 2. Основы разрушения горных пород

1.Дайте определение терминам: производственный процесс, рабочий процесс, горные работы.

2.Назовите способы выполнения горных работ и условия их применения.

3.Охарактеризуйте свойства горных пород, влияющие на эффективность механического разрушения.

4.Поясните разрушение угля комбайнами и стругами.

5.Поясните сущность гидравлического разрушения пород и угля и условия его применения.

6.Охарактеризуйте взрывной способ разрушения горных пород.

7.Назовите методы ведения взрывных работ.

8.Поясните шпуровой метод взрывных работ.

9.Как классифицируются промышленные взрывные вещества?

10.Поясните устройство электродетонатора.

11.Поясните основные меры безопасности при ведении взрывных работ в шахте.

Тема 3. Проведение подземных горных выработок

1.Поясните расчет нагрузки на крепь горной выработки на основе гипотезы М.М. Протодьяконова.

2.Как проявляется горное давление в горных выработках?

3.Из каких материалов изготавливают крепи для горных выработок?

4.Какие требования предъявляются к крепям горных выработок?

5.Нарисуйте конструкцию деревянной крепи горной выработки.

6.Нарисуйте конструкцию металлической трехзвенной арочной крепи из спецпрофиля.

7.Поясните принцип работы анкерной крепи.

8.Как определяются размеры поперечного сечения подготовительной выработки?

9. Назовите величины регламентированных "Правилами безопасности" минимальных площадей поперечного сечения горных выработок.

10.Поясните основные виды врубов при взрывном способе проходки выработок.

11.Какие основные правила безопасности необходимо соблюдать при ведении буровзрывных работ в проходческом забое?

12.Какие средства механизации применяются для погрузки отбитой породы?

13.Поясните комбайновый способ проведения горных выработок.

14.Поясните особенности проведения наклонных горных выработок.

15.Что такое технологический паспорт проведения горной выработки?

Тема 4. Основы подземной разработка пластовых месторождений

1.Назовите основные стадии разработки месторождений полезных ископаемых.

2.Поясните деление шахтного поля на этажи, панели, блоки.

3.Поясните основные способы вскрытия шахтных полей.

4.Назовите основные схемы вскрытия шахтных полей и поясните условия их применения.

5.Поясните индивидуальную и групповую подготовку пластов.

6.Поясните назначение и основные камеры околоствольных дворов.

7.Что включает в себя технологический комплекс поверхности шахты?

8.Назовите процессы и технологические схемы механизированной выемки угля.

9.Дайте общую характеристику современным угольным комбайнам.

10.Поясните общее устройство механизированной крепи.

11.Что входит в состав очистного механизированного комплекса?

12.Как классифицируются породы кровли угольных пластов?

13.Что такое горное давление и как оно проявляется в очистном забое?

14.Поясните сущность и способы управления горным давлением.

15.Какие рабочие процессы входят в состав выемочного цикла в очистном забое и в какой последовательности они выполняются?

16.Что такое система разработки.

17.Нарисуйте и объясните систему разработки длинными столбами по простиранию при панельной подготовке пласта.

Тема 5. Основы подземной разработки рудных месторождений

1.Дайте определение руде, рудной массе, понятии «разубоживание»

2.Поясните основные особенности разработки рудных месторождений.

3.Поясните основные способы и схемы вскрытия рудников.

4.Назовите и охарактеризуйте основные способы отбойки руды.

5.Поясните основные способы управления кровлей при разработке руд.

6.Назовите основные системы разработки рудных тел и поясните их сущность.

7. Назовите классы систем разработки рудных месторождений.

8. Назовите основные производственные процессы очистной выемки.

9. Порядок вскрытия этажей. Достоинства и недостатки вскрытия концентрационными квершлагами.

10. Приведите классификацию рудных месторождений по мощности рудного тела.

11. Выбор системы разработки. Факторы, влияющие на выбор системы разработки.

12. Состав производственных процессов и их взаимосвязь.

13. Порядок и способы очистной выемки в этаже

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ (ВКР), а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и руководителями ВКР, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов,

терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую

очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности,

повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

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.

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 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа – это письменная работа, выполняемая студентами самостоятельно, преимущественно по общим математическим и естественно-научным, а также специальным дисциплинам, в которой, как правило, решаются конкретные задачи.

Цель контрольной работы – оценка качества усвоения студентами отдельных, наиболее важных разделов, тем и проблем изучаемой дисциплины, умения решать конкретные теоретические и практические задачи.

Контрольная работа, как правило, имеет аналитическую или описательную части, может решать проблемные ситуации путем проведения численного моделирования или расчетов, в том числе с использованием ПК. По типу они могут иметь характер задач, расчётов, алгоритмов, программ и т.п.

Контрольные работы выполняются студентами самостоятельно в соответствие с учебным планом.

Структура контрольной работы зависит от специфики изучаемой дисциплины. В общем виде контрольная работа должна содержать: титульный лист, введение, основную часть и заключение.

Во введении приводится формулировка контрольного задания, кратко излагается цель контрольной работы, место и роль рассматриваемого вопроса (проблемы) в изучаемой учебной дисциплине.

Основная часть контрольной работы должна, как правило, содержать основные определения, обоснования и доказательства, описание методики расчёта (формулы), а также иметь ссылки на используемые источники информации. Материал работы и ее отдельные положения должны быть взаимосвязаны. Основная часть может также включать анализ теории вопроса по теме контрольной работы. Здесь же приводятся исходные данные и значения параметров в соответствии с заданием на контрольную работу. После этого излагается ход рассуждений, описывается последовательность расчётов, приводятся промежуточные доказательства и результаты решения всей поставленной задачи.

В заключении формулируются краткие выводы по выполненной контрольной работе, а в её конце приводится список использованных источников информации.

Контрольные работы обучающихся выполняются согласно учебному графику и сдаются преподавателю за месяц до защиты контрольной работы. Преподаватель делает отметку о приеме работы в графике сдачи контрольных работ.

Ведущий преподаватель после проверки на титульном листе ставит оценку («зачтено» или «не зачтено») и подписывается. Выявленные в ходе проверки преподавателем замечания фиксируются на полях работы. Контрольные работы, выполненные с нарушением установленных требований, а также их ксерокопии к рассмотрению не принимаются.

Типичными ошибками, допускаемыми обучающихся при подготовке контрольной работы, являются:

– содержание работы не соответствует цели и поставленным задачам контрольной работы;

– нарушение требований к оформлению контрольной работы;

– использование информации без ссылок на источник;

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету(экзамену)* по дисциплине «*Подземная геотехнология*» 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 *Подземная геотехнология*».

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(экзамене)* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете(экзамене)* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету(экзамену)* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

А. М. Вандышев, В. В. Потапов

ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

по выполнению практических работ по дисциплине
«Основы горного дела»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации
«Обогащение полезных ископаемых»

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Одобрено
Методической комиссией
горно-технологического факультета
« 19 » апреля 2019 г.
Председатель комиссии

_____ Колчина Н. В.
(подпись)

А. М. Вандышев, В. В. Потапов

ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

по выполнению практических работ по дисциплине
«Основы горного дела»
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации
«Обогащение полезных ископаемых»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

УДК 622.34
В 17

Рецензент: Беркович В. Х., канд. техн. наук, доцент кафедры ГД
(ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»)

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры горного дела 17 апреля 2019 (протокол № 7-17.04.2019) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Вандышев А. М. , Потапов В. В.

В 17 ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ. Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ по дисциплине «Основы горного дела» для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации «Обогащение полезных ископаемых»

Изложены теоретические основы, методические указания и задания по практическим работам. Приведены примеры выполнения работ.
Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 21.05.04 Горное дело специализации «Обогащение полезных ископаемых»

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Вандышев А. М., 2019
Потапов В. В., 2019

1. ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ И ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЛЕГАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Цель работы. Закрепление и углубление знаний студентов по условиям и элементам залегания угольных пластов, а также привитие студентам навыков по определению основных параметров залегания полезных ископаемых.

Теоретические основы выполнения работы.

По форме залегания месторождения твердых полезных ископаемых подразделяются на правильные и неправильные.

К правильным месторождениям относятся пласты (рис. 1.1, *а*) и пластообразные залежи.

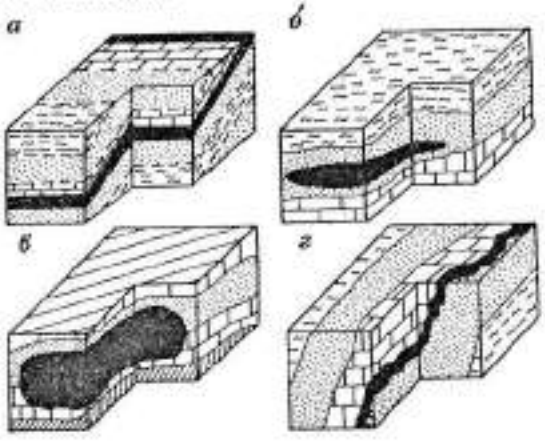


Рис .1.1. Форма залегания полезных ископаемых в недрах:
а – пласт; *б* – линза; *в* – гнездо; *г* – жила

Пластом называется плитообразная залежь, имеющая значительное распространение в земной коре и ограниченная двумя более или менее параллельными плоскостями. Весьма тонкие пласты, не разрабатываемые вследствие малой мощности (до 0,4 м), называются прослойками. Плоскости соприкосновения пластов отдельных пород называются плоскостями напластования.

Породы, залегающие над пластом полезного ископаемого, называются кровлей или висячим боком, залегающие ниже пласта, – почвой или лежачим боком.

Пласты могут иметь однородное (простое) и сложное строение (рис. 1.2). Тонкие слои пустой породы, заключенные в пласте, называются прослойками.

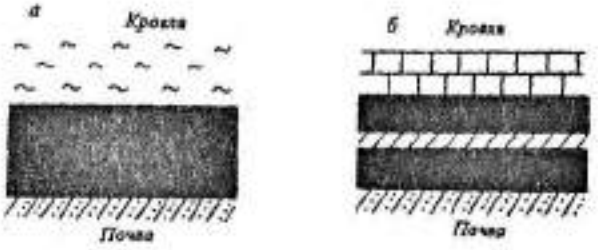


Рис. 1.2. Строение пластов:
а – простое; *б* - сложное

Правильную форму залегания обычно имеют месторождения полезных ископаемых осадочного происхождения (уголь, горючие сланцы, различные соли, гипс, марганцевые руды и т. п.).

Часть пласта, выходящая на земную поверхность или находящаяся неглубоко от нее под наносами, называется выходом пласта под наносы. Пласты угля залегают согласно, если они в земной коре расположены параллельно друг другу. Несколько согласно залегающих пластов составляют свиту.

К неправильным месторождениям относятся линзы (рис. 1.1, *б*), гнезда (рис. 1.1, *в*), жилы (рис. 1.1, *г*). Неправильную форму залегания имеют, как правило, рудные месторождения.

Жилой называется заполненная минеральным веществом трещина в земной коре. Жилы бывают простые и сложные. Ответвления от жил называют апофизами.

Такие формы залегания, как линзы, гнезда, штоки, представляют собой полости в земной коре, заполненные минеральным веществом. Они отличаются друг от друга формой и размерами. Такую форму залегания имеют месторождения железных, медных, полиметаллических и других руд.

Пласты горных пород в период образования залегали более или менее горизонтально, но под действием тектонических (горообразовательных) процессов, протекавших в земной коре, первоначальное залегание пород нарушилось в той или иной степени. В некоторых районах пласты оказались собранными в складки. Они могут занимать любое положение в земной коре.

Нарушения нормального залегания пластов называются дислокациями. Дислокации без разрыва сплошности называются пликативными, с разрывом сплошности – дизъюнктивными.

К пликативным нарушениям относятся утолщения и утонения пластов, а также складчатость (рис. 1.3).

В разрезе складки в горизонтальной плоскости в центре расположено **ядро**, а вокруг – боковые части или **крылья** складки. Если в ядре залегают более молодые породы, чем в крыльях, то складку называют синклинальной или сокращенно **синклиналью** (см. рис. 1.3, *а*).

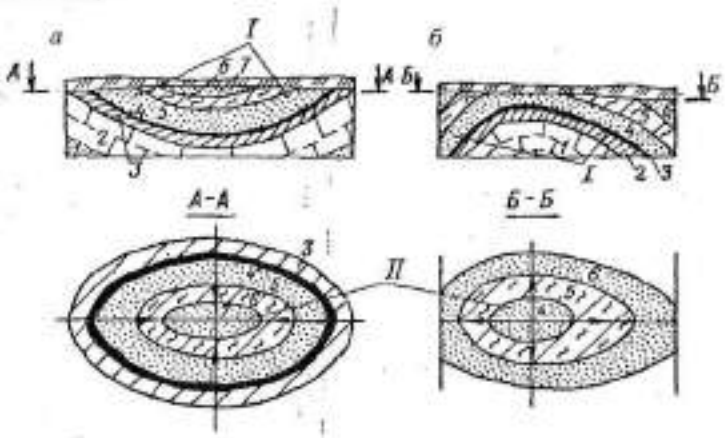


Рис. 1.3. Синклинальная (*а*) и антиклинальная (*б*) складки угольного пласта и вмещающих пород (стрелками на плане показано падение крыльев складок):
I - крылья складки; *II* - ядро складки; *1 - 7* – номера слоев горных пород в порядке убывания их геологического возраста

Если ядро складки сформировано более древними породами, чем крылья, то такую складку называют антиклинальной или **антиклиналью** (рис. 1.3, *б*). В синклинальной складке падение направлено к ядру, в антиклинальной – от ядра к ее краевым частям.

К дизъюнктивным (разрывным) нарушениям относят сброс, взброс, надвиг, сдвиг, грабен, горст. Для дизъюнктивного нарушения характерно наличие поверхности внутри горного массива, по которой произошли разрыв и последующие перемещения блоков сместителя. Породы, залегающие над сместителем, называют его висячим крылом, под сместителем - лежачим крылом. Угол между плоскостью сместителя и горизонтальной плоскостью называют углом падения сместителя.

Сброс образуется в том случае, если породы висячего крыла в результате тектонических движений оказываются опущенными по отношению к породам лежачего крыла (рис. 1.4, *а*).

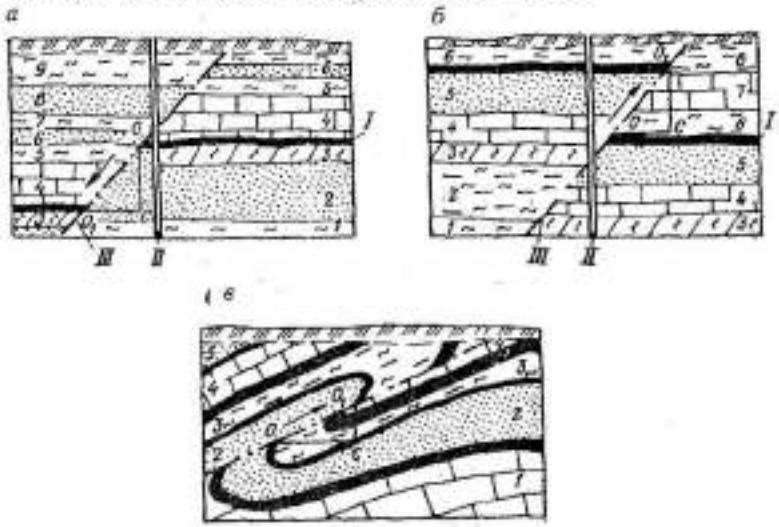


Рис.1.4. Сброс (*а*), взброс (*б*) и надвиг (*в*) пород:
1 - 9 - номера слоев горных пород в порядке убывания их геологического возраста; *I* – угольный пласт; *II* – разведочная скважина; *III* – след плоскости смещения

Взброс – такое разрывное нарушение залегания пласта, когда породы висячего крыла смещены вверх над породами лежачего крыла (рис. 1.4, *б*). Плоскость смещения при взбросе называют взбрасывателем. Для безошибочного распознавания типа нарушения следует пронумеровать слои пород и пласты в порядке убывания их геологического возраста и через плоскость смещения мысленно провести вертикальную скважину. При сбросе по линии скважины наблюдается пропуск слоев или пластов, при взбросе – их повторение.

Надвиг – взброс, у которого плоскость взбрасывателя наклонена на угол до 45° при значительном горизонтальном смещении взброшенного крыла (рис. 1.4, *в*). Сдвиг – разрыв с перемещением (раздвижкой) крыльев в горизонтальном направлении. Грабен и горст представляют собой блокообразное опускание и поднятие горных пород. Каждый из них имеет два разрыва и три крыла.

Перемещение какой-либо точки горных пород от начального ее положения по горизонтали (отрезок A_1M) называют горизонтальной, по вертикали (отрезок AM) – вертикальной амплитудой нарушения. На рис. 1.5 показаны элементы разрывных нарушений: простирание, характеризуемое азимутом линии простирания, и падение, характеризуемое углом падения, азимутом линии падения и амплитудой.

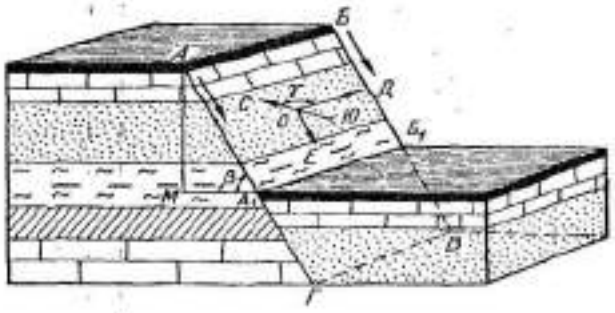


Рис.1.5. Элементы залегания геологического нарушения пласта типа сброса:
АБВГ – плоскость сместителя; *ОД* и *ОЕ* – соответственно простирание и падение сбрасывателя; *АМ* и MA_1 - соответственно вертикальная и горизонтальная амплитуды нарушения; γ - азимут линии простирания; β – угол падения сбрасывания

Для правильного выбора способа, технологии и средств механизации ведения горных работ важно возможно точнее знать не только форму, простирание, падение и мощность угольных пластов, но и тип, число и элементы залегания геологических нарушений.

Положение пластов в земной коре определяется элементами их залегания. К ним относятся простирание, угол падения и мощность.

Положение пласта в пространстве определяется линией простирания – линией пересечения пласта с любой горизонтальной плоскостью (рис. 1.6). Направление линии простирания в пространстве принято называть простиранием пласта. Так как линия простирания всегда лежит в горизонтальной плоскости, то на плане ее длина изображается без искажений.

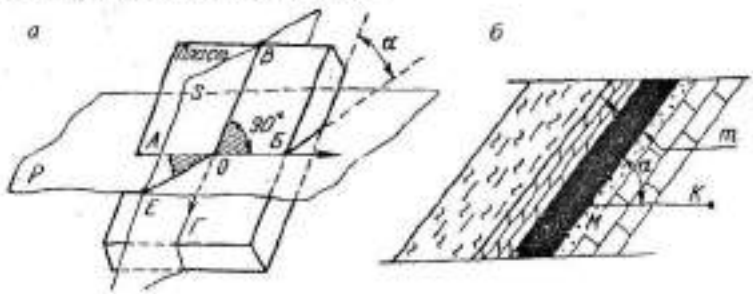


Рис. 1.6. Элементы залегания угольного пласта:
а – общий вид; *б* – вертикальный разрез, проведенный перпендикулярно к линии простирания; *P* – горизонтальная плоскость; *S* - вертикальная плоскость; *EO, MK* – линии вареет простирания; α – угол падения; *m* – мощность пласта; $\angle AOE = 90°$

Направление простирания пласта определяется углом, который составляет линия простирания с меридианом.

Линия, лежащая в плоскости пласта перпендикулярно линии простирания, называется линией падения, а само направление этой линии – падением пласта.

Угол, который составляет линия падения пласта с горизонтальной плоскостью, называется углом падения пласта.

В зависимости от формы залегания и способа разработки полезных ископаемых их делят на горизонтальные, пологие, крутонаклонные и крутые (табл. 1.1).

Таблица 1.2

Классификация залежей полезных ископаемых по мощности

Тип пласта (залежи) по мощности	Мощность, м			
	угольных пластов			рудных месторождений
	при подземной разработке	при открытой разработке		
		горизонтальные и пологие	наклонные и крутые	
Весьма тонкий	до 0,7	-	-	до 0,6
Весьма малой мощности	-	до 3-5	до 15-25	-
Тонкий	0,71-1,2	-	-	0,6-2
Малой мощности	-	6-20	25-75	-
Средней мощности	1,21-3,5	20-40	75-100	2-5
Мощный	> 3,5	-	-	5-20
Весьма мощный	-	-	-	>20
Большой мощности	-	> 40	>100	-

Содержание и порядок выполнения работы

Первоначально студенты должны ознакомиться с теоретическими основами работы. Затем по планам горных работ они знакомятся с правилами нанесения элементов залегания пластов, изучают их структурные колонки, устанавливают наличие и вид геологических нарушений

При работе с планами и схемами горных работ студенты осуществляют зарисовку структурных колонок пластов, геологических нарушений (по указанию преподавателя) с основными элементами их залегания.

Далее следует ознакомиться с примерами и выполнить соответствующие расчеты для заданных преподавателем условий.

Пример 1. *Мощность угольного пласта* $m = 2,5$ *м, угол падения* $\alpha = 20°$. *Определить горизонтальную* $m_г$ *и вертикальную* $m_в$ *мощности пласта.*

Решение.

$$m_г = \frac{2,5}{\sin 20^\circ} = \frac{2,5}{0,342} = 7,2 \text{ м};$$

$$m_в = \frac{2,5}{\cos 20^\circ} = \frac{2,5}{0,946} = 2,6 \text{ м}.$$

Пример 2. *Из данных геологоразведочных работ известны значения вертикальной мощности $m_в$ = 3,0 м и угла падения пласта* α=25 °. *Определить истинную m и горизонтальную $m_г$ мощности пласта*

Решение.

$$m = 3,0 \cdot \cos 25^\circ = 3,0 \cdot \cos 25^\circ = 3,0 \cdot 0,914 = 2,75 \text{ м};,$$

$$m_г = \frac{2,75}{\sin 25^\circ} = \frac{2,75}{0,42} = 6,5 \text{ м}$$

Контрольные вопросы

1. Что такое угольный пласт?
2. Что называется простиранием пласта?
3. Что называется углом падения пласта?
4. Приведите классификацию угольных пластов по углу падения.
5. Приведите классификацию угольных пластов по мощности.
6. Какие угольные пласты относятся к угольным пластам сложного строения?
7. Что называется истинной мощностью пласта?
8. Чем принципиально различаются группы пликативных и дизъюнктивных нарушений?
9. Чем отличается синклиналь от антиклинали?
10. Чем отличается сброс от взброса?

Рекомендуемая литература

1. Основы горного дела: учебник для вузов / В. П. Егоров [и др.] – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 408 с.

2. ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ И ЭЛЕМЕНТОВ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ

Цель работы. Закрепление знаний о формах и элементах шахтных полей на примерах реально существующих шахт, а также приобретение навыков по определению размеров шахтного поля по простиранию и падению и построения по разведочным линиям геологических разрезов вкрест простирания пластов.

Теоретические основы выполнения работы. Промышленное предприятие, предназначенное для разработки или разведки месторождений полезных ископаемых, называют **горным предприятием**. Горное предприятие, осуществляющее добычу угля подземным способом, называют **шахтой**. Месторождение или его часть, отводимая для разработки одной шахте, называется **шахтным полем**.

Шахтное поле имеет границы по восстанию, падению и простиранию (рис. 2.1).

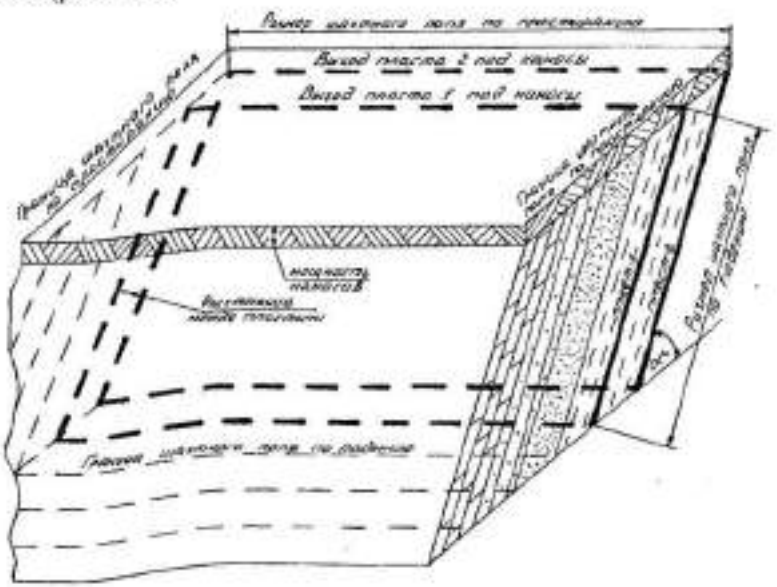


Рис. 2.1. Элементы шахтного поля

Границы шахтного поля могут быть фиксированными и условными. Форма шахтных полей может быть различной. Если все месторождение разрабатывают только одной шахтой, то его форма предопределяет конфигурацию шахтного поля, а границы месторождения и шахтного поля совпадают. Если же месторождение делят на несколько шахтных полей, то при выдержанных элементах залегания пластов шахтному полю по возможности придают форму прямоугольника, вытянутого по простиранию.

При невыдержанных элементах залегания пластов и в случае, если в пределах месторождения имеются крупные геологические нарушения, а также охранные целики под зданиями и сооружениями и водоемами, шахтные поля могут иметь самую разнообразную конфигурацию (рис. 2.2). Их границы в данном случае являются фиксированными.

Параметрами шахтного поля являются размеры по простиранию и падению. Размером по простиранию (S) называется наибольшее расстояние между боковыми границами шахтного поля.

Размером по падению (H) называется наибольшее расстояние между верхней и нижней границами шахтного поля в плоскости пласта.

Размеры полей угольных шахт колеблются в широких пределах. На пологих пластах они составляют 3 - 10 км по простиранию и до 2 - 3 км по падению, при наличии в шахтном поле мощных крутых пластов – 3 - 4 км по простиранию и до 0,7 - 1,5 км по падению.

Шахтное поле со всеми расположенными в их пределах выработками изображают на специальных (маркшейдерских) планах: при пологом, наклонном и крутонаклонном залегании пластов в виде проекции на горизонтальную плоскость, при крутом падении – на вертикальную плоскость (рис. 2.3). Возможна проекция и на плоскость, параллельную пласту. Пласты угля вычерчивают с соблюдением их истинного угла падения.

На маркшейдерские планы обычно наносят и изогипсы пласта (рис. 2.4). Изогипсы представляют собой линии пересечения почвы (или кровли) пласта с мысленно проводимыми на одинаковом расстоянии одна от другой горизонтальными плоскостями. изогипсы проводят через 10, 50 и даже 100 м в зависимости от угла падения и

принятого масштаба. Каждая изогипса имеет свою относительную отметку.

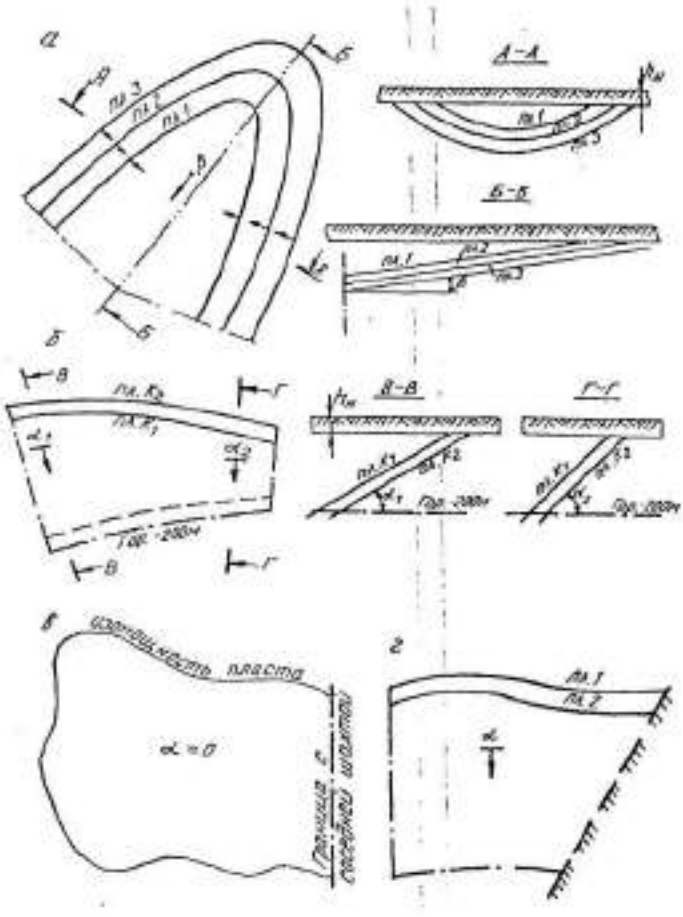


Рис. 2.2. Формы шахтных полей:
при синклинальной складке с наклонной осью (*а*); с переменным простиранием и углом падения пласта (*б*); при горизонтальном залегании пласта (*в*); при разрывных тектонических нарушениях (*г*)

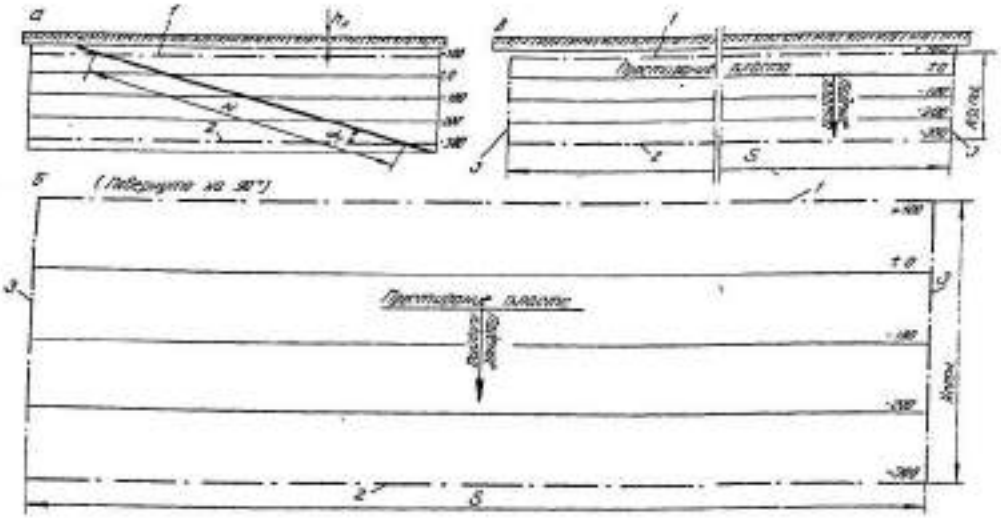


Рис. 2.3. Разрез по падению (*а*), горизонтальная (*б*) и вертикальная (*в*) проекции шахтного поля

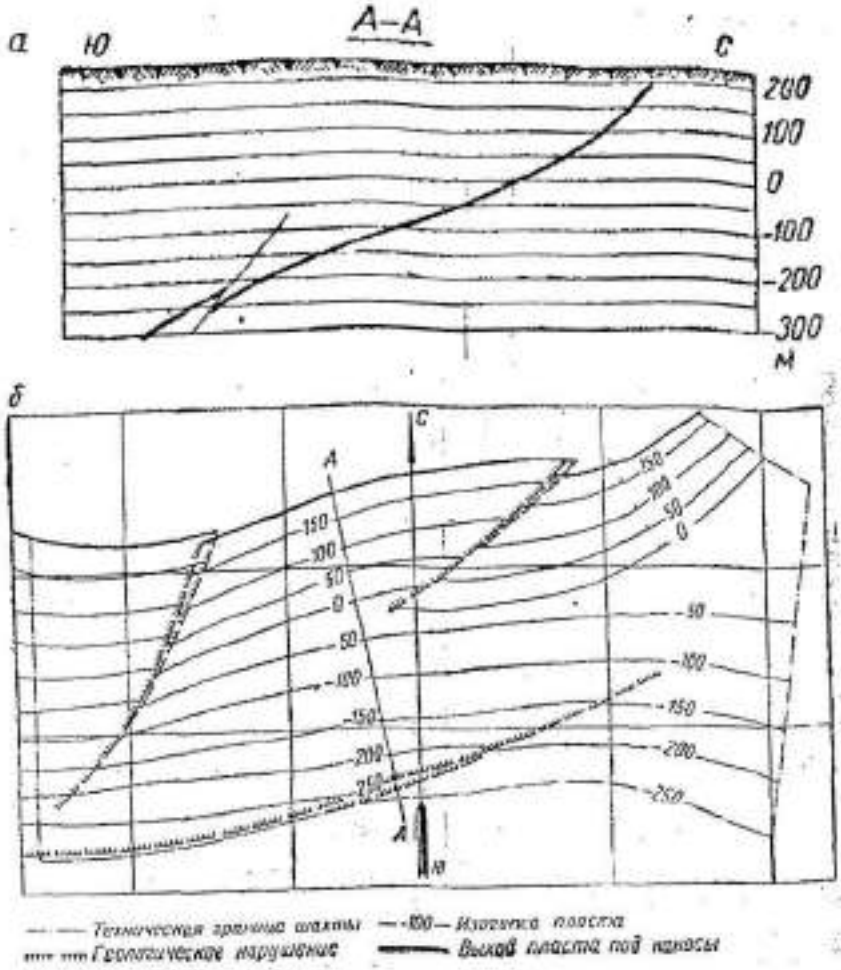


Рис. 2.4. Вертикальный разрез вкрест простирания (*а*) и гипсометрический план пласта (*б*)

Изогипсы почвы пласта предопределяют направление штреков по пласту. По изогипсам обычно проводят и нижнюю, и верхнюю границы шахтного поля.

Содержание и порядок выполнения работы

Сначала студенты должны ознакомиться с теоретическими основами выполнения работы и тщательно разобрать приведенный пример.

Каждому студенту выдается план горных работ шахты. По определенным планам горных работ студенты изучают характер изменения изогипс почвы пласта.

Рассчитывается кратчайшее расстояние между изогипсами (м) по формуле

$$l = h \operatorname{ctg} \alpha. \qquad (2.1)$$

Изучаются границы шахтного поля по простиранию, падению и восстанию, обращается внимание на обоснованность выбора технических границ шахты.

Вычерчивается в масштабе 1: 5000 или 1: 10000 план шахтного поля, на котором должны быть изображены границы шахтного поля по пласту, выход пласта под наносы, изогипсы почвы пласта, зарегистрированные геологические нарушения, разведочные скважины и выработки. Рассчитываются размеры шахтного поля по падению:

$$H = \frac{H_п}{\cos \alpha}, \qquad (2.2)$$

где $H_п$ - размер проекции шахтного поля по падению;

α - угол падения пласта, град.

При правильной форме шахтного поля приближенно рассчитывается его площадь, м^2:

$$F = SH. \qquad (2.3)$$

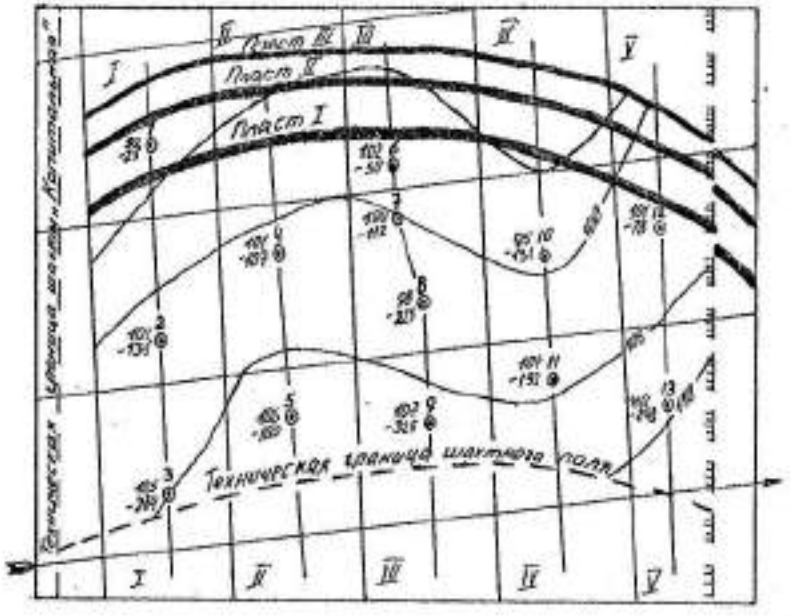
Строится геологический разрез по разведочной линии вкрест простирания в масштабе 1 : 1000 или 1 : 2000.

Пример. 1. *Шахта «Центральная». Пласты I, II, III.*

2. Вычерчиваем в масштабе 1 : 5000 или 1 : 10000 топографический план поверхности с выходами пластов под наносы (рис. 2.5) и наносим на нем границы шахтного поля.

3. Границами шахтного поля шахты «Центральная» являются:

а



б

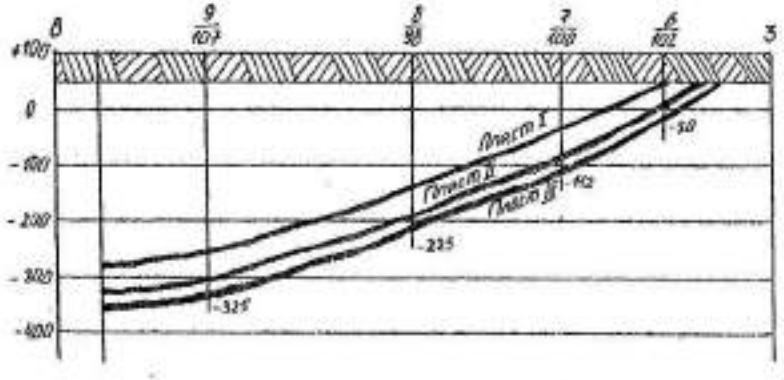


Рис. 2.5. Топографический план шахтного поля (*а*) и разрез по разведочной линии III – III (*б*)

по восстанию – выход пластов под наносы;

по падению – отметка горизонта -300 м;

по простиранию: на южном крыле – условная техническая граница поля шахты «Капитальная»; на северном крыле – геологическое нарушение с амплитудой 20 - 25 м.

На основе представленного на рис. 2.5. топографического плана поверхности с выходами пластов под наносы строим геологический разрез по разведочной линии *III - III*.

Средний размер шахтного поля по простиранию равен 4300 м, по падению - 2100 м.

Ориентировочная площадь шахтного поля шахты «Центральная»

$$F = SH = 4300 \cdot 2100 = 90300 \text{ м}^2.$$

Контрольные вопросы

1. Что называют шахтным полем?
2. Какие бывают шахтные поля по форме границ?
3. Как принимаются границы шахтного поля по простиранию, падению и восстанию?
4. Назовите наиболее распространенные размеры шахтного поля по простиранию и падению?
5. Почему размеры шахтного поля по простиранию больше размеров по падению?
6. Почему верхнюю и нижнюю границы шахтного поля принимают по изогипсе пласта?

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ И ПОТЕРЬ УГЛЯ В ШАХТНОМ ПОЛЕ

Цель работы. Приобретение навыков укрупненного определения балансовых и промышленных запасов, обоснования величины потерь угля в шахтном поле.

Теоретические основы выполнения работы.

Часть угольного месторождения, отведенную для разработки одной шахте, называют **шахтным** полем.

Запасы угля в шахтном поле – масса угля в недрах, заключенного в пределах шахтного поля. По народнохозяйственному значению запасы угля делят на геологические, балансовые, забалансовые и промышленные. **Геологическими** ($Z_{геол}$) называют общие запасы угля в шахтном поле. **Балансовыми** ($Z_{бал}$) считают такие запасы, разработка которых экономически целесообразна при существующем уровне техники и технологии. Забалансовыми ($Z_{заб.}$) называют такие запасы угля, разработка которых в настоящее время вследствие некондиционности мощности пластов, высокого содержания пустой породы, наличия многих геологических нарушений или обводненности экономически нецелесообразна. Эти запасы в будущем с совершенствованием техники и технологии добычи и обогащения угля могут быть полностью или частично вовлечены в разработку. Таким образом,

$$Z_{геол} = Z_{бал} + Z_{заб}. \quad (3.1)$$

Балансовые запасы подразделяются на промышленные ($Z_{пр.}$) и потери ($Z_{п}$):

$$Z_{бал} = Z_{пр} + Z_{п}. \quad (3.2)$$

Промышленные запасы – часть балансовых запасов, подлежащая извлечению и выдаче на поверхность. Отношение промышленных запасов к балансовым называют коэффициентом извлечения (C):

$$C = \frac{Z_{пр}}{Z_{бал}}. \quad (3.3)$$

Величина коэффициента извлечения зависит от горно – геологических условий и колеблется в широких пределах. При ориентировочных расчетах рекомендуется этот коэффициент принимать равным:

для тонких пластов – 0,90 – 0,92;
для пластов средней мощности – 0,85 - 0,88;
для мощных пологих пластов – 0,82 - 0,85;
для мощных крутых пластов – 0,75 - 0,80.

В зависимости от условий залегания пластов применяют различные методы подсчета балансовых запасов /1, 2/. При выдержанных элементах залегания (мощность, угол падения) подсчет запасов ($Z_{бал}$) рекомендуется производить методом среднеарифметического по формуле

$$Z_{бал} = SH \sum_{i=1}^{n} m_i \gamma_i . \quad (3.4)$$

где S – размер шахтного поля по простиранию, м;
H - размер шахтного поля по падению, м;
n - число рабочих пластов в шахтном поле;
m_i - мощность i-го рабочего пласта, м;
γ_i - объемная масса угля i-го пласта, т/м^3, γ_i = 1,30 – 1,45 т/м^3.

Для определения промышленных запасов необходимо установить величину потерь по каждому из пластов по их источникам: общешахтные (в охранных и барьерных целиках), эксплуатационные и связанные с геологическими нарушениями.

Промышленные запасы определяются по формуле

$$Z_{пр} = Z_{бал} - Z_{п} , \quad (3.5)$$

где $Z_п$ - суммарные потери угля, т.

Потери определяются на основании расчетов частных видов потерь: общешахтных ($Z_{об.}$), эксплуатационных ($Z_{эксп.}$) и вблизи геологических разрушений ($Z_{г.н.}$), т. е.

$$Z_{п} = Z_{об} + Z_{эксп} + Z_{г.н.}. \quad (3.6)$$

Общешахтные потери слагаются из потерь угля в барьерных (Z_1) и охранных (Z_2) целиках:

$$Z_{об} = Z_1 + Z_2. \quad (3.7)$$

Барьерные целики, как правило, оставляют у границ шахтного поля по простиранию, чтобы исключить возможность вскрытия старых затопленных горных выработок соседних шахт. Ширина барьерных целиков (l) условно принимается равной 50 м.

Потери в барьерных целиках (Z_1, т) определяются по формуле

$$2l\sum_{i=1}^{n} m_i\gamma_i H. \quad (3.8)$$

Охранные целики оставляют для предотвращения разрушений зданий и сооружений технологического комплекса на поверхности, а также природных объектов. Методика построения охранных целиков и подсчета потерь угля в них приведена в Приложении 1. Потери угля в охранных целиках (Z_2, т) условно составляют при пологих пластах 1 - 2 %, при крутых - 2 - 4 % от балансовых запасов:

$$Z_2 = (0{,}01 \ldots 0{,}04)Z_{бал.}. \quad (3.9)$$

Потери в целиках вблизи геологических нарушений ($Z_{г.н.}$) определяются характером и числом нарушений. Их величина в среднем составляет 1 - 1,5 % от балансовых запасов:

$$Z_{г.н.} = (0{,}010 \ldots 0{,}015)Z_{бал.}. \quad (3.10)$$

Эксплуатационные потери ($Z_{эксп}$, т) включают потери по площади – в целиках у горных выработок, по мощности – в пачках угля

в кровле, почве или между слоями пласта, а также потери угля в забоях и при транспортировании.

Эксплуатационные потери угля

$$Z_{эксп} = (Z_{бал} - Z_{об} - Z_{т.в.})\, K_{э.п.}, \qquad (3.11)$$

где $K_{э.п.}$ - коэффициент эксплуатационных потерь; принимается для тонких пластов – 0,08; средней мощности – 0,12; мощных пологих – 0,15; мощных крутых – 0,20.

Общий коэффициент извлечения запасов в шахтном поле ($C_{извл.}$) :

$$C_{извл} = \frac{Z_{пр}}{Z_{бал}}. \qquad (3.12)$$

Пример. *Подсчитать промышленные запасы шахтного поля для следующих условий: размер шахтного поля по простиранию $S = 5250$ м, по падению – $H = 1800$ м; количество пластов 3, их мощность: $m_1 = 2{,}4$ м, $m_2 = 2{,}0$ м, $m_3 = 3{,}1$ м; средняя плотность угля $\gamma = 1{,}4$ т/м^3; коэффициент эксплуатационных потерь $K_{эп} = 0{,}15$; коэффициент потерь в охранных целиках $K_ц = 0{,}01$; ширина барьерных целиков на границах шахтного поля по простиранию $l = 50$ м.*

Решение.

1. Определяем балансовые запасы в шахтном поле:

$$Z_б = SH \sum_{i=1}^{n} m_i \gamma_i = 5250 \cdot 1800 \cdot (2{,}4 + 2{,}0 + 3{,}1) \cdot 1{,}4 = 99225000 \text{ т}.$$

2. Подсчитываем потери угля в шахтном поле:

в барьерных целиках

$$Z_1 = 2lH \sum_{i=1}^{n} m_i \gamma_i = 2 \cdot 50 \cdot 1800 \cdot (2{,}4 + 2{,}0 + 3{,}1) \cdot 1{,}4 = 1890000 \text{ т};$$

в охранных целиках

$$Z_2 = K_ц Z_{бал} = 0{,}01 \cdot 99225000 = 992250 \text{ т};$$

эксплуатационные

$$Z_{экс} = (Z_{бал} - Z_1 - Z_2)K_{эп} = (99225000 - 1890000 - 992250) \cdot 0{,}15 =$$

$$= 14451413 \text{ т};$$

суммарные

$$Z_п = Z_1 + Z_2 + Z_{экс} = 1890000 + 992250 + 14451413 = 17333663 \text{ т}.$$

3. Определяем промышленные запасы угля в шахтном поле:

$$Z_{пр} = Z_б - Z_п = 99225000 - 17333663 = 81891337 \text{ т}.$$

4. Рассчитываем коэффициент извлечения запасов угля из недр:

$$C_{изв} = \frac{Z_{пр}}{Z_{бал}} = \frac{81891337}{992250000} = 0{,}83 .$$

Графическая интерпретация потерь угля в шахтном поле показана на рис. 3.1.

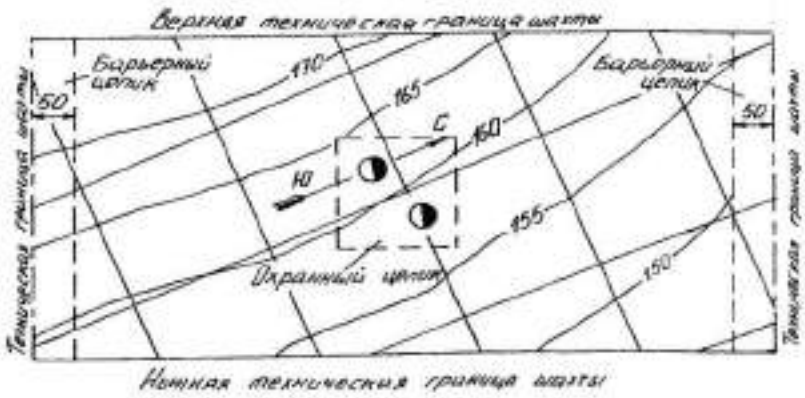


Рис. 3.1. Графическая интерпретация потерь угля в шахтном поле

Порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы студенты получают вариант задания, отражающий горно-геологические и горнотехнические условия шахтного поля (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Исходные данные для выполнения работы

Номер варианта	Размеры шахтного поля, м		Вынимаемая мощность пластов, м				Плотность угля γ, т/м^3	Коэф. эксплуатационных потерь $K_{эксп}$	Коэф. потерь в целиках $K_ц$
	S	H	m_1	m_2	m_3	m_4			
1	6100	1950	1,80	1,75	1,45	1,65	1,30	0,15	0,01
2	3800	1100	1,75	1,15	1,65	1,55	1,34	0,14	0,02
3	4300	3850	1,95	1,25	2,00	1,75	1,40	0,10	0,03
4	4900	1950	2,10	1,35	2,05	1,25	1,32	0,12	0,01
5	5300	2550	1,25	1,45	1,95	1,45	1,30	0,15	0,04
6	5150	2450	1,35	1,95	1,85	1,50	1,35	0,16	0,03
7	4000	1350	1,45	1,35	1,75	1,60	1,40	0,09	0,02
8	5050	1500	1,75	1,85	1,65	1,70	1,31	0,10	0,01
9	4250	1400	1,65	1,45	1,55	1,95	1,36	0,12	0,04
10	5250	2350	1,85	1,55	1,75	1,90	1,41	0,14	0,03
11	5100	3250	2,10	1,85	2,00	1,40	1,37	0,11	0,02
12	3150	1200	2,25	1,75	1,15	1,50	1,31	0,10	0,01
13	4700	1850	2,05	1,45	1,35	1,60	1,33	0,12	0,04
14	4650	2300	1,15	1,55	1,95	1,80	1,35	0,15	0,03
15	5050	2200	1,35	1,65	1,70	1,70	1,36	0,14	0,02
16	4200	4350	1,85	1,55	1,40	2,00	1,38	0,10	0,01
17	5200	1800	1,65	1,50	1,55	2,10	1,40	0,12	0,04
18	5000	3150	1,70	1,45	1,85	2,15	1,42	0,13	0,03
19	5650	1550	1,60	1,50	1,65	2,05	1,35	0,09	0.01
20	4950	2650	1,35	1,80	1,55	1,90	1,35	0,10	0.02
21	4050	4450	1,45	1,95	1,85	1,85	1,30	0,13	0,04
22	5550	1750	1,85	1,70	1,60	1,90	1,40	0,14	0,03
23	3950	1450	1,95	1,50	1,40	2,05	1,33	0,10	0,01
24	5350	4950	1,35	1,40	1,95	2,10	1,30	0,11	0,04
25	5500	2050	1,45	1,60	1,75	2,05	1,40	0,13	0,03

По заданным условиям осуществляется расчет балансовых и промышленных запасов шахтного поля, а также коэффициента из влечения угля из шахтного поля.

Приводится графическая интерпретация шахтного поля с нанесением границ возможных потерь угля.

Контрольные вопросы

1. Что называется шахтным полем?
2. Какие запасы в шахтном поле называются балансовыми?
3. Какие запасы угля называются промышленными?
4. Какие виды потерь угля в шахтном поле Вы знаете?
5. Что называется коэффициентом извлечения запасов угля шахтном поле?

Рекомендуемая литература

1. Основы горного дела: учебник для вузов / П. В. Егоров [и др.]-М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2000. – 408 с.

2. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий: учебное пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. / О. В. Михеев [и др.]; под ред. Л. А. Пучкова. – М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 200 – 487 с.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ И СРОКА СЛУЖБЫ ШАХТЫ

Цель работы. Приобретение навыков по определению мощности шахты и срока ее службы по укрупненным значениям исходных данных.

Теоретические основы выполнения работы. Мощность шахты является важнейшим производственным параметром, определение которого требует обязательного учета конкретных горно-геологических и горнотехнических характеристик.

Производственной мощностью шахты (A, т) называют количество полезного ископаемого, добываемого в единицу времени (сутки, год). Ее величину определяют такие горно-геологические характеристики, как: количество, мощность и угол падения пластов, свойства вмещающих пород, газоносность месторождения, величина запасов угля, степень нарушенности пластов и другие факторы. В значительной степени величина производственной мощности зависит и от организационно-технических факторов: режима работы очистных забоев и нагрузки на них, производительности транспорта, подъема и др.

Срок службы шахты (T, год) равен периоду, в течение которого отрабатываются промышленные запасы угля в пределах шахтного поля.

В учебных целях на первом этапе изучения дисциплины с учетом уровня и объема имеющихся знаний показатели A и T можно определять по упрощенной методике. Между промышленными запасами $Z_{пр}$, годовой мощностью шахты $A_г$ и расчетным сроком ее службы $T_р$ существует следующая взаимосвязь:

$$Z_{пр} = A_г T_р . \qquad (4.1)$$

При правильной конфигурации шахтного поля и выдержанных элементах залегания пластов промышленные запасы угля определяются по формуле

$$Z_{пр} = SH \sum PC_0 . \qquad (4.2)$$

где S - размер шахтного поля по простиранию, м;

H - размер шахтного поля по падению, м;

$\sum P$ - суммарная производительность рабочих пластов в шахтном поле, т/м^2;

C_0 - общий коэффициент извлечения угля в шахтном поле.

Суммарная производительность пластов в шахтном поле

$$\sum P = m_1\gamma_1 + m_2\gamma_2 + \cdots + m_n\gamma_n, \qquad (4.3)$$

где m_i - мощность рабочих пластов в шахтном поле, м;

γ_i - плотность угля соответствующих пластов, т/м^3.

Отсюда значение $A_г$ можно определить по формуле

$$A_г = \frac{Z_{пр}}{T_р}. \qquad (4.4)$$

Полученное значение $A_г$ следует привести в соответствие с параметрическим рядом мощностей шахт: 0,9; 1,2; 1,5; 1,8: 2,1; 2,4; 3,0; 4,5; 6,0 млн т в год. При этом расчетный срок службы шахты мощностью более 1,8 млн т в год рекомендуется принимать не менее 50 - 60 лет.

Полный срок службы шахты $T_п$ будет больше расчетного за счет времени освоения проектной мощности и ее затухания к концу отработки запасов:

$$T_п = T_р + (t_р + t_з)/2, \qquad (4.5)$$

где $t_р$ - срок освоения проектной мощности шахты, $t_р = 2 - 3$ года;

$t_з$ - срок затухания добычи, $t_з = 2 - 3$ года.

Между годовой $A_г$ и суточной $A_с$ мощностью шахты существует следующая зависимость:

$$A_г = 300A_с, \qquad (4.6)$$

где 300 - число рабочих дней шахты в году.

Более объективный и надежный аналитический метод расчета мощности шахты с учетом геологических и организационно-технических возможностей предложен проф. А. С. Малкиным:

$$A_{ш.г.} = K_н(K_{пл} + K_{н.о.з})\sqrt{Z_{пр}\frac{\sum m'}{\sum m}K_{гп.}}, \quad (4.7)$$

где $K_н$ - коэффициент надежности технологической схемы шахты; при шахте блочного типа $K_н$ = 0,85-0,95.

Для индивидуальной шахты при вскрытии вертикальными стволами и панельной подготовке $K_н$ = 0,80 - 0,85; при этажной подготовке $K_н$ = 0,70 - 0,80. При вскрытии шахтного поля наклонными стволами $K_н$ = 0,80;

$\sum m$ - суммарная мощность всех пластов в шахтном поле, м;

$K_{пл}$ - коэффициент, учитывающий общее количество пластов в шахтном поле $n_{пл}$ и количество пластов, принятых к одновременной разработке $n'_{пл}$, определяется по формуле

$$K_{пл} = \frac{n'_{пл} + \sqrt{n_{пл} - n'_{пл}}}{\sqrt{n_{пл}}}; \quad (4.8)$$

$K_{н.о.з}$ - коэффициент, учитывающий уровень нагрузки на очистной забой, определяется по формуле

$$K_{н.о.з.} = \sqrt{\Psi A_{о.з.м.}\frac{m_{ср}}{m'_{ср}}}; \quad (4.9)$$

Ψ - коэффициент, учитывающий условия бассейна (месторождения, шахтного поля):

$$\Psi = \frac{K_{у.кр}K_{кр.п}}{1 + K_{наруш.} + K_{газ}}, \quad (4.10)$$

где $K_{у.кр}$ - коэффициент, учитывающий устойчивость кровли пластов; для неустойчивых кровель $K_{у.кр}$ = 0,06; средней устойчивости $K_{у.кр}$ = 0,08 и устойчивых $K_{у.кр}$ = 0,10;

$K_{кр.п}$ - коэффициент, учитывающий крепость пород почвы; при f = 3 – 4 $K_{кр.п}$ = 0,01; при f = 5 – 6 $K_{кр.п}$ = 0,015; при $f \geq 7$ $K_{кр.п}$ = 0,02;

$K_{наруш.}$ - коэффициент, учитывающий геологическую нарушенность шахтного поля, $K_{наруш.}$ = 0 ... 0,03;

$K_{гп}$ - коэффициент, учитывающий влияние газового фактора, $K_{гп} = 0 \div 1$.

$A_{о.з.м}$ - месячная нагрузка на очистной забой, т :

$$A_{о.з.м.} = l m_{ср} V_{сут} \gamma C N , \qquad (4.11)$$

где l – длина лавы, м;

$m_{ср}$ – средняя мощность пластов в шахтном поле, м;

$V_{сут}$ – суточное подвигание очистного забоя, м;

γ - средняя плотность угля, т/м^3;

C – коэффициент извлечения угля по системе разработки, $C = 0{,}95 \div 0{,}97$;

N – число рабочих дней в месяце, $N = 25$;

$m'_{ср}$ – средняя мощность одновременно разрабатываемых пластов, м:

$$m'_{ср} = \frac{\sum m'}{n'_{пл}} , \qquad (4.12)$$

где $\sum m'$ - суммарная мощность одновременно разрабатываемых пластов, м;

$K_{гл}$ - коэффициент, учитывающий глубину залегания пластов:

$$K_{гл} = 1 + \frac{H_{в.гр}}{H_{н.гр}} , \qquad (4.13)$$

где $H_{в.гр}$ и $H_{н.гр}$ - вертикальная глубина соответственно верхней и нижней технических границ шахтного поля, м.

Пример. *Количество пластов в шахтном поле $n_{пл.} = 3$; мощность пластов $m_1 = 1{,}2$ м; $m_2 = 1{,}6$ м; $m_3 = 0{,}8$ м; угол падения пластов $\alpha = 15°$; промышленные запасы шахтного поля $Z_{пр.} = 80000$ тыс. т; глубина нижней границы $H_{н.гр.} = 600$ м; плотность угля $\gamma = 1{,}4$ т/м^3; породы кровли средней устойчивости; крепость пород почвы $f = 6$; коэффициент нарушенности шахтного поля $K_{наруш.} = 0{,}02$; коэффициент влияния газового фактора $K_{газ} = 0{,}5$; коэффициент надежности технологической схемы $K_н = 0{,}8$; длина лавы $l = 200$ м; суточное подвигание очистного забоя $V_{сут} = 3{,}15$ м.*

Определить мощность и срок службы шахты.

Решение. К одновременной разработке принимается два пласта. Средняя мощность одновременно разрабатываемых пластов

$$m'_{ср} = \frac{1,2 + 1,6}{2} = 1,4 \text{ м}.$$

Средняя мощность угольных пластов в шахтном поле

$$m_{ср} = \frac{1,2 + 1,6 + 0,8}{3} = 1,2 \text{ м}.$$

Коэффициент, учитывающий влияние общего числа угольных пластов в шахтном поле и принятых к одновременной разработке:

$$K_{кл} = \frac{2 + \sqrt{3 - 2}}{\sqrt{3}} = 1,73.$$

Месячная нагрузка на очистной забой

$$A_{о.з.м.} = 200 \cdot 1,4 \cdot 3,15 \cdot 1,4 \cdot 0,90 \cdot 25 = 27783 \text{ т}.$$

Коэффициент, учитывающий условия работы очистных забоев:

$$\Psi = \frac{0,08 + 0,015}{1 + 0,02 + 0,5} = 0,0008.$$

Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки на очистной забой:

$$K_{н.о.з.} = \sqrt{\frac{0,0008 \cdot 27783 \cdot 1,2}{1,4}} = 4,2.$$

Определяется коэффициент, учитывающий влияние глубины разработки на производственную мощность шахты:

$$K_{гл} = 1 + \frac{400}{600} = 1,668.$$

Коэффициент надежности технологической схемы шахты в соответствии с заданием принят $K_н$ = 0,8. Тогда проектная мощность шахты

$$A_{ш.г.} = 0{,}8(1{,}73 + 4{,}2)\sqrt{80000 \cdot \frac{2{,}8}{3{,}6}} \cdot 1{,}668 = 1518 \text{ тыс.т/год}$$

С учетом параметрического ряда мощностей шахт принимаем типовую производственную мощность A = 1500 тыс. т/год = = 1,5 млн т/год.

Полный срок службы шахты T с учетом периода освоения и затухания

$$T = \frac{80000}{1500} + \frac{1}{2} \cdot 6 = 56 \text{ лет.}$$

Порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы и разбора приведенного примера студенты осуществляют расчет для заданных условий (см. табл. 3.1.) мощности шахты по методике проф. А. С. Малкина и срока ее службы с кратким обоснованием принятых технических решений.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение производственной мощности шахты.
2. Как влияют на мощность шахты основные горно-геологи-Ч0еские факторы?
3. Как сказывается на мощности шахты влияние таких факторов, как нагрузка на очистной забой, количество одновременно отрабатываемых пластов, производительность транспорта и подъема?
4. Поясните сущность аналитического метода расчета мощности шахты.

Рекомендуемая литература

1. Проектирование шахт / А. С. Малкин и [др.] - М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. – 375 с.

5. ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ

Цель работы. Закрепление и углубление знаний студентов по горным выработкам, привитие навыков работы с геолого-маркшейдерской документацией.

Теоретические основы выполнения работы. Сооружение в недрах земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ и представляющее собой полость в массиве, называется горной выработкой. Горные выработки, проведенные в недрах земли, независимо от того, имеют они выход на поверхность или нет, называются подземными, а проведенные на поверхности земли – открытыми.

В зависимости от народнохозяйственного значения различают выработки разведочные, используемые для поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, и эксплуатационные, используемые для эксплуатации месторождений.

Разработка месторождений полезного ископаемого складывается из трех этапов: вскрытие, подготовка и очистная выемка. В связи с этим эксплуатационные горные выработки подразделяются на вскрывающие (капитальные), подготовительные и очистные.

К **вскрывающим** относятся выработки, по которым осуществляется доступ к месторождению или его части (стволы, штольни, главные квершлаги).

Подготовительные выработки проводят от вскрывающих. Они служат для подготовки отдельных частей шахтного поля к очистной выемке.

Очистными называют выработки, служащие для непосредственной выемки полезного ископаемого.

По положению в земной коре подземные выработки могут быть вертикальными, наклонными и горизонтальными. Расположение горных выработок в пространстве, их названия и назначение рассмотрим на рис. 5.1 – 5.5.

Вертикальные горные выработки. К ним относят ствол, шурф, гезенк, слепой ствол, скважину (см. рис. 5.1).

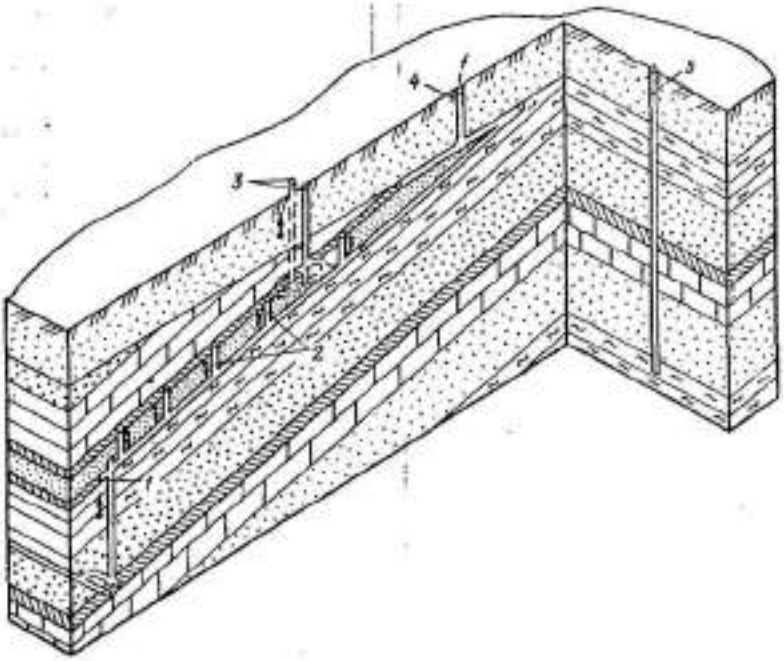


Рис. 5.1. Вертикальные горные выработки:
1 – слепой ствол; *2* – гезенки; *3* – стволы; *4* – шурф;
5 - скважина

Ствол – выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для обслуживания подземных работ. Если ствол сооружается для разведки месторождения, то его называют разведочным, если для строительства и эксплуатации шахты – шахтным. В зависимости от назначения стволы бывают главными, вспомогательными и вентиляционными. Главный ствол служит для подъема полезного ископаемого на поверхность и других целей, вспомогательный – для спуска и подъема людей, материалов, оборудования, выдачи породы, подвода электроэнергии, сжатого воздуха и воды, вентиляционный – для подачи в шахту свежего или отвода из шахты загрязненного воздуха. При подаче по вентиляционному стволу свежего воздуха его называют воздухоподающим. Ствол обычно оборудуют механизированным подъемом.

Шурф – выработка небольшой площади поперечного сечения и небольшой глубины, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для вентиляции и других вспомогательных целей. Шурфы используют так же, как запасные выходы из шахты. Отличительной особенностью шахтного шурфа является отсутствие подъема полезного ископаемого и породы.

Гезенк – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и служащая для спуска угля из вышележащих выработок в нижележащие под действием собственного веса, передвижения людей, вентиляции, подвода электроэнергии и др.

Слепой ствол – выработка, не имеющая выхода на земную поверхность и предназначенная для подъема угля, вентиляции, спуска-подъема людей, оборудования, подвода электроэнергии, воды и др. Слепые стволы служат для вскрытия отдельных частей месторождения из подземных горных выработок.

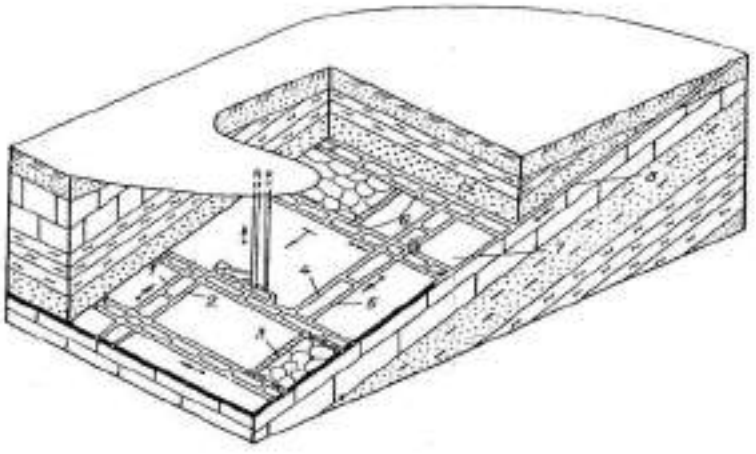
Скважина – вертикальная выработка, пройденная путем выбуривания горных пород, обычно диаметром до 2 м. Скважины бывают вентиляционными, лесоспускными, доставочными и др. Такие скважины бурят как с поверхности, так и из горных выработок. Следует иметь в виду, что скважины могут иметь любой угол наклона к горизонту.

Наклонные выработки включают наклонный ствол, бремсберг, уклон, ходок, скат, восстающий, печь (рис. 5.2).

Наклонный ствол – выработка, имеющая непосредственный выход на земную поверхность и предназначенная для подъема полезного ископаемого на поверхность, вентиляции шахты, водоотлива, подвода электро- и пневмоэнергии, доставки оборудования, передвижения людей. Наклонные стволы проводят как по полезному ископаемому, так и по пустым породам.

Бремсберг – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная по восстанию или падению пласта и служащая для транспортировки полезного ископаемого сверху вниз, вентиляции, подвода электроэнергии, воды, передвижения людей и доставки оборудования. Бремсберги проводят по пласту и реже по породе.

а



б

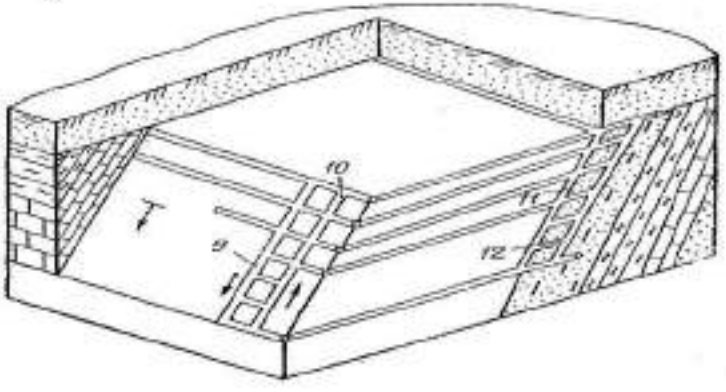


Рис. 5.2. Наклонные горные выработки на пологих (*а*) и крутых (*б*) пластах:

1 – уклон; *2* – ходок при уклоне; *3* – очистной забой (не относится к наклонным выработкам); *4* – ходок при бремсберге; *5* - бремсберг; *6* – сбоечные печи (сбойки); *7* – угольный пласт; *8* – наклонный ствол; *9* – углеспускная печь; *10* – воздухоподающая печь; *11* – пластовый скат; *12* – полевой скат

Уклон – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная по восстанию или падению пласта и служащая для транспортировки полезного ископаемого снизу вверх, вентиляции, подвода электроэнергии, воды, передвижения людей и доставки оборудования. Уклон проводят по пласту и реже по породе.

Ходок – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, пройденная, как правило, параллельно бремсбергу (уклону) на расстоянии от него 20-40 м и служащая для передвижения людей, доставки материалов и оборудования, вентиляции и других целей.

Скат – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, расположенная по падению пласта и служащая для спуска полезного ископаемого сверху вниз под действием собственного веса. Скат сооружают в том случае, если угол его наклона достаточен для движения угля или породы вниз самотеком (30-35° и более). Скат может быть пластовым и полевым.

Восстающий – выработка, пройденная по рудному телу или вмещающим породам и предназначенная для подготовки отдельных участков (блоков) полезного ископаемого, проветривания, спуска закладочного материала, передвижения людей и других целей. Восстающий в ряде случаев проводят вертикально.

Рудоспуск – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность и предназначенная для спуска руды под действием собственного веса. Рудоспуск служит для тех же целей, что и скат. Часто он проводится вертикально.

Печь – выработка, не имеющая непосредственного выхода на земную поверхность, проводимая по пласту без присечки породы и предназначенная для монтажа очистного оборудования, проветривания, передвижения людей и грузов, подвода электро - и пневмоэнергии. Печь, предназначенная только для монтажа очистного оборудования, называется **разрезной**.

К горизонтальным выработкам относят штольню, квершлаг, штрек, орт, просек (рис. 5.3).

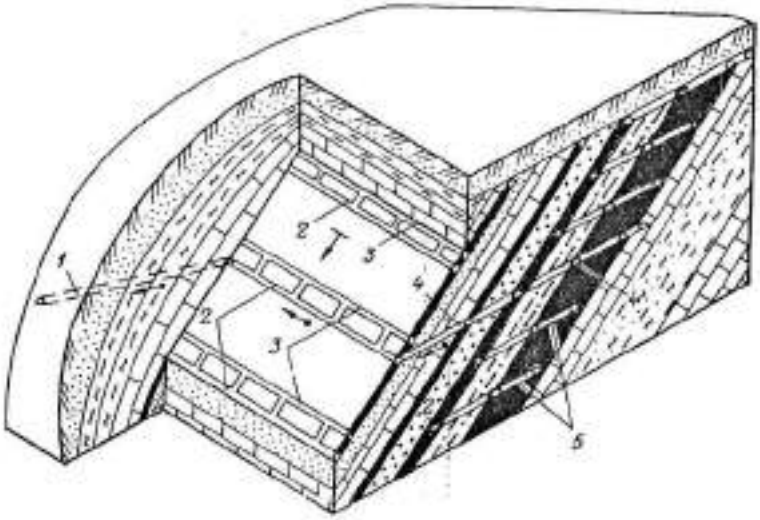


Рис. 5.3. Горизонтальные горные выработки:
1 – штольня; *2* – штреки; *3* – просеки; *4* – квершлаг; *5* - орты

Штольней называется горная выработка, проведенная к месторождению с поверхности горизонтально или с незначительным наклоном, имеющая непосредственный выход и предназначенная для обслуживания подземных горных работ. Штольни проводят как в крест, так и по простиранию пород при гористом рельефе местности.

В зависимости от назначения различают штольни разведочные и эксплуатационные (для разработки месторождения), а также откаточные, вентиляционные и водоотливные.

Квершлаг – горизонтальная (реже наклонная) горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность, проведенная по вмещающим породам вкрест простирания месторождения и используемая для транспорта, вентиляции, передвижения людей, водоотлива, для прокладки электрических кабелей и линий связи.

Штрек – горизонтальная (с углом наклона не более 0 – 3°) подземная горная выработка, проведенная по простиранию залегающего месторождения или в любом направлении при горизон-

тальном его залегании. Штрек может быть пройден по полезному ископаемому (с подрывкой или без подрывки боковых пород) или по породам (полевой). Штрек выполняет в основном те же функции, что и квершлаг.

Орт – горизонтальная (с углом наклона не более 0-3°) выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проведения в крест простирания месторождения (при крутом и наклонном падении). Орт обычно служит для соединения выработок, пройденных у висячего и лежачего боков мощного пласта (залежи).

Просеком называется подземная горная выработка, проводимая обычно в толще полезного ископаемого по простиранию пласта или залежи и предназначенная для проветривания, передвижения людей и транспортирования грузов. Просек обычно проводится параллельно штреку и соединяется с ним с помощью печей. Просек необходим для обеспечения нормальных условий проведения штрека, а также для соединения очистной выработки с примыкающими к ней выемочными выработками.

Камеры и очистные выработки

Камерами называются горные выработки, имеющие небольшую длину по сравнению с размерами поперечного сечения. Они предназначаются для размещения в них различных машин, оборудования, хранения материалов и других целей. Камеры в основном располагаются около шахтных стволов.

Совокупность камер и выработок, примыкающих к шахтным стволам и предназначенных для обслуживания подземного хозяйства, называют **околоствольным двором**. В околоствольном дворе располагаются следующие камеры: электроподстанция, насосная, электровозное депо, камера ожидания и др.

Выработки, образующиеся в результате выемки пласта или залежи, где осуществляется добыча полезного ископаемого, называются **очистными**. Обязательный признак очистной выработки – очистной забой, который может быть длинным и коротким.

К первому относится лава – протяженная (до 250 и более м) очистная выработка линейной или уступной формы, одна стенка которой образована угольным массивом, другая – крепью, установленной на границе с выработанным пространством или закладочным массивом, а кровлей и почвой служат вмещающие породы или

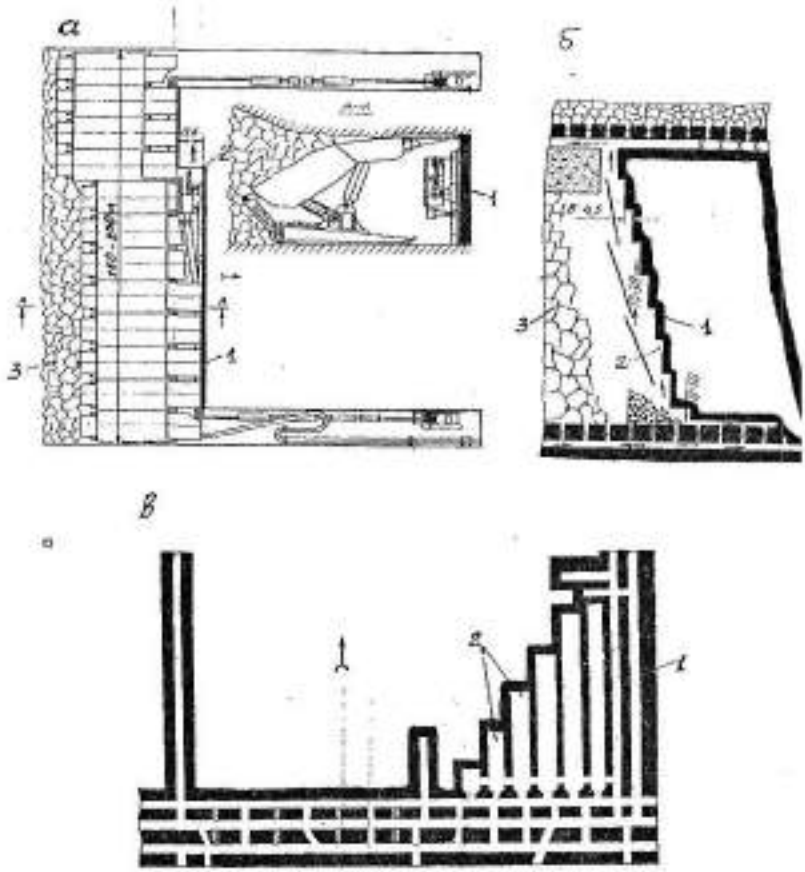


Рис. 5.4. Протяженный линейный (*а*), протяженный уступный (*б*) и короткие камерные (*в*) забои:
1 – угольный пласт; *2* – забои; *3* – выработанное пространство

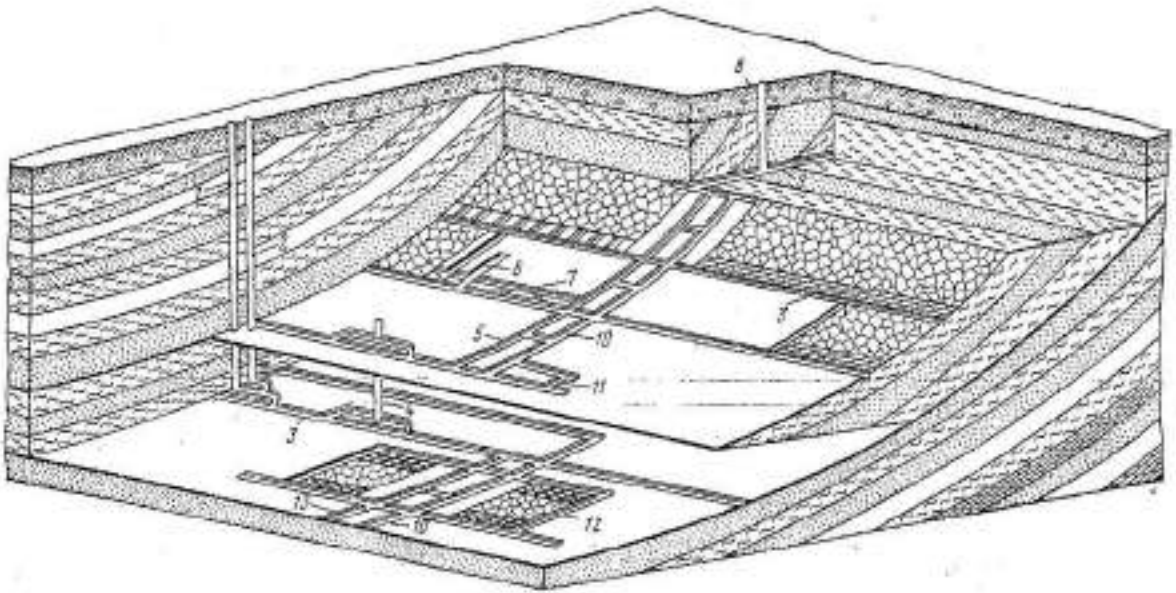


Рис. 5.5. Расположение горных выработок:

1, 2 - вертикальные стволы, соответственно главный и вспомогательный; *3* – штрек; *4* – гезенк; *5* – бремсберг; *6* – очистная камера; *7* – просек, *8* – шурф; *9* – квершлаг; *10* – ходок; *11* – печь; *12* – лава; *13* - уклон

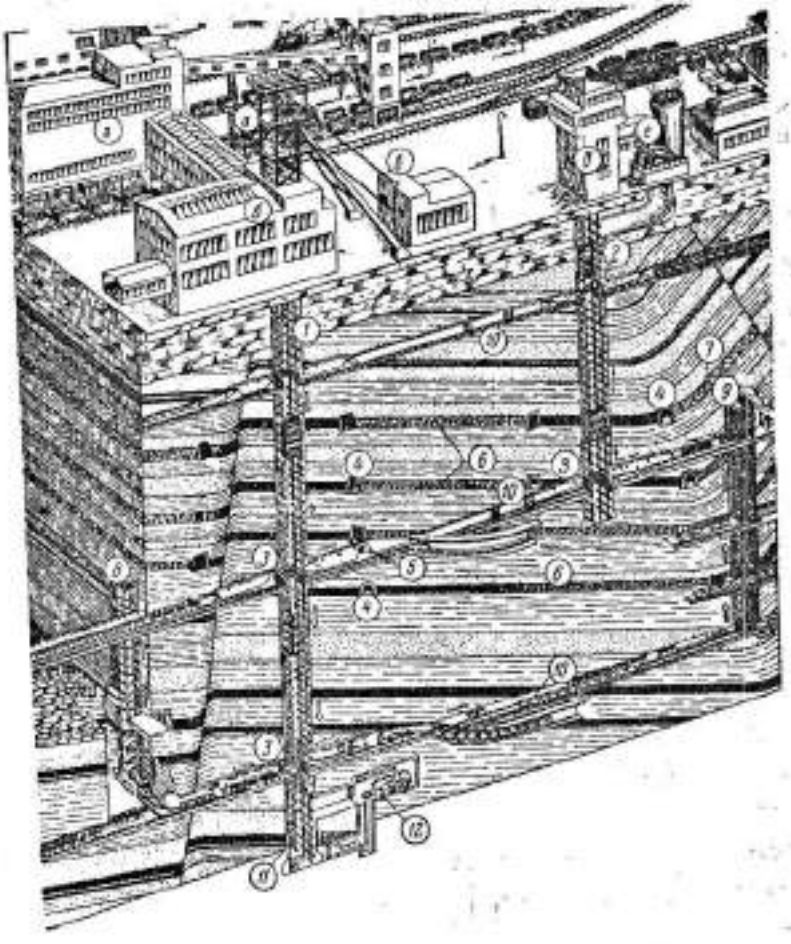


Рис. 5.6. Взаимное расположение подземных выработок и поверхностных сооружений:

а – шахтный копер главного ствола; *б* – надшахтное здание; *в* – здание подземной машины; *г* – обогатительная фабрика; *д* – башенный копер вспомогательного ствола; *е* – вентилятор главного проветривания; *1* – главный подъемный вертикальный ствол; *2* – вертикальный вспомогательный ствол; *3* – сопряжение вертикального ствола с выработками околоствольного двора; *4*– пластовый штрек; *5* – полевой штрек; *6, 7* - выработанное пространство; *8* – гезенк; *9* – слепой ствол; *10* – квершлаг; *11* – зумпф; *12* – насосная камера

пачки угля (рис. 5.4, *а*). Длина протяженных выработок во много раз больше их размеров по ширине и высоте. К коротким очистным забоям относят **очистную камеру** – выработку с забоем небольшой (до 16 м) протяженности, ограниченную по бокам массивом полезного ископаемого или целиками угля (рис. 5.4, *в*).

Пример общей схемы расположения горных выработок в шахтном поле приведен на рис. 5.5. и 5.6.

Содержание и порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы (классификация, терминология и функциональная характеристика горных выработок) студенты изучают выработки по предложенным планам горных работ. Затем по заданию преподавателя описывают выработки на определенном участке шахтного поля, графически показывает залегание угольных пластов на вертикальном разрезе (вкрест простирания пласта) с указанием мощности и угла падения пластов и горных выработок, пройденных при этом.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите вертикальные горные выработки.
2. Дайте определение вертикальному стволу.
3. Перечислите горизонтальные горные выработки.
4. В чем отличие квершлага от штрека?
5. Какие горные выработки относятся к наклонным?
6. Чем отличается бремсберг от уклона?
7. Назовите принципиальное отличие лавы от очистной камеры.

Рекомендуемая литература

1. Основы горного дела: учебник для вузов / П. В.Егоров [и др.]. - М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2000.- 408 с.

6. ВЫБОР ФОРМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Цель работы. Изучение форм поперечного сечения горных выработок и методики определения их размеров в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Теоретические основы выполнения работы. При подземной разработке полезных ископаемых применяются следующие формы поперечного сечения горных выработок: прямоугольная (рис. 6.1), трапециевидная (рис. 6.1, *б*), арочная (рис. 6.1, *в, г*), сводчатая (рис. 6.1. *д, е*), подковообразная с обратным сводом (рис. 6.1, *ж*), а также полигональная и др.

Наибольшее распространение получили трапециевидная и арочная формы поперечного сечения горных выработок. Первая обеспечивает лучшее использование площади поперечного сечения, вторая – большую устойчивость при возведении в слабых породах.

Выбор формы поперечного сечения горных выработок зависит от величины и направления горного давления, назначения и размеров выработки, типа и конструкции применяемой крепи.

Крепь – это строительная конструкция, возводимая в подземных горных выработках для сохранения их заданных размеров и формы, защиты от обрушений и чрезмерных смещений окружающих пород.

Тип, размеры и материал крепи должны соответствовать горно-геологическим условиям и сроку службы выработки.

Деревянную крепь рационально применять в выработках трапециевидной формы поперечного сечения при умеренном горном давлении со сроком службы до 2-3 лет.

Наиболее широко для крепления горных выработок применяют металлическую крепь. Преимущественно выработки крепят арочной податливой трехзвенной (АП-3) или пятизвенной (АП-5) крепями из спецпрофиля СВП.

Монолитную бетонную (железобетонную) крепь применяют при проведении капитальных горных выработок с большим сроком службы – выработки околоствольных дворов, капитальные квершлаги, штреки, бремсберги и уклоны, проводимые по слабым породам.

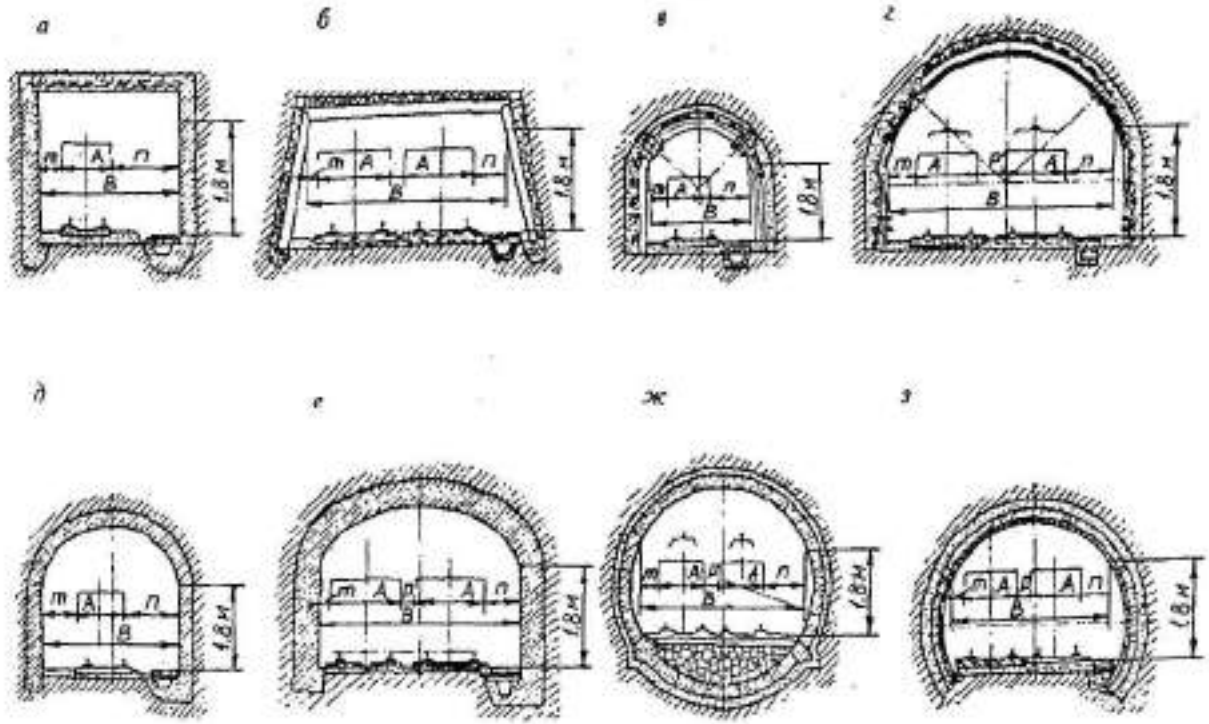


Рис. 6.1. Формы поперечного сечения горных выработок

Анкерная крепь представляет собой стержни (анкеры), закрепляемые различными способами в шпурах, пробуренных в определенном порядке в породах кровли и боков выработки. Она обеспечивает возможность использования несущей способности породного массива, снижения материалоемкости применяемых в сочетании с ней крепей и может использоваться:

в качестве самостоятельной в квершлагах, полевых штреках, бремсбергах, уклонах и ходках, в выемочных штреках, вентиляционных сбойках и др.

в комбинации с набрызгбетоном в подготовительных выработках, проводимых в трещиноватых породах;

в качестве временной в камерах и нишах, на сопряжениях горных выработок, с последующим креплением их подпорной крепью;

как средство борьбы с пучением пород почвы – в необводненных породах капитальных и подготовительных выработках. Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова f должен быть не ниже 4.

Набрызгбетон применяется для крепления горных выработок, проведенных в крепких устойчивых породах с $f \geq 9$, в сочетании с анкерной крепью – может применяться для пород с $f = 6 - 9$.

Крепь из железобетонных тюбингов применяют в капитальных горных выработках, расположенных вне зоны влияния очистных работ.

Площадь поперечного сечения подготовительных выработок рассчитывается исходя из условий нормальной работы средств транспорта (электровозы, вагонетки, конвейеры и др.), числа рельсовых путей, наличия зазоров, предусмотренных ПБ, и подачи к очистному забою с допустимыми скоростями необходимого количества воздуха.

В выработке различают площадь сечения *в свету* (площадь по внутреннему контуру крепи и почве выработки), *вчерне* (площадь по наружному контуру крепи, включая затяжку, и почве выработки), в проходке (площадь по контуру пород, которую принимают на 3 – 5 % больше площади вчерне), а также размеры выработок до осадки и после осадки крепи.

Тип крепи подготовительных выработок выбирается с учетом запаса сечения на осадку:

- при вертикальных смещениях пород до 300 мм применяется арочная податливая трехзвенная крепь АП3;

- при вертикальных смещениях пород от 300 до 1000 мм применяется арочная податливая пятизвенная крепь АП5 ;

- при вертикальных смещениях пород до 1000 мм и горизонтальных до 500 мм рекомендуется податливая крепь типа МПК.

В целях унификации рекомендуются семь типовых сечений выработок с арочной трехзвенной крепью АП3, три сечения с арочной пятизвенной крепью АП5 и два сечения с металлической крепью из прямолинейных элементов МПК (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Типовые площади сечения подготовительных выработок

Тип крепи	Площадь сечения в свету, м²			Размер выработки до осадки, м	
	после осадки	до осадки	в проходке	высота *H*	ширина *B*
АП3	5,2	6,4	8,2	2,79	2,46
АП3	6	7,3	9,3	2,87	2,78
АП3	7,1	8,5	10,8	3,13	3,07
АП3	8,9	10,1	12,9	3,26	3,69
АП3	11,2	12,8	15,9	3,58	4,25
АП3	12,	14,5	17,8	3,69	4,7
АП3	16,4	17,2	20,8	4,11	5,11
АП5	7,1	10,3	12.1	3,52	3,55
АП5	8,9	12,5	15,1	3,64	4,16
АП5	11,2	15,2	18,3	3,95	4,72
МПК	7	7,5	10,5	2,55	2,96
МПК	8,4	9,2	10,9	2,55	3,43

Размеры поперечного сечения выработки в свету определяются графическим путем. При определении размеров поперечного сечения горных выработок необходимо, в первую очередь, иметь данные о размерах вагонеток, скипов (для наклонных выработок), электровозов (приложение 2) и самоходного оборудования, а также выполнять требования Правил безопасности (ПБ) по зазорам.

Все выработки, по которым производится транспортирование грузов, должны иметь зазоры между крепью или размещенным в выработках оборудованием и наиболее выступающей кромкой габарита подвижного состава не менее 700 мм со стороны прохода лю-

дей, а с другой стороны – не менее 250 мм при рамных конструкциях крепи, и 200 мм-при сплошных видах крепи. Указанные зазоры должны быть выдержаны на высоте выработки не менее 1800 мм.

Зазор между встречными электровозами (вагонетками) в двухпутных выработках по наиболее выступающей кромке габарита электровоза (вагонетки) должен быть не менее 200 мм.

Во всех выработках, оборудованных конвейерной доставкой, ширина прохода должна быть с одной стороны от конвейера не менее 700 мм, а с другой – не менее 400 мм. Расстояние от верхней выступающей части конвейера до верхняка должно быть не менее 500 мм.

В горизонтальных выработках, оборудованных конвейерами и рельсовым транспортом, а также в горизонтальных и наклонных выработках, оборудованных конвейерным и монорельсовым транспортом, зазор между конвейером и крепью должен быть не менее 400 мм, между конвейером и подвижным составом – не менее 400 мм, между подвижным составом и крепью – не менее 700 мм.

При применении самоходного оборудования зазоры между габаритом подвижного состава и крепью выработки со стороны свободного прохода для людей должны быть не менее 1,2 м, а с противоположной стороны – 0,5 м.

Высота подвески контактного провода должна быть не ниже 2 м от головок рельсов, а при механической доставке людей по выработке или при наличии отдельных выработок либо отделения для передвижения людей – на высоте не менее 1,8 м. В местах подвески расстояние контактного провода от верхняка крепи должно быть не менее 0,2 м.

Установленные ПБ зазоры должны выдерживаться в течение всего срока службы выработки. В связи с этим выработки, подверженные влиянию очистных работ и закрепляемые податливыми крепями, должны иметь первоначальные размеры на 10 – 20 % больше, чем это требуется в соответствии с вышеприведенными условиями.

С учетом изложенного первоначально определяется необходимая ширина выработки (B, м) по формулам:

однопутной $B = m + A + n;$ (6.1)

двухпутной $$B = m + 2A + p + n; \quad (6.2)$$

конвейерной $$B = a + A + n, \quad (6.3)$$

где m - зазор между подвижным составом и крепью (с неходовой стороны a = 0,25 м);

a - зазор между конвейером и крепью, a = 0,4 м;

p - зазор между подвижными составами, p = 0,2 м;

n - ширина прохода для людей, n = 0,7 м;

A - габариты подвижного состава или конвейера, м (см. приложение 2).

По полученной ширине из табл. 6.1 принимается ближайшее типовое сечение и тип крепи. Примеры сечений горных выработок приведены в приложении 3. Далее площадь поперечного сечения выработки в свету проверяют на скорость движения вентиляционной струи:

$$V_{max} = \frac{Q}{S_{св}} \geq V_{min}, \quad (6.4)$$

где V_{max} - максимально допустимая скорость движения воздушной струи для главных шахтных стволов 12 м^3/с; для откаточных штреков, квершлагов, бремсбергов, уклонов – 8 м/с; для остальных выработок – 6 м/с;

Q – количество воздуха, проходящего по данной выработке, м^3/с;

$S_{св}$ - площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2;

V_{min} - минимальная скорость движения воздуха, V_{min} = 0,25 м/с.

Если неизвестна величина Q, то $S_{св}$ можно определять по формуле

$$S_{св} = 0{,}00154\frac{A_{св}qK}{V_a}, \quad (6.5)$$

где $A_{оз}$ - нагрузка на очистной забой, т/сут;

q - относительная газообильность лавы, $м^3/т$;

K - коэффициент запаса, принимается $K = 1,5$;

$V_п$ - предельно допустимая скорость движения воздуха по выработке, м/с.

Принимается большее из двух сечений, определенных по габаритам средств транспорта и по фактору проветривания.

Плотность установки крепи в подготовительной выработке зависит от прочности вмещающих пород: при коэффициенте сти, по М. М. Протодьяконову, $f \leq 3$ плотность принимается равной 1,1 – - 1,5 рам/м; при $f = 4 – 6$ - 0,8 – 1,1 рам/м; при $f > 6$ - 0,8 – 1 рам/м.

При проведении подготовительной выработки по пласту угля забой располагают в сечении штрека так, чтобы пласт занимал как можно большую площадь сечения и была обеспечена наиболее простая перегрузка угля с конвейера лавы на штрек. В этой связи целесообразна подрывка почвы пласта.

Пример. *Определить поперечное сечение откаточного штрека, пройденного смешанным забоем по пласту мощностью 1,6 м с углом залегания 9° и коэффициентом крепости f – 1,4. Почва и кровля пласта представлены мелкозернистым алевролитом (f = 4–5, плотность $\gamma = 2,2$ т/м^3). Откатка грузов по выработке производится аккумуляторным электровозом АМ - 8Д в вагонетках УВГ - 3,3. Выработка двухпутная, ширина колеи 900 мм. Количество воздуха, преходящего по выработке $Q = 50$ м^3/с.*

Решение. Учитывая физико-механические свойства горных пород, окружающих откаточный штрек, и нахождение его в зоне влияния очистных работ, принимаем арочную податливую крепь.

Следовательно, форма поперечного сечения штрека будет сводчатая.

Для удобства погрузки угля с конвейера лавы в вагонетки на штреке принимаем подрывку почвы пласта. Пласт в сечении штрека располагаем так, чтобы высота подрывки кровли была минимальной, иначе это затруднит управление горным давлением на сопряжении лавы с откаточным штреком (рис. 6.2).

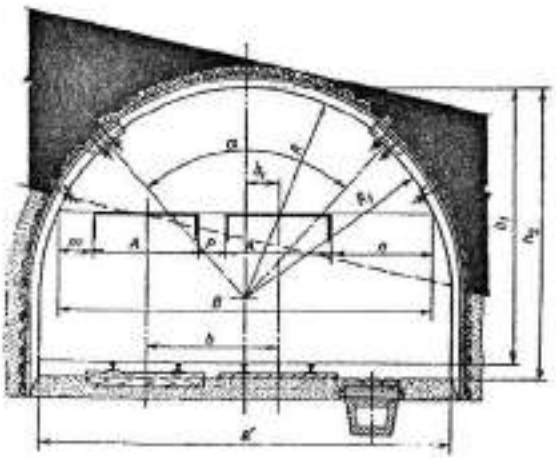


Рис. 6.2. Схема к определению поперечного сечения

Минимальная ширина штрека в свету на уровне подвижного состава определяется по формуле (6.2)

$$B = 0{,}25 + 2 \cdot 1{,}35 + 0{,}2 + 0{,}7 = 3{,}85 \text{ м.}$$

По полученному размеру B = 3,85 м принимаем типовое сечение согласно табл. 6.1. Применяем трехзвенную податливую крепь. Плотность установки крепи – одна рама на 1 м выработки. По типовым сечениям выбираем площадь сечения штрека, закрепленного арочной трехзвенной крепью.

Площадь сечения откаточного штрека: в проходке S_1 = 15,9 м^2, в свету до осадки S_2 = 12,8 м^2, после осадки S_3 = 11,2 м^2.

Минимальное сечение выработки по фактору проветривания определяется по формуле (6.4)

$$S_{св} = \frac{50}{8} = 6{,}25 \text{ м}^2.$$

Принимается большее из двух сечений – сечение, определенное по габаритам средств транспорта, т. е. $S_{св} = 11{,}2$ м^2.

Коэффициент присечки боковых пород при этом

$$K_п = \frac{15{,}9 - 6{,}4}{15{,}9} 100\ \% = 60\ \%.$$

Порядок выполнения работы

1. После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы в лабораторных условиях осуществляется изучение паспортов проведения и крепления горных выработок на шахтах.

2. По заданным горно-геологическим и горнотехническим условиям (табл. 6.2) обосновываются формы и размеры проводимой выработки.

Таблица 6.2

Исходные данные для выполнения работы

Показатель	Вариант				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Тип выработки	бремсберг	уклон	откат. штрек	бремсберг	откат. штрек
Мощность пласта, м	1,5	1,2	2,0	1,4	1,8
Угол падения пласта, град	15	10	25	18	20
Коэффициент крепости пород: кровли	2,5	3,0	1,8	4,0	4,2
почвы	3,2	2,7	2,5	4,8	5,1
Нагрузка на лаву, т/сут	600	500	1400	1100	1300
Относительная газообильность, м^3/т	15	17	6	20	25
Показатель	Вариант				
	6	7	8	9	10
Тип выработки	уклон	конв. штрек	вент. штрек	откат. штрек	Уклон
Мощность пласта, м	1,7	1,6	1,4	1,9	2,0
Угол падения пласта, град	12	30	22	15	6
Коэффициент крепости пород: кровли	3,5	3,1	4,8	6,0	5,0
почвы	2,9	3,4	4,3	5,2	6,2
Нагрузка на лаву, т/сут	1200	700	800	1700	2000
Относительная газообильность, м^3/т	10	8	15	12	8

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6
Показатель	Вариант				
	11	12	13	14	15
Тип выработки	уклон	откат. штрек	вент. штрек	конв. штрек	Уклон
Мощность пласта, м	1,7	1,0	2,3	1,4	1,8
Угол падения пласта, град	5	25	11	22	10
Коэффициент крепости пород: кровли	3,0	2,1	4,3	3,5	4,0
почвы	3,5	2,9	3,6	4,0	3,8
Нагрузка на лаву, т/сут	920	600	2200	7500	2000
Относительная газообильность, $м^3/т$	12	14	6	13	8
Показатель	Вариант				
	16	17	18	19	20
Тип выработки	откат. штрек	бремсберг	откат. штрек	бремсберг	бремсберг
Мощность пласта, м	1,7	1,6	1,4	1,5	1,8
Угол падения пласта, град	18	12	15	12	8
Коэффициент крепости пород: кровли	4,3	3,5	5,0	3,7	3,0
почвы	3,7	3,8	4,0	2,4	3,2
Нагрузка на лаву, т/сут	1300	900	1000	800	1400
Относительная газообильность, $м^3/т$	12	14	5	15	10

3. Обосновываются площадь поперечного сечения выработки, тип крепи и шаг ее установки.

4. Выбирается схема расположения забоя выработки по углю и устанавливается коэффициент присечки пород.

Контрольные вопросы

1. Какие основные факторы определяют форму и размеры поперечного сечения подготовительных выработок?

2. Что такое крепь?

3. Поясните основные принципы выбора типа крепи подготовительных выработок.

4. Какие функции может выполнять анкерная крепь?

Рекомендуемая литература

1. Шахтное и подземное строительство, проведение горизонтальных и наклонных выработок: учебное пособие / под общ. ред. М. В. Корнилкова. – Екатеринбург:. Изд-во УГГГА, 2002. - 188 с.

2. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий: учебное пособие / О. В. Михеев [и др.]; под общ. ред. Л. А. Пучкова.- М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2001. - 487 с.

7. ВЫБОР МЕСТА ЗАЛОЖЕНИЯ СТВОЛОВ

Цель работы. Приобретение навыков по выбору места заложения главного и вспомогательного стволов при различных горно-геологических и горнотехнических условиях разработки шахтного поля.

Теоретические основы выполнения работы. Выбор места заложения стволов определяется многими горно-геологическими и горнотехническими факторами.

К основным горно-геологическим факторам следует отнести следующие: мощность и угол падения пластов; количество рабочих пластов в шахтном поле; размеры шахтного поля по простиранию и падению; расстояние между отрабатываемыми пластами; газообильность и водообильность углепородного массива; физико-механические свойства вмещающих пород; нарушенность месторождения и рельеф поверхности.

Горнотехнические факторы, определяющие выбор места заложения стволов, могут быть следующие: безопасность ведения горных работ; суточная мощность шахты и средняя нагрузка на очистной забой; количество подготовительных и очистных забоев; запасы шахтного поля и др.

На выбор места заложения стволов определенное влияние оказывают и социально-экономические факторы: учет требований охраны окружающей среды; отвод и очищение технических вод, удаление отходов производства; наличие подъездных путей, электроснабжения, водоснабжения и развитие инфраструктуры. Место заложения главного ствола определяется экономическими расчетами после учета вышеперечисленных факторов. При этом необходимо обеспечить минимальные первоначальные капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Однако поиск оптимума комплекса горно-геологических, горнотехнических и социально-экономических аспектов, характерных для каждой конкретной ситуации, остается до сих пор не решенным.

При близкой к прямоугольной конфигурации шахтного поля и выдержанной мощности пластов оптимальное место заложения главного ствола по простиранию будет в середине шахтного поля.

Это определяется эксплуатационными затратами на транспортирование полезного ископаемого, оборудования и материалов.

Центральное расположение главного ствола обеспечивает концентрацию ведения горных работ, улучшение технико-экономических показателей добычи полезного ископаемого.

Выбор места заложения главного ствола вкрест простирания пластов рекомендуется производить по методике акад. Л. Д. Шевякова, согласно которой оптимальный пункт заложения главного ствола находится в пункте сосредоточения грузов на главном квершлаге, к которому по каждому направлению к стволу (справа и слева) свозится сумма грузов, меньшая полусуммы всех грузов, т. е. выполняется следующее условие:

$$\Sigma Z_{лев} < Z/2;$$
$$\Sigma Z_{пр} < Z/2, \qquad (7.1)$$

где Z - сумма всех грузов, транспортируемых к стволу, т.

Оптимальная точка своза грузов совпадает с точкой приложения такого груза, при котором сумма всех грузов делится пополам.

Если вскрытие шахтного поля производится не одним, а несколькими квершлагами, расположенными на разных горизонтах, то определение места заложения главного ствола, обеспечивающего минимальные транспортные расходы по всем квершлагам, производится следующим образом. Внизу чертежа схемы вскрытия, выполненной в масштабе, проводят горизонтальную линию АБ и проецируют на нее все пункты сосредоточения грузов на транспортных квершлагах. Проекции пунктов на прямую нумеруют слева направо. В точке проекций переносятся соответствующие грузы и находят оптимальный пункт, в котором выполняются неравенства (7.1). При равных размерах шахтного поля и этажа по простиранию и падению и одинаковой плотности угля всех пластов свиты данные, выражающие запасы угля, подлежащие транспортированию, можно заменить пропорциональными им мощностями пластов.

Пример1. *Выбрать место заложения главного ствола в крест простирания шахтного поля, оптимальное по фактору подземного транспорта, при следующих условиях: число разрабатываемых пластов – 4; мощности пластов:* $m_1 = 1,0$ *м,* $m_2 = 0,9$ *м,* $m_3 =$

= 0,7м, m_4 = 0,8 м; угол падения пластов – 60°; расстояние между пластами: a_1 = 60 м, a_2 = 45 м, a_3 = 50 м; размер шахтного поля по падению - H = 500 м; количество транспортных горизонтов –3.

Решение. В масштабе вычерчиваем схему вскрытия шахтного поля (рис. 7.1), проводим параллельно квершлагам линию АБ, на которую проецируем все точки пересечения транспортных квершлагов с пластами. В полученных точках сосредоточены соответствующие грузы. Так как размеры шахтного поля, этажей и плотность угля одинаковы для всех пластов, то заменяем грузы (промышленные запасы угля в этаже по каждому пласту) пропорциональными им величинами – мощностями пластов. Затем на транспортном пути 1…12 отыскиваем графическим способом оптимальное место заложения главного ствола. Из рисунка видно, что полусумма грузов располагается между пунктами 5 и 6. Следовательно, место заложения ствола может находиться в любой точке этого участка.

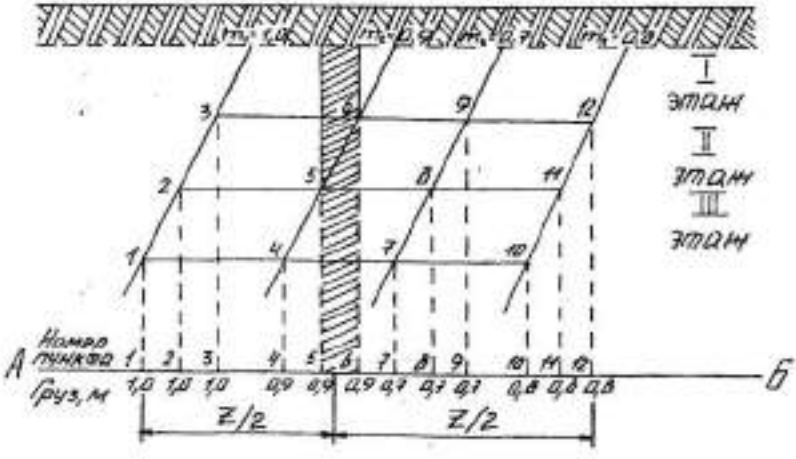


Рис. 7.1. К определению места заложения главного ствола

Пример 2. *Выбрать место заложения ствола шахты в направлении простирания пласта, обеспечивающее минимальную работу подземного транспорта угля при следующих условиях: разра-*

батывается пласт угля с переменным углом падения и невыдержанной мощностью; способ подготовки шахтного поля – этажный; этажи делятся на выемочные поля разной длины из-за невыдержанных элементов залегания пластов.

Решение. Грузы (запасы выемочных полей), подлежащие транспортировке по этажным штрекам, показываются на плане шахтного поля (рис. 7.2). Пункты сосредоточения грузов (точки пересечения участковых бремсбергов с этажными штреками) для удобства нумеруются.

На горизонтальную линию АБ проецируем все точки пересечения этажных штреков с участковыми бремсбергами. В этих точках сосредотачиваются величины соответствующих грузов. Затем на транспортном пути 1...12 отыскиваем графическим способом оптимальный пункт своза грузов. В данном случае он находится между пунктами 11 и 3.

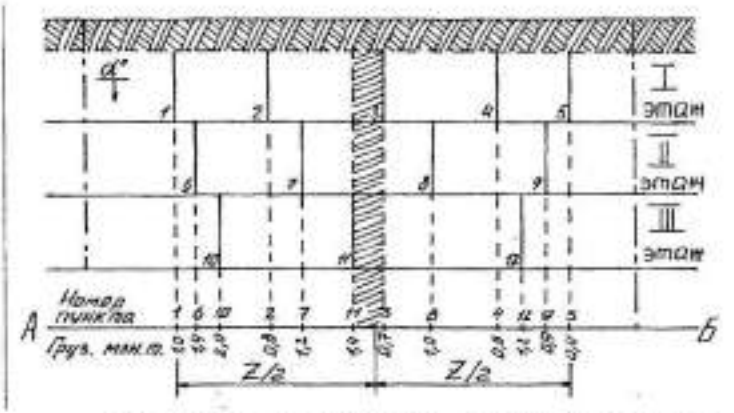


Рис. 7.2. К определению места заложения ствола в направлении простирания пласта

Порядок выполнения работы. После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы студенты в лабораторных условиях изучают место заложения главного ствола с использованием планов горных работ, макетов и планшетов.

На основании исходных данных (табл. 7.1) студенты вычерчи-

Таблица 7.1

Исходные данные для выполнения работы

Номер варианта	Размеры шахтного поля, м		Мощность угольных пластов, м				Расстояние между пластами, м			Угол падения пластов, α, град
	S	H	m_1	m_2	m_3	m_4	a_1	a_2	a_3	
1	5000	2380	2,5	4,5	3,8	-	15	32	-	27
2	5500	1800	1,8	2,4	2,8	-	40	60	-	35
3	4720	2100	3,9	2,1	-	-	70	-	-	30
4	4800	1900	4,5	2,5	1,8	3,2	20	15	60	38
5	5800	2300	2,0	3,1	1,5	5,0	40	35	80	30
6	4650	1600	1,2	1,8	2,1	1,5	25	15	40	45
7	3800	1200	4,2	2,9	3,5	-	60	40	-	60
8	5100	1700	1,3	2,0	1,8	1,5	30	50	20	32
9	4250	1400	2,7	1,8	3,6	-	80	30	-	28
10	6000	7000	2,0	3,1	1,6	2,2	10	60	20	35
11	3950	1350	1,5	1,8	2,5	1,2	20	70	30	40
12	7200	3000	3,1	3,3	1,7	2,0	45	20	60	22
13	4660	1380	1,6	2,4	4,1	-	70	30	-	34
14	3820	1160	2,8	1,7	1,5	-	25	40	-	55
15	6500	2800	1,4	3,6	4,2	5,0	18	35	50	36
16	4280	1120	3,1	1,5	2,6	2,8	40	25	70	42
17	5400	1460	1,9	2,7	1,4	2,3	20	38	55	50
18	7000	4000	2,0	1,5	2,2	3,3	40	20	15	28
19	5060	1700	1,4	1,7	2,0	-	30	40	-	25
20	6000	3100	1,5	3,0	2,5	2,0	25	18	30	27
21	3720	1330	1,3	1,8	1,9	2,5	12	30	38	37
22	4740	158	2,2	1,4	2,7	-	2	42	-	30

вают схему выбора места заложения ствола вкрест простирания и на плане шахтного поля. При этом производятся необходимые расчеты.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные горно-геологические факторы, влияющие на выбор места заложения главного ствола.
2. Каковы достоинства и недостатки центрального расположения главного ствола в шахтном поле?
3. В чем заключается сущность методики акад. Л. Д. Шевякова по выбору места заложения главного ствола?
4. При каких условиях величины транспортируемых грузов можно заменить мощностями разрабатываемых пластов?

Рекомендуемая литература

1. Примеры и задачи по технологии горного производства / Ю. К. Нурмухамедов. - М.: Недра, 1973.- 296 с.
2. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых.- 2-е изд., перераб. и доп. / А. С. Бурчаков, Н. К. Гринько, А. Б. Ковальчук.- М.: Недра. – 536 с.

8. СПОСОБЫ ДЕЛЕНИЯ ШАХТНОГО ПОЛЯ НА ЧАСТИ И ПОРЯДОК ЕГО ОТРАБОТКИ

Цель работы. Изучение способов деления шахтного поля на части, порядка и направления отработки шахтного поля в пространстве и времени в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий.

Теоретические основы выполнения работы. Шахтное поле угольной шахты не может разрабатываться одновременно по всей площади из-за его больших размеров. Для обеспечения системной и безопасной отработки шахтного поля его делят на части, удобные для разработки, – выемочные ступени (выемочные горизонты), крылья, блоки, этажи, панели, выемочные столбы и полосы. Параметры этих частей шахтного поля должны соответствовать условиям эффективного использования существующей и прогнозируемой горной техники и технологии.

Разделение шахтного поля на части зависит от ряда горно-геологических и горнотехнических факторов, основными из которых являются угол падения пластов, газообильность месторождения, технология и механизация очистных работ.

Горизонт (ступень) – часть шахтного поля, одной из границ которого по падению является главный транспортный штрек, а другой – верхняя или нижняя граница шахтного поля. Боковыми границами горизонта служат границы шахтного поля по простиранию.

Транспортным горизонтом называют совокупность вскрывающих, подготовительных выработок и выработок околоствольного двора, расположенных на одном уровне и служащих для транспортирования угля к стволу.

Часть шахтного поля, ограниченная по падению и восстанию смежными транспортными горизонтами или транспортным горизонтом и границей шахтного поля, а по простиранию границами шахтного поля, называют **выемочной ступенью** (выемочным горизонтом).

Наклонная высота выемочной ступени изменяется в широких пределах: от 100 - 150 м при крутом падении пластов до 1500 – 2000 м и более - при пологом.

При одногоризонтном вскрытии пологих пластов (с одним

транспортным горизонтом) шахтное поле обычно делят по падению на две части – бремсберговую ($H_{бр}$) и уклонную ($H_у$) независимо от способа подготовки (рис. 8.1).

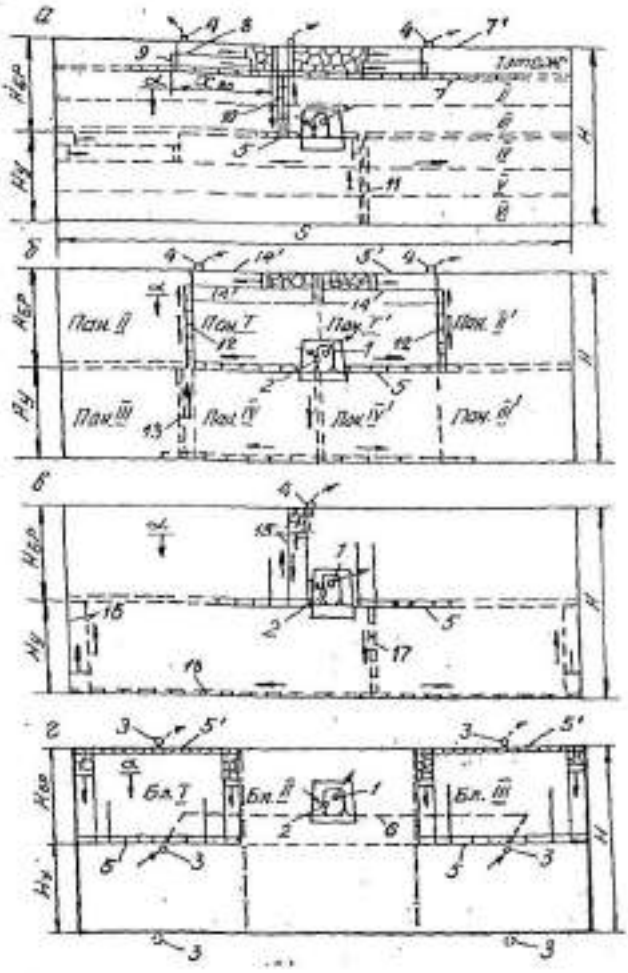


Рис. 8.1. Деление шахтного поля:
на этажи *(а)*; на панели *(б)*; на выемочные ступени, отрабатываемые длинными столбами по падению и восстанию *(в)*; на блоки *(г)*

По простиранию шахтное поле делится на **крылья**. Под крылом понимается часть шахтного поля, расположенная по одну сторону от главной вскрывающей выработки. Как правило, шахты отрабатывают двухкрылые шахтные поля. Крылья обычно обозначают частями света (западное, восточное и др.).

Блок – часть шахтного поля, характеризующаяся независимым проветриванием. Для этого проводятся блоковые воздухоподающие и воздухоотводящие стволы *3* (см. рис. 8.1, 8.2). Уголь из всех блоков по магистральному полевому штреку *6* доставляется к главному стволу *1*, располагаемому в центральном блоке. Размер блоков по простиранию обычно колеблется в пределах 3,0 – 4,5 км.

Границами блока по простиранию являются границы соседних блоков, а также одной из границ крайних блоков служат границы шахтного поля. Границами блоков по падению и восстанию являются границы шахтного поля.

К разделению шахтного поля на блоки прибегают при большой производственной мощности шахты, больших размерах шахтного поля, высокой газообильности месторождения.

При крутом, крутонаклонном, наклонном и, реже, пологом падении шахтное поле разделяется на этажи. **Этажом** называется часть шахтного поля, ограниченная по падению этажным откаточным штреком *7*, по восстанию этажным вентиляционным штреком *7'*, по простиранию – границами шахтного поля (см. рис. 8.1, *а*). При пологом падении в пределах выемочной ступени обычно располагается несколько этажей, соединяемых с транспортным горизонтом капитальными бремсбергами *10* и капитальными уклонами *11*.

При наклонном и пологом падении этаж, как правило, разделяется промежуточными штреками *8* на 2 - 3 подэтажа. Часть этажа по простиранию, заключенная между участковыми бремсбергами *9*, скатами и уклонами, а также между промежуточными квершлагами, называется **выемочным полем** ($x_{вп}$ на рис. 8.1, *а*). Длина выемочного поля по простиранию на пологих пластах принимается в пределах 1000 - 2000 м, на крутых – 300 - 600 м.

При углах падения до 18 – 25 ° выемочная ступень по простиранию может быть разделена на панели (см. рис. 8.1, *б*). **Панелью** называется часть шахтного поля, ограниченная по восстанию и па-

дению главными штреками (откаточным *5* и вентиляционным *5'*) либо с одной стороны границей шахтного поля, а по простиранию - границами соседних панелей или границей соседней панели с одной стороны и границей шахтного поля - с другой. Панели могут быть бремсберговыми и уклонными (см. рис. 8.1, *б*). Как и выемочные поля, они могут быть односторонними и двусторонними. Размеры панелей по простиранию находятся в пределах 1200 - 3500 м, а по падению – 1000 - 1200 м. По падению панели делятся на ярусы. **Ярус** – одновременно отрабатываемая часть панели, ограниченная по падению конвейерным *14*, по восстанию вентиляционным *14* ярусными штреками. В ярусе обычно располагается один забой очистной. Возможно деление яруса на подъярусы.

При углах падения пластов до 10° пласт в пределах горизонта делят по простиранию месторождения на выемочные столбы, вытянутые по восстанию или падению от верхней границы горизонта до нижней. Такой способ подготовки называют **погоризонтным** (см. рис. 8.1, *в*). Выемочные ступени делятся конвейерными и вентиляционными бремсбергами *15* или уклонами *16* на столбы шириной 150 - 250 м, отрабатываемые по падению или восстанию.

Порядок отработки различных частей шахтного поля показан на рис. 8.2.

Порядок отработки шахтного поля – это определенная очередность выемки в пространстве и времени, увязанная со схемами вскрытия и подготовки шахтного поля и его участков.

Этажи (ярусы), как правило, отрабатывают в нисходящем порядке, а по простиранию можно отрабатывать в прямом или обратном порядке.

Порядок отработки свиты пластов устанавливается с учетом принятой производительности шахты и требований безопасности ведения работ.

При выборе порядка отработки частей шахтного поля следует учитывает достоинства и недостатки вариантов. При прямом порядке отработки сокращается срок строительства и обеспечивается быстрое начало эксплуатационных работ, не требуется больших разовых капиталовложений. Однако при этом увеличиваются утечки воздуха, возрастают пожарная опасность и затраты на противопожарную профилактику, значительно увеличиваются расходы на

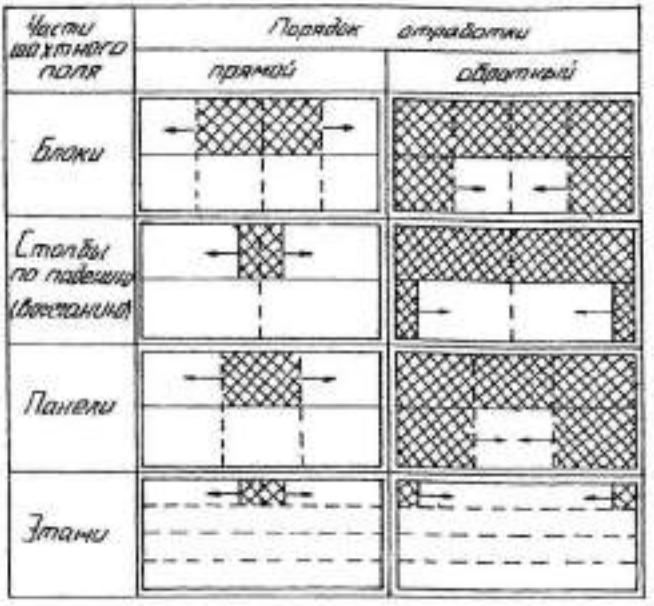


Рис. 8.2. Порядок отработки шахтного поля

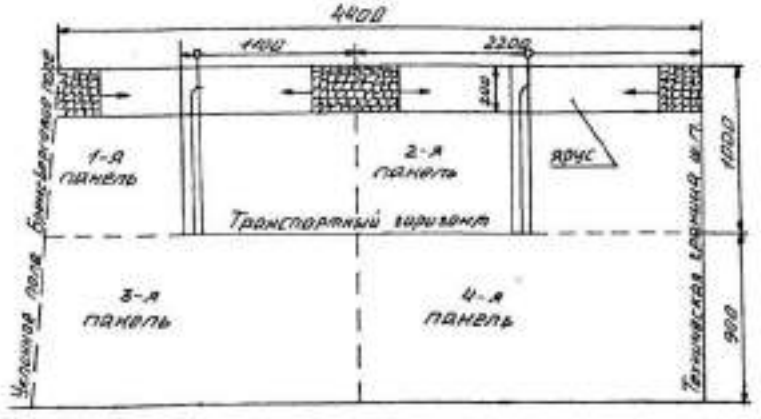


Рис. 8.3. Графическая интерпретация примера

поддержание транспортных и вентиляционных выработок, затрудняется борьба с пожарами.

Пример. *Разделить шахтное поле с размерами по простиранию 4,5 км и по падению 1,9 км на части. Обосновать возможные способы деления шахтного поля на части и вычертить их схемы для следующих условий: мощность пласта 2 м, угол падения 16°. Шахтное поле на западе ограничено дизъюнктивным нарушением амплитудой H=30 м, а на востоке – технической границей с шахтой «Центральная».*

Решение. С учетом заданных условий принимается панельный способ подготовки шахтного поля. По падению шахтное поле делится на бремсберговую ($h_б$ =1000 м) и уклонную ($h_у$ =900 м) части. Панели двусторонние с размерами по простиранию 2200 м. Панель делится на ярусы. Графическая интерпретация примера представлена на рис. 8.3.

Порядок выполнения работы

Первоначально необходимо ознакомиться с теоретическими основами выполнения работы. Затем по планам горных работ определить, на какие части разделено шахтное поле, установить их размеры и порядок отработки.

Далее по заданным условиям (табл. 8.1) осуществляется деление шахтного поля на части и обосновывается порядок их отработки. Принятые решения отображаются графически. При этом графическая часть выполняется в масштабе.

Таблица 8. 1

Исходные данные для выполнения работ

Номер варианта	Размер шахтного поля		Число пластов в шахтном поле	Мощность пластов, м	Угол падения, град	Категория шахты по метану
	по простиранию	по падению				
1	5500	2400	3	1,8; 2,4; 2,8	8	III
2	9000	3000	2	2,9; 3,5	15	Сверхкат.
3	4500	2100	2	2,7; 3,2	27	II
4	6000	2600	1	2,3	18	I
5	4000	1800	2	1,9; 2,6	12	III
6	8000	3000	1	3,1	10	Сверхкат.
7	7000	2700	2	1,8; 2,9	20	III
8	5000	1700	3	2,0; 2,2; 2,0	35	Сверхкат.
9	6350	1950	2	1,7; 3,0	22	II
10	4050	1550	3	3,1; 2,4; 1,8	30	I
11	5200	1800	2	2,5; 3,1	24	II
12	3450	1200	3	1,5; 2,0; 2,5	40	Сверхкат.
13	4250	1400	2	2,4; 3,0	50	II
14	6100	1950	1	3,6	6	I
15	3800	1100	3	1,5; 1,9; 2,6	45	II
16	4000	1420	2	3,2; 2,8	60	III
17	4650	1600	1	4,2	32	III
18	12000	2400	3	1,4; 2,1; 1,8	3	Сверхкат.
19	10000	1200	3	2,9; 3,8; 4,5	15	III
20	5400	2050	2	3,2; 4,3	26	II
21	6300	1980	3	1,9; 2,6; 1,7	18	III
22	7200	2400	2	4,0; 3,7	8	I
23	4630	1420	2	2,6; 3,2	45	II
24	10800	2500	3	3,0; 4,1; 2,5	32	Сверхкат.
25	5800	2100	2	2,2; 2,8	30	II

Контрольные вопросы

1. Что понимается под термином «шахтное поле»?
2. Перечислите основные горно-геологические и горнотехнические факторы, влияющие на способы деления шахтного поля.
3. На какие основные части делится шахтное поле по падению и простиранию?
4. В чем заключается сущность этажного, панельного и погоризонтного способов подготовки шахтного поля?
5. Назовите области применения этажного, панельного и погоризонтного способов подготовки.
6. Порядок отработки шахтного поля при этажном, панельном и погоризонтном способах подготовки.

Рекомендуемая литература

1. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. Подземная разработка пластовых месторождений: учебник для вузов / В. Н. Корнилков.- Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горного ун-та, 2005. – 494 с.
2. Технология подземной разработки месторождений полезных ископаемых / А. С. Бурчаков [и др.] – М.: Недра, 1983. – 487 с.

9. ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ И КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВЫБОР СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Цель работы. Закрепление и углубление знаний студентов, привитие навыков по определению классификационных признаков систем разработки угольных пластов по планам горных работ.

Теоретические основы выполнения работы

Под **системой разработки** пластовых месторождений понимается порядок проведения подготовительных и очистных работ в пределах выемочного поля, увязанный в пространстве и времени.

Условия залегания угольных месторождений весьма разнообразны, и поэтому выбор системы разработки зависит от многих геологических, технических и организационных факторов, определяющих эти условия. Основными факторами, влияющими на выбор системы разработки угольных пластов, являются: форма залегания пластов в недрах; их мощность и угол падения; строение пластов; свойства угля и вмещающих пород; газоносность и водоносность месторождения; склонность пластов к самовозгоранию; склонность пластов к горным ударам и внезапным выбросам; расстояние между смежными пластами угля; глубина разработки; способы и средства механизации производственных процессов в очистных и подготовительных выработках и др.

Рассмотрим основные из них.

Форма месторождений бывает правильная и неправильная (см. работу № 2). Пластовые месторождения характеризуются тем, что элементы их залегания сохраняются на значительных площадях. Однако довольно часто наблюдаются изменения мощности и угла падения пласта, нарушения его сплошности и др. Поэтому при выборе систем разработки следует предусматривать систему разработки, пригодную для диапазона колебаний элементов залегания пласта или, при необходимости, предусматривать возможность перехода от одной системы к другой.

Мощность пласта определяет способ выемки угля, интенсивность сдвижений вмещающих пород, способ управления горным давлением, а также способ проведения и поддержания подготовительных выработок.

Мощность пласта, как правило, выполняет роль классифицирующего признака систем разработки угольных пластов.

Угол падения пласта также является важным фактором при выборе систем разработки, а в некоторых классификациях - классификационным признаком. Он оказывает влияние на способ доставки угля вдоль очистного забоя, выбор средств механизации очистной выемки, форму и размер очистного забоя, способ управления горным давлением.

Свойства боковых пород оказывают существенное влияние на выбор способа охраны подготовительных выработок, способа управления горным давлением и крепления очистного забоя, средств механизации очистной выемки.

Основными характеристиками вмещающих угольный пласт пород являются их обрушаемость и устойчивость. При неустойчивых породах возникает необходимость использования механизированных крепей с максимальным коэффициентом перекрытия кровли, упрочнение пород кровли или оставление подкровельной пачки угля. На пластах с труднообрушающимися кровлями следует ориентироваться на очистные механизированные комплексы с высоким удельным сопротивлением, а также на проведение специальных мероприятий по разупрочнению пород кровли.

Устойчивость боковых пород предопределяет и расположение подготовительных выработок по пласту или пустым породам.

Газоносность пласта и вмещающих пород. При разработке угольных месторождений из пластов и вмещающих пород выделяются природные газы. При выборе системы разработки и их элементов наибольшее значение с точки зрения проветривания имеют метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2). Наибольшую опасность представляет метановоздушная смесь с содержанием метана 4,5 – 16 %, при котором она становится взрывчатой. На газовых шахтах предпочтительнее прямоточная и обособленная схема проветривания лав.

Водоносность. При высокой водообильности наблюдается вдавливание элементов крепей в породы почвы и интенсивно развивается пучение. Это должно учитываться при выборе вида крепей выработок и способов их охраны. Влияние этого фактора заключается и в том, что работа в обводненных забоях оказывает вредное

воздействие на здоровье рабочих, при этом увеличивается травматизм и снижается производительность труда. Поэтому при разработке обводненных месторождений необходимо применять также системы разработки, при которых либо данное месторождение дренируется, либо полностью исключается поступление воды в призабойное пространство очистного забоя.

Количество воды($м^3$), которое выдается из шахты, водоотливными установками на 1 т добычи полезного ископаемого в течение года называют коэффициентом водообильности шахты. Значение его изменяется в широком диапазоне от 0,1 до 35 $м^3/т$ и более. В учебных целях по коэффициенту водообильности шахты разделяют на три группы: 1 – незначительная обводненность -$W \leq 1$ $м^3/$ т; 2 – средняя $W = 1{,}0 - 4{,}5$ $м^3/$т; 3 – высокая - $W > 4{,}5$ $м^3/$т.

Склонность угля к самовозгоранию проявляется тем чаще, чем мощнее пласт. Эндогенные пожары обычно возникают в местах геологических нарушений и разрушенных целиках угля. Наиболее пожаробезопасны системы разработки с минимальными потерями угля.

Глубина разработки вносит существенные изменения в разработку месторождений. С глубиной возрастает напряженное состояние горных пород, увеличивается давление на крепь горных выработок, возрастает вероятность возникновения горных ударов и внезапных выбросов газа, угля и породы. Общими рекомендациями при этом являются: опережающая отработка защитных пластов, минимальный объем подготовительных выработок, проведение выработок без оставления целиков угля и повторное их использование и др.

Способы механизации очистных и подготовительных работ весьма тесно связаны с системами разработки. Внедрение в практику горных работ новых средств комплексной механизации очистных работ вызвало необходимость в изменении элементов системы разработки и способов управления горным давлением.

Разнообразие горно-геологических условий залегания угольных пластов и технических средств их выемки предопределяет и многообразие вариантов и разновидностей систем разработки, которые характеризуются различными признаками.

В качестве основного классификационного признака в большинстве классификаций систем разработки принят признак разделе-

ния пласта по мощности на слои (табл. 9.1). В соответствии с этим признаком системы разработки разделяют на два вида – без разделения на слои (с выемкой на полную мощность) и с разделением на слои.

Первый дополнительный признак – длина очистного забоя. По этому признаку системы разработки разделяют на две группы: с длинными очистными забоями и с короткими забоями. Это разделение основывается не только на геометрическом признаке и на больших технологических различиях (виды механизации и организации очистных работ).

Второй признак – порядок проведения подготовительных выработок в выемочном поле по отношению к перемещающейся поверхности очистного забоя. Различают столбовую, сплошную и комбинированную системы разработки.

Для ***столбовых*** систем разработки характерным является то, что подготовительные выработки в выемочном поле по отношению к перемещающейся поверхности очистного забоя проводятся до начала очистной выемки.

Для ***сплошных*** систем разработки характерно одновременно-последовательное проведение подготовительных выработок в выемочном поле по отношению к перемещающейся поверхности очистного забоя, часть из них проводится до начала очистной выемки или одновременно с ней.

При ***комбинированной*** системе разработки можно применять одновременно или последовательно столбовую и сплошную системы разработки.

Третий признак – направление перемещения в пространстве очистного забоя в выемочном поле по отношению к элементам залегания пласта. Различают системы разработки с подвиганием очистных забоев по простиранию, падению, восстанию или диагонально.

Таблица 9.1

Классификационные признаки систем разработки

Классификационные признаки			
Разделение пласта по мощности на слои	Длина очистного забоя	Порядок проведения подготовительных выработок в выемочном поле по отношению к подвижной плоскости очистного забоя	Направление перемещения в пространстве очистного забоя в выемочном поле по отношению к элементам залегания пласта
Без разделения на слои	С длинными забоями	Одновременный (сплошная)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Последовательный (столбовая)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Одновременно-последовательный (комбинированная)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
	С короткими забоями	Одновременный (камерная)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Последовательный (короткими столбами)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
		Одновременно-последовательный (камерно-столбовая)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
С разделением на слои: наклонные	С длинными забоями	Последовательный (столбовая)	По простиранию По падению По восстанию По диагонали
	С короткими забоями		По простиранию
Горизонтальные: поперечно-наклонные	С короткими забоями		По простиранию

Варианты систем разработки могут также отличаться: схемами проветривания в пределах выемочного участка (возвратноточная, прямоточная); способами охраны подготовительных выработок (целиками, без целиков); способами управления горным давлением (с обрушением, с закладкой); способами выемки угля в очистном забое и др. При слоевых системах разработки возможны варианты порядка отработки слоев – нисходящий, восходящий и комбинированный.

Отличительные признаки наиболее широко применяемых систем разработки угольных пластов с выемкой на полную мощность представлены на рис. 9.1.

Применяемые системы разработки в конкретных горно-геологических условиях и их конструктивные особенности находят отражение на планах горных работ – основном документе шахты. На план наносятся все горные выработки (обычно в масштабе 1 : 2000, 1 : 5000 и реже 1 : 10000), отмечаются последовательность и сроки их проведения, а для очистных работ – величина месячного подвигания линии очистного забоя; старые очистные работы отмечаются по годовому подвиганию очистного забоя; указываются тип механизации выемки и способ управления кровлей.

Порядок выполнения работы

После ознакомления с теоретическими основами выполнения работы, а также с примером выполнения работы студент получает план горных работ одной из действующих шахт. По полученному плану горных работ необходимо:

- определить и занести в таблицу (табл. 9.2) горно-геологические и горнотехнические параметры действующих выемочных участков;
- определить на основании отличительных признаков класс системы разработки;
- установить направление движения струи воздуха и транспорта угля на выемочном участке.

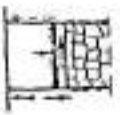
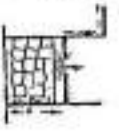
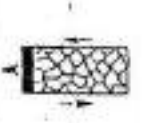
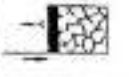
Признаки системы		Классификационные признаки		
		Вид системы разработки		
		Сплошная	Столбовая	Комбинированная
				
Основные	Порядок ведения очистных и подготовительных работ в выемочном поле	Одновременный	Разновременный	Комбинированный
Дополнительные	Условия поддержания участковых выработок	В выработанном пространстве или на границе с ним	В массиве угля или ином установившегося горного давления	В массиве и выработанном пространстве
	Направление движения очистных забоев и транспорта угля	Противоположное	Совпадает	Совпадает или не совпадает
	Направление движения очистных забоев и исходящей струи воздуха	Противоположное 	Совпадает	Совпадает Не совпадает 

Рис. 9.1. Отличительные признаки систем разработки.

Направление движения:

- очистного забоя;
- транспорта угля;
- свежей струи воздуха;
- исходящей струи воздуха

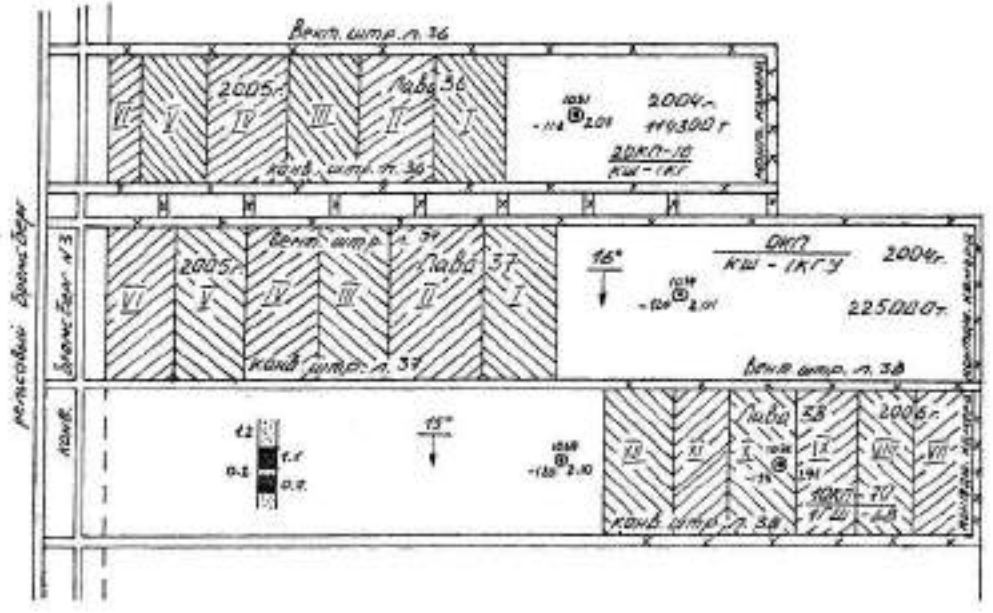


Рис. 9.2. Выкопировка из плана горных работ пласта «Ж» шахты «Капитальная» (масштаб 1: 5000)

Таблица 9. 2

Характеристика действующих выемочных участков

Выемочной участок	Система разработки	Мощность пласта, м	Угол падения, град	Вмещающие породы		Длина лавы, м	Запасы выемочного участка, тыс. т	Способ охраны выработки
				кровля	почва			
Лава 16	Длинные столбы по простиранию	2,05	16	Алевролит, песчаник	Аргиллит	150	300,0	Целик-массив
Лава 17	То же	2,00	16	То же	То же	175	460,7	То же
Лава 18	- и -	2,10	15	- и -	- и -	160	421,1	Без целика с повторным использованием

Пример. По плану горных работ (рис. 9.2) устанавливаем следующее:

1) шахта «Капитальная» ОАО «Челябинская угольная компания», пласт «Ж», лава 38;

2) мощность пласта m = 2,1 м; угол падения α = 16°; непосредственная кровля – алевролит мощностью 4 – 8 м; основная кровля – песчаник мощностью 6 – 8 м, почва – аргиллит; глубина ведения работ 250 м; шахта III категории по газу; глубина ведения работ 250 м; шахта III категории по газу;

3) очистной забой – лава длиной 160 м;

4) лава обслуживается конвейерным и вентиляционным штреками;

5) вентиляционным штреком лавы 38 является сохраненный для повторного использования конвейерный штрек лавы 37;

6) очистные и подготовительные работы разделены в пространстве и времени;

7) направление движения исходящей струи воздуха и транспортирования угля совпадает с направлением подвигания лавы.

Данная система разработки имеет классификационные признаки столбовой системы разработки. Полное название системы – «Столбовая система разработки с выемкой одинарными лавами по простиранию».

Контрольные вопросы

1. Назовите основные факторы, влияющие на выбор системы разработки.
2. Как влияет на выбор системы разработки мощность пласта?
3. Как влияет на выбор системы разработки и ее параметры угол падения пласта?
4. Назовите основные признаки классификации систем разработки пластовых месторождений.
5. Назовите главные отличия столбовых систем разработки от сплошных.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П.1.1

Углы сдвижения пород и ширина предохранительной бермы для основных бассейнов и месторождений

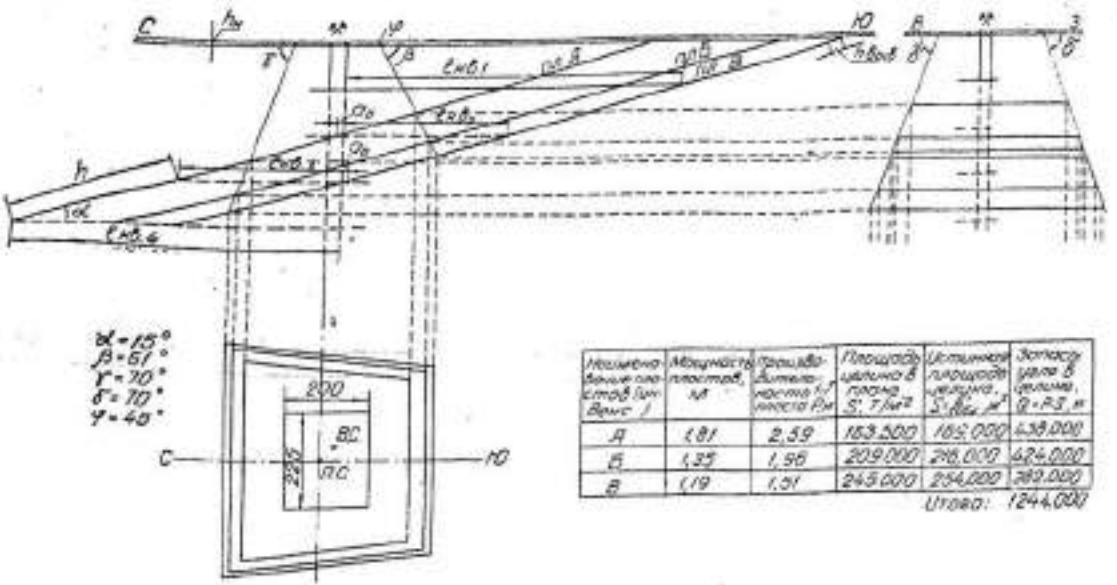
Бассейны или месторождения	Углы падения пластов α, град	Углы сдвижения пород, град				Ширина берм для объектов охраны, м
		в коренных породах			в наносах	
		β	γ	δ	φ	
Донецкий и Печорский	0…5	85	85	85	60	10
	6…44	90	85	85	60	
	45…65	90	85	85	60	
	66…69	40	90	85	60	
	70…85	30	85	85	60	
Челябинский	0…10	65	65	65	50	10
	11…60	70 – 0	70	65	50	
	61…65	40	75	65	50	
	66 и более	40	75	65	50	
Воркутинское	0…65	80	80	80	55, в обводненных 45	10
Карагандинский	0…70	70-0,6	70	70	45	10
	70…80	30		70	45	
Подмосковный	0…10	-	-	55	-	5
Кузнецкий	0	80	80	80	55	10
	10…50	82- 0	80	80	55	
	51..55	31	80	75	55	
	56…90	30	80	75	55	

Примечание. В Челябинском бассейне углы сдвижения пород β, γ, и δ в подработанной ранее толще пород принимаются на 10° меньше, чем углы, определенные по табл. П.3.1.

При разработке угольных пластов с углами падения более 65° угол сдвижения β_1 в породах лежачего бока изменяется от 55 до 40° обратно пропорционально изменению углов падения от 65 до 90°, т. е. при возрастании угла падения на каждые 5° угол сдвижения уменьшается на 3°.

В Донецком бассейне при наличии в толще меловых и третичных отложений углы сдвижения $\beta = \gamma = \delta = 70°$.

В Печорском бассейне при наличии в наносах плывунов угол сдвижения φ принимается равным 45°.



Наименование пластов (их номер)	Мощность пластов, м	Производительность пласта P_M	Площадь целика в плане S, тыс. м²	Истинная площадь целика, $S_{ист}$, тыс. м²	Запасы угля в целике, тыс. т
А	1,81	2,59	183,500	185,000	439,000
Б	1,35	1,96	209,000	216,000	424,000
В	1,19	1,91	245,000	254,000	389,000
				Итого:	1244,000

Рис. П. 1.1. Построение предохранительных целиков под промплощадку

Приложение 2

Таблица П.2.1

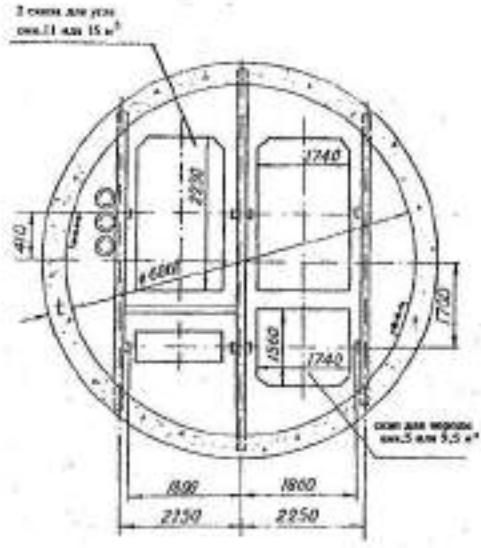
Габаритные размеры подвижного состава

Параметры	Шахтные вагонетки								
	ВГ-0,7	ВГ-1,2	ВГ-2,0	ВГ-2,2	ВГ-3,3	ВГ-4,5А	ВГ-9А	ВГ-10А	УВГ-1,3
Вместимость кузова, м³	0,7	1,2	2,0	2,2	3,3	4,5	9	10	1,3
Основные размеры, мм									
Длина	1250	1850	3070	2950	3450	4100	8000	7300	1500
Ширина	850	1000	1250	1200	1240	1350	1350	1800	850
Высота	1220	1300	1200	1300	1300	1550	1550	1600	1300
Колея, мм	600	600, 750	750, 900	600, 750	900	750, 900	750, 900	750, 900	600, 750
	Аккумуляторные электровозы								
Тип электровоза	4,5 АРП-2М	5АРВ-2М	АРИ-7	АРВ-7	АМВД	2АМ-8Д	АРИ-10	АРИ-14	АРП-28
Длина по буферам, мм	3300	3480	4200	4200	4550	9470	5500	5865	10870
Ширина, мм,при размере колеи 600 мм	1000	1000	1050	1050	1045	1045	1060	-	-
Ширина, мм,при размере колеи 900 мм	1300	1300	1350	1350	1315	1345	-	1350	1350
Высота, мм	1310	1450	1500	1500	1415	1415	1650	1650	1650
Исполнение электрооборудования	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ

Окончание табл. П.2.1

Контактные электровозы						
Тип электровоза	3КР-600	4КР-1	К-10	К-14	КТ-14	КТ-28
Длина по буферам, мм	2900	3120	5200	5440	5440	12300
Ширина, мм, по выступающим частям при колее 600 мм	960	1000	1350	1350	1350	1350
Ширина по выступающим частям при колее 750 и 900 мм	-	1300	1650	1650	1650	1650
Высота, мм	1400	1515	1650	1650	1650	1650
Шахтные конвейеры с шириной ленты 800 мм						
Тип конвейера	КЛ 150Д, КЛ-150У	1Л80	1ЛТ-80	2П80	2ЛБ80	1ПБ80
Максимальная ширина, мм	1080	1108	1108	1108	1108	1108

а



б

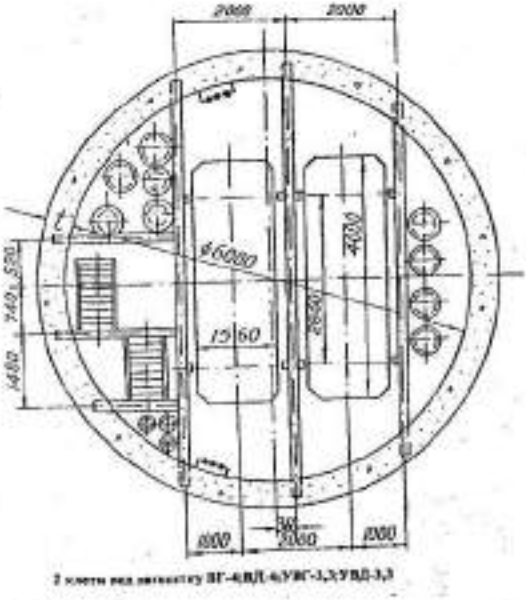


Рис. П. 3.1. Сечение скипового *(а)* и клетевого *(б)* стволов

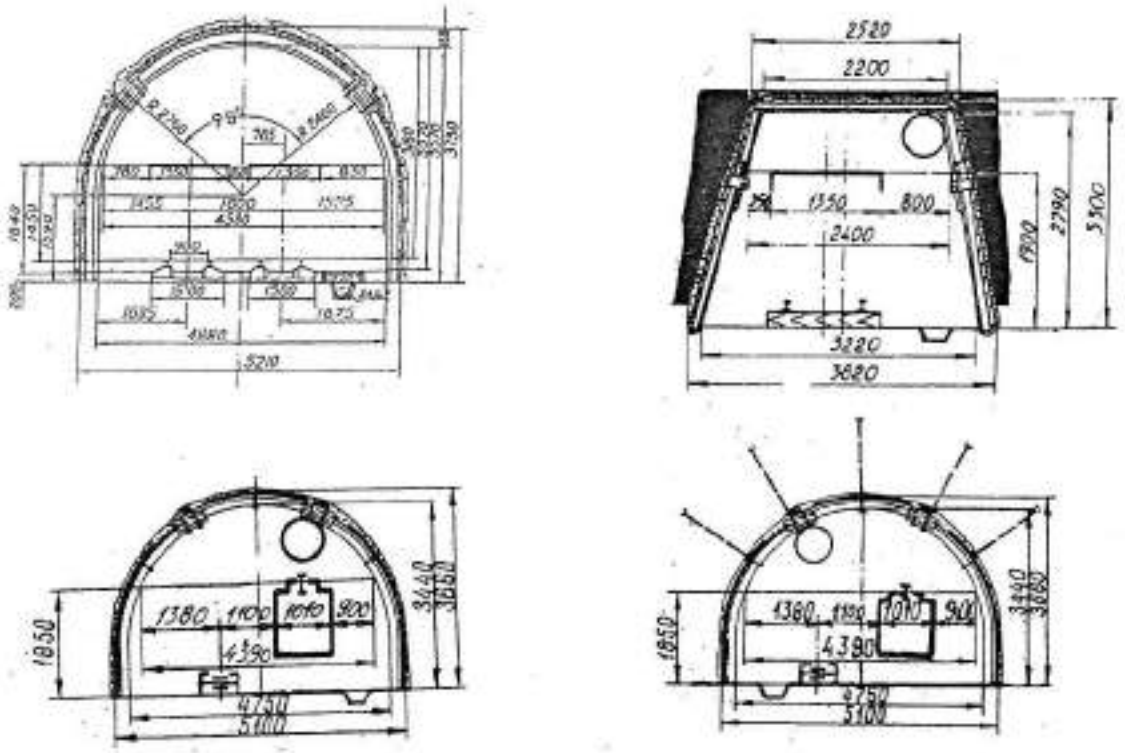


Рис. П. 3.2. Сечение квершлага *(а)*, вентиляционного штрека *(б)* и бремсберга *(в, г)*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Горно-геологические условия залегания угольных месторождений весьма разнообразны. Это приводит и к различным техническим решениям на различных стадиях их разработки.

На этапе изучения дисциплины «Основы горного дела» при многовариантности решения вопросов во всех звеньях технологической цепи угольной шахты следует освоить основные ее элементы. При этом наибольший эффект в освоении материала достигается в результате прорисовывания чертежей схем графиков и проведения соответствующих расчетов после изучения теоретических вопросов.

Учебное издание

Александр Михайлович Вандышев

Владимир Валентинович Потапов

ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА. ПОДЗЕМНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ по дисциплине
«Основы горного дела» для студентов
специальности 21.05.04 Горное дело специализации
«Обогащение полезных ископаемых»

Редактор Устьянцева Л.В.
Компьютерная верстка Реснянской И.В.

Подписано в печать 2019 г.
Бумага писчая. Формат 60x84 $^{1}/_{16}$
Гарнитура Times New Roman Печать на ризографе.
Печ. л. Уч.-изд.л. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.О.32.04 ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хамидулин И. Х., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

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 образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

С. Г. Комлев, Т. Ю. Овчинникова, К. А. Водовозов

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ
и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горномеханического
факультета
«3» февраля 2015 г.
Председатель комиссии

_____проф. В. П. Барановский

С. Г. Комлев, Т. Ю. Овчинникова,
К. А. Водовозов

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ
и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2015

К 63

Рецензент: *А. В. Колтунов*, доцент кафедры
обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «27» декабря 2014 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

К 63 Комлев С. Г., Овчинникова Т. Ю., Водовозов К. А.

Обогащение полезных ископаемых. Методические указания по выполнению контрольных работ и варианты заданий по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых» для студентов направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения / Комлев С. Г., Овчинникова Т. Ю., Водовозов К. А.; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 35 с.

В пособии приведены основные понятия и формулы для расчёта технологических показателей обогащения, эффективности грохочения, методики расчета схем обогащения полезных ископаемых, показаны примеры решения задач, приведены варианты заданий. Пособие составлено в соответствии с учебной программой дисциплины.

© Комлев С. Г., 2015
© Овчинникова Т. Ю., 2015
© Водовозов К. А., 2015
© Уральский государственный
горный университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ 4
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ 5
1.1. Расчёт технологических показателей обогащения 5
1.2. Построение гранулометрической характеристики 8
1.3. Расчёт эффективности грохочения 12
1.4. Расчёт схем обогащения 14
2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ 16
2.1. Контрольная работа № 1 16
2.2. Контрольная работа № 2 18
2.3. Контрольная работа № 3 20
3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ 24
3.1. Контрольная работа № 1 24
3.2. Контрольная работа № 2 28
3.3. Контрольная работа № 3 30
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 35

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ

В курсе «Обогащение полезных ископаемых» студент самостоятельно выполняет три контрольные работы из разделов «Расчёт технологических показателей обогащения» (контрольная работа № 1), «Построение гранулометрических характеристик» и «Расчёт эффективности грохочения» (контрольная работа № 2) и «Расчёт схем обогащения» (контрольная работа № 3). Номера задач для каждого студента задаются номером варианта задания. Номер варианта назначает преподаватель.

Контрольные работы оформляются в виде единой сброшюрованной пояснительной записки.

К пояснительной записке, выполненной на листах формата А4, предъявляются следующие требования: наличие титульного листа, содержания, нумерации страниц, таблиц, рисунков, подрисуночных подписей, обозначения и расшифровки кривых на графиках, обозначения осей на графиках, размерностей по осям графиков, в таблицах и численных результатах, получаемых в ходе расчётов по формулам, списка использованных источников.

При построении графиков студент самостоятельно выбирает оптимальные масштабы по осям, вводя, при необходимости, логарифмические масштабы.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ

1.1. Расчёт технологических показателей обогащения

Определения основных технологических показателей обогащения даны на примере операции разделения с двумя получаемыми продуктами (рис. 1).

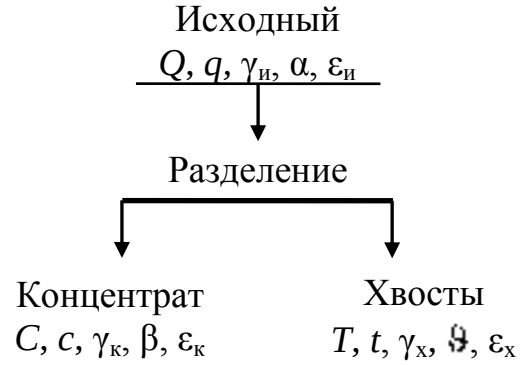


Рис. 1. К определению основных технологических показателей разделения

На рис. 1 введены следующие обозначения: Q, C, T – массы соответствующих продуктов; q, c, t – массы ценного компонента в соответствующих продуктах; $\gamma_и$, $\gamma_к$, $\gamma_х$ – выходы соответствующих продуктов; α, β, ϑ – массовые доли ценного компонента в соответствующих продуктах; $\varepsilon_и$, $\varepsilon_к$, $\varepsilon_х$ – извлечение ценного компонента в соответствующие продукты.

В обогащении полезных ископаемых количество продукта может иметь размерность как массы (т, реже кг), так и производительности (т/ч, т/сут, т/год).

В табл. 1 представлены общепринятые обозначения и размерности технологических показателей обогащения.

При разделении материала принято считать концентратами продукты с большей массовой долей ценного компонента, а хвостами – с меньшей. В том случае если оценка показателей обогащения ведётся по массовой доле вредной примеси, то концентратами считают продукты, с меньшим содержанием вредных примесей, а хвостами – с большей. Примером может служить обогащение углей, где малое содержание вредной примеси – золы (зольность) меньше для концентратов и больше для хвостов.

Таблица 1

Общепринятые обозначения и размерности технологических показателей обогащения

Показатель	Размерность	Продукт				
		исходный	концентрат	хвосты	подрешётный	надрешётный
Масса продукта	т, кг (т/ч; т/сут; т/год)	Q	C	T	C	T
компонента в продукте		q	c	t	–	–
класса -d		q	–	–	c	t
Выход	%	$\gamma_и$	$\gamma_к$	$\gamma_х$	$\gamma_п$	$\gamma_н$
Массовая доля компонента в продукте	% (г/т)	α	β	ϑ	–	–
золы в продукте (зольность)	%	$A_и$	$A_к$	$A_х$	–	–
класса -d		α^{-d}	–	–	β^{-d}	ϑ^{-d}
класса +d		α^{+d}	–	–	β^{+d}	ϑ^{+d}
Извлечение	%	$\varepsilon_и$	$\varepsilon_к$	$\varepsilon_х$	–	–

Выход продукта – это отношение массы продукта разделения к массе исходного продукта:

$$\gamma_к = \frac{C}{Q}, \text{д. ед.} \quad \text{или} \quad \gamma_к = \frac{C}{Q}\cdot 100, \%. \qquad (1)$$

$$\gamma_х = \frac{T}{Q}, \text{д. ед.} \quad \text{или} \quad \gamma_х = \frac{T}{Q}\cdot 100, \%. \qquad (2)$$

Массовая доля компонента в продукте – это отношение массы компонента в каком-либо продукте к массе всего этого продукта:

для исходного $$\alpha = \frac{q}{Q}, \text{д. ед.} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{q}{Q}\cdot 100, \%; \qquad (3)$$

для концентрата $$\beta = \frac{c}{C}, \text{д. ед.} \quad \text{или} \quad \beta = \frac{c}{C}\cdot 100, \%; \qquad (4)$$

для хвостов $$\vartheta = \frac{t}{T}, \text{д. ед.} \quad \text{или} \quad \vartheta = \frac{t}{T}\cdot 100, \%. \qquad (5)$$

Извлечение компонента в продукт – это отношение массы компонента в продукте к массе этого компонента в исходном продукте:

$$\varepsilon_к = \frac{c}{q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_к = \frac{c}{q} \cdot 100, \%. \tag{6}$$

$$\varepsilon_х = \frac{t}{q}, \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_х = \frac{t}{q} \cdot 100, \%. \tag{7}$$

Иногда используют термин ***потери*** для обозначения извлечения ценного компонента в не одноимённый продукт, например, *потери* ценного компонента *с хвостами*, что *равнозначно* понятию *извлечение* ценного компонента *в хвосты*.

Уравнения баланса, вытекают из закона сохранения массы:

$$C + T = Q; \tag{8}$$

$$c + t = q; \tag{9}$$

$$\gamma_к + \gamma_х = \gamma_и; \tag{10}$$

$$\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta = \gamma_и \cdot \alpha; \tag{11}$$

$$\varepsilon_к + \varepsilon_х = \varepsilon_и. \tag{12}$$

Сумма масс, выходов и извлечений продуктов разделения ***всегда*** равна массе, выходу или извлечению исходного продукта соответственно и определяется простым сложением (8)-(10), (12).

Массовые доли ***складывать нельзя***, так как они рассчитаны от ***разных*** масс продуктов. При простом сложении не будет учтена ***доля участия*** (удельный вес) каждого из продуктов в общей сумме, поэтому при составлении уравнения баланса по массовым долям необходимо использовать ***средневзвешенное значение***. В качестве удельного веса может выступать выход или масса продукта, как показано в уравнении (11).

При расчёте одной операции разделения или схемы в целом, как правило, принимают: $\gamma_и = 100$ %; $\varepsilon_и = 100$ %. Тогда уравнения (10)-(12) приобретают вид:

$$\gamma_к + \gamma_х = 100; \tag{13}$$

$$\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta = 100 \cdot \alpha; \tag{14}$$

$$\varepsilon_к + \varepsilon_х = 100. \tag{15}$$

Решая систему уравнений, состоящую из формул (13)-(15), можно вывести формулы для расчёта выходов продуктов разделения и извлечения в них (продукты) компонента:

$$\gamma_к = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot 100, \% \quad (16)$$

$$\gamma_х = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta} \cdot 100 \%. \quad (17)$$

$$\varepsilon_к = \frac{\gamma_к \cdot \beta}{\alpha}, \%. \quad (18)$$

$$\varepsilon_х = \frac{\gamma_х \cdot \vartheta}{\alpha}, \%. \quad (19)$$

Примеры расчёта технологических показателей обогащения представлены в п. 2.1.

1.2. Построение гранулометрической характеристики

Гранулометрический состав продуктов обогащения характеризуется распределением частиц по классам крупности. Основным методом определения гранулометрического состава продуктов является ситовый анализ, состоящий в рассеве продукта на наборе сит с квадратными отверстиями и последующем определении ***частных выходов*** классов крупности.

Частный выход каждого класса крупности определяется по формуле:

$$\gamma_i = \frac{M_i}{M_{исх}} \cdot 100, \%, \quad (20)$$

где γ_i – выход i-го класса крупности; M_i – масса i-го класса крупности; $M_{исх}$ – масса исходного продукта, подвергнутого рассеву.

Помимо этого определяют ***суммарный выход*** классов крупности ***«по плюсу»*** и ***«по минусу»***.

Суммарная характеристика «по плюсу» показывает, какое количество материала осталось бы на сите с размером отверстия, равным d мм, если бы это сито в наборе сит для ситового анализа было верхним.

Суммарная характеристика «по минусу» показывает, какое количество материала прошло бы сквозь сито с размером отверстия, равным d мм, если бы это сито в наборе было нижним.

Суммарный выход классов крупности «по плюсу» рассчитывается последовательным суммированием значений частных выходов каждого класса крупности сверху вниз, а «по минусу» – снизу вверх.

Пример оформления результатов ситового анализа приведён в табл. 2.

Таблица 2

Результаты ситового анализа

Класс крупности, мм		Выход, %		
		частный	суммарный	
			«по плюсу»	«по минусу»
-200+100		12,8	12,8	100,0
-100+50		22,5	35,3	87,2
-50+25		21,5	56,8	64,7
-25+13		16,9	73,7	43,2
-13+6		13,3	87,0	26,3
-6+3		6,4	93,4	13,0
-3+0		6,6	100,0	6,6
Итого:		**100,0**	–	–
Абсцисса для кривой «по минусу»	**Абсцисса для кривой «по плюсу»**		**Ордината для кривой «по плюсу»**	**Ордината для кривой «по минусу»**

На рис. 2 приведен пример построения суммарных характеристик крупности для рассмотренного примера. Кривые являются зеркальным отображением друг друга. По любой из них можно определить выход любого класса крупности.

При построении кривых суммарного выхода каждый класс крупности представляется в виде точки координатами (d; γ), где d – граничное значение каждого класса крупности, а γ – суммарный выход этого класса крупности («по плюсу» или «минусу»).

Для кривой суммарного выхода «по плюсу» d – это ***нижняя*** граница класса крупности, то есть значение крупности со знаком «плюс», а для кривой суммарного выхода «по минусу» – ***верхняя*** граница класса крупности, то есть значение крупности со знаком «минус». Для приведённого примера класс крупности -100+50 мм при построении кривой суммарного выхода «по плюсу» будет иметь координаты (50; 35,3), а при построении кривой суммарного выхода «по минусу» – (100; 87,2).

Полученные точки соединяют плавной кривой. Обе кривые суммарного выхода монотонны. Каждая из них пересекает и ось абсцисс, и ось ординат.

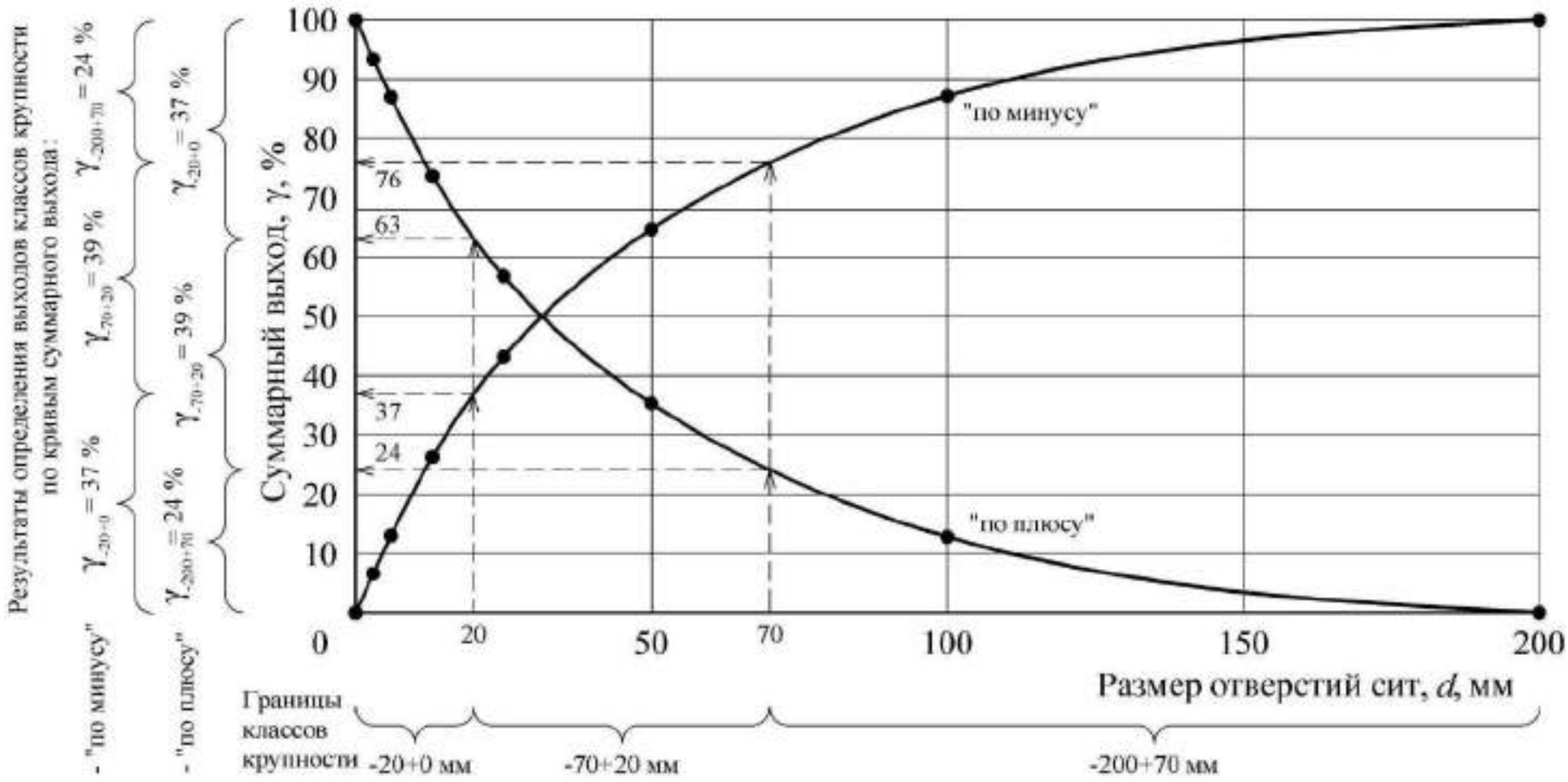


Рис. 2. Гранулометрическая характеристика продукта

Точки пересечения с осью абсцисс: (D_{max}; 0) для кривой суммарного выхода «по плюсу» и (D_{max}; 100) для кривой суммарного выхода «по минусу». D_{max} – это максимальная крупность продукта, мм. Для представленного примера D_{max}=200 мм.

Точки пересечения с осью ординат: (0; 100) для кривой суммарного выхода «по плюсу» и (0; 0) для кривой суммарного выхода «по минусу».

По виду кривой суммарного выхода можно сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности. Если кривая суммарного выхода «по плюсу» имеет выпуклую форму, то в продукте преобладают крупные классы, если вогнутую – то мелкие (для кривой суммарного выхода «по минусу» – наоборот). Если кривые суммарного выхода имеют форму близкую к прямой, то это свидетельствует о равномерном распределении частиц по классам крупности.

Определение выхода заданного класса крупности осуществляется в следующей последовательности:

1. Отложить на оси абсцисс границы заданного класса крупности.
2. Из полученных точек восстановить перпендикуляры до пересечения с кривой суммарного выхода.
3. Из полученных точек пересечения с кривой суммарного выхода провести перпендикуляры к оси ординат. Высота полученного отрезка находится вычитанием из б***о***льшего значения выхода меньшего и соответствует выходу заданного класса крупности.

Обычно границы класса крупности задаются двумя значениями, например, -6+3 мм. Если требуется определить выход класса крупности -6 мм, то второй границей является значение 0 мм (класс крупности -6+0 мм). Если требуется определить выход класса крупности +6 мм, то второй границей является значение максимальной крупности продукта (класс крупности -D_{max}+6 мм).

Также следует помнить, что сумма выходов классов –*d* мм и +*d* мм для одного и того же продукта равна 100 %.

При работе с гранулометрическими характеристиками (и только в этом случае) термины ***«выход класса»*** и ***«массовая доля класса крупности»*** равнозначны.

Пример

По гранулометрической характеристике (рис. 2) определить выходы классов крупности -20 мм, -70+20 мм, +70 мм.

Решение

Определим выходы заданных классов крупности по кривой суммарного выхода «по плюсу».

Класс -20 мм. Помня, что запись -20 мм означает -20+0 мм, определим значения выходов в точках 0 и 20 мм, они составят 100 и 63 % соответственно, следовательно, выход класса -20+0 мм составит:

$$\gamma_{-20+0} = 100 - 63 = 37\ \%.$$

Класс -70+20 мм. Значения выходов в точках 20 и 70 мм составляют 63 и 24 % соответственно, следовательно, выход класса -70+20 мм составит:

$$\gamma_{-70+20} = 63 - 24 = 39\ \%.$$

Класс +70 мм. Максимальная крупность продукта составляет 200 мм, следовательно, необходимо определить выход класса -200+70 мм. Значения выходов в точках 70 и 200 мм составляют 24 и 0 %, соответственно, следовательно, выход класса -200+70 мм составит:

$$\gamma_{-200+70} = 24 - 0 = 24\ \%.$$

Определение выходов заданных классов крупности по кривой суммарного выхода «по минусу» осуществляется аналогично. Значения выходов в точках 0, 20, 70 и 200 мм составляют 0, 37, 76 и 100 % соответственно. Тогда выходы классов крупности, %:

$$\gamma_{-20+0} = 37 - 0 = 37;$$
$$\gamma_{-70+20} = 76 - 37 = 39;$$
$$\gamma_{-200+70} = 100 - 76 = 24.$$

В практике обогащения при определении выхода класса крупности пользуются ***только одной*** из кривых суммарного выхода.

В контрольной работе № 2 требуется построить одну их кривых суммарного выхода и по ней определить выход заданного класса крупности. Пример выполнения приведён в п. 2.2.

1.3. Расчёт эффективности грохочения

Процесс грохочения характеризуется ***эффективностью грохочения*** (***к.п.д.*** грохота).

Эффективность грохочения (E) – это отношение массы подрешётного продукта (C) к массе продукта той же крупности в исходном материале (q), определяется по формуле:

$$E = \frac{C}{q} \cdot 100, \%. \qquad (21)$$

При расчёте показателей операции грохочения применимы все полученные ранее соотношения между технологическими показателями и уравнения баланса.

Условно концентратом считается подрешётный продукт, а надрешётный – хвостами. При этом массовая доля класса крупности менее размера отверстия сита в подрешётном продукте (β^{-d}) составляет 100 %, так как частицы крупнее размера отверстия сита в подрешётный продукт попасть не могут.

С помощью простых преобразований можно получить формулы для расчёта эффективности грохочения, %:

$$E = \frac{C}{Q \cdot \alpha^{-d}} \cdot 10^4; \qquad (22)$$

$$E = \frac{\gamma_{\text{п}}}{\alpha^{-d}} \cdot 100; \qquad (23)$$

$$E = \frac{\alpha^{-d} - \vartheta^{-d}}{\alpha^{-d}(100 - \vartheta^{-d})} \cdot 10^4. \qquad (24)$$

Для определения эффективности грохочения, как правило, необходимо знать массовую долю расчётного класса в исходной руде (α^{-d}).

Если эта величина не задана, то её можно определить по гранулометрической характеристике исходного продукта (п. 1.2).

Если гранулометрическая характеристика исходного продукта отсутствует, то её можно провести по прямой линии (рис. 3).

Так как гранулометрическая характеристика является прямой линией, то её можно описать уравнением вида $\alpha^{-d}=\gamma_{-d+0}=kd$.

Для случая, представленного на рис. 3, уравнение может быть записано как:

$$\alpha^{-d} = \frac{100}{D_{\max}} \cdot d, \%. \qquad (25)$$

Использование данной формулы позволяет определить массовую долю расчётного класса в руде без построения гранулометрической характеристики.

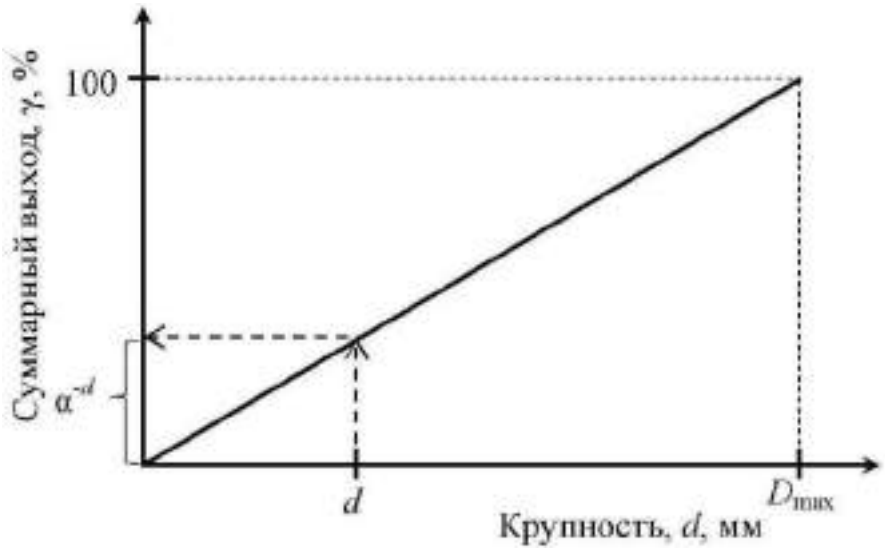


Рис. 3. К определению массовой доли нижнего класса в исходном материале:
***d* – размер отверстия сита; D_{max} – максимальная крупность исходного материала**

В табл. 1 приведены общепринятые обозначения для продуктов операции грохочения.

Примеры расчёта эффективности грохочения приведены в п. 2.2.

1.4. Расчёт схем обогащения

Совокупность операций переработки минерального сырья называется ***технологической схемой обогащения***, изображаемой графически. Расчёт технологических схем обогащения выполняется обычно в виде таблицы.

Основным типом технологических схем является ***качественно-количественная схема,*** на которой отражены все операции обработки полезного ископаемого с указанием количества и качества всех продуктов.

Основой расчётов технологических показателей схем обогащения являются уравнения балансов (13)-(15).

Расчёт схемы начинается с составления технологического баланса по массовой доле компонента, представляемого в виде таблицы. Для расчёта схемы необходимо задаться рядом технологических показателей. Чаще всего задают величину массовой доли компонента в руде (по данным анализа) и в концентрате (по требованию нормативных документов), а также нормируемую величину извлечения компонента в концентрат (реже в хвосты).

Технологические показатели для промежуточных операций и продуктов схемы рассчитывают, задаваясь массовой долей компо-

нента в продуктах разделения, частным извлечением в концентрат или величиной степени концентрации компонента в каждой операции.

В контрольной работе № 3 требуется рассчитать технологические показатели схемы флотации. Каждой отдельной операции флотации присуща своя ***степень концентрации***, показывающая во сколько раз увеличивается массовая доля полезного компонента в концентрате операции, по сравнению с массовой долей в продукте, входящем в операцию. Степень концентрации обозначается буквой *i* и для основных и контрольных операций составляет 2-9, а для перечистных – 1-2. При расчёте обычно принимается, что массовая доля в концентрате первой контрольной операции в два раза больше, чем массовая доля в исходном продукте схемы, а если контрольная операция одна, то приблизительно равным ему. Массовую долю в промпродуктах перечистных операций (хвостах) принимают приблизительно равной массовой доле продукта, поступающего в ту же операцию, что и эти промпродукты.

После определения массовой доли компонента в каждом продукте схемы рассчитывают выходы всех продуктов схемы. Расчёт ведётся по операциям схемы «снизу вверх» составлением и решением балансовых уравнений относительно выходов продуктов. Расчёт завершается проверкой:

$$\Delta = 100\cdot\alpha - (\gamma_к\cdot\beta + \gamma_х\cdot\vartheta). \qquad (26)$$

Величина Δ называется ***невязкой расчёта*** и показывает точность его выполнения. Невязка может быть как положительной, так и отрицательной. При выполнении расчёта на ПК величина невязки равна 0. При расчёте на калькуляторе для получения приемлемой величины невязки (порядка 10^{-3} $\%^2$) получаемые величины необходимо округлять до 4-го знака после запятой.

Результаты расчётов оформляются в виде технологической схемы, изображаемой графически, и типовых таблиц – «Технологический баланс продуктов обогащения» и «Результаты расчёта качественно-количественной схемы».

На технологической схеме каждому продукту присваивается порядковый номер, указываются технологические показатели каждого продукта и принятые в операциях разделения степени концентрации.

В типовой таблице «Технологический баланс продуктов обогащения» приводятся технологические показатели ***исходного*** продукта

и ***конечных*** (концентрат и хвосты) продуктов разделения.

В типовой таблице «Результаты расчёта качественно-количественной схемы» приводятся технологические показатели для ***всех*** продуктов схемы.

Пример расчёта качественно-количественной схемы флотации приведён в п. 2.3.

2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ

2.1. Контрольная работа № 1

Задача 1

Руда для кучного выщелачивания подаётся из трёх забоев в соотношении: 20 % из забоя № 1, 60 % из забоя № 2, остальное из забоя № 3. Массовая доля золота составляет 4, 6 и 3 г/т, соответственно. Определить массовую долю золота в исходной для выщелачивания куче.

***Комментарий**: в данной задаче необходимо определить массовую долю руды, получаемой при смешивании руд из различных забоев. При этом руды из этих забоев имеют различную массовую долю компонента и смешиваются **не в равном** соотношении. В этом случае для расчёта массовой доли полученной смеси необходимо использовать формулу для определения средневзвешенного значения, которое учитывает долю участия каждого из забоев в общей смеси:*

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\gamma_i \cdot \alpha_i)}{\sum_{i=1}^{n}\gamma_i},$$

где γ_i – выход (доля) руды из i-го забоя; α_i – массовая доля компонента в руде i-го забоя.

Дано:	***Решение***
γ_1 = 20 % α_1 = 4 г/т γ_2 = 60 % α_2 = 6 г/т α_3 = 3 г/т	$\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3=100\ \% \rightarrow \gamma_3 = 100 - (\gamma_1+\gamma_2)=100 - (20+60)=20\ \%;$ $\alpha = \frac{\gamma_1 \cdot \alpha_1 + \gamma_2 \cdot \alpha_2 + \gamma_3 \cdot \alpha_3}{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3} = \frac{20 \cdot 4 + 60 \cdot 6 + 20 \cdot 3}{20 + 60 + 20} = 5$ г/т.
$\alpha_{срв}$ – ?	***Ответ:*** Массовая доля золота в исходной для выщелачивания куче равна 5 г/т.

Задача 2

Определить потери цинка с медным концентратом, если массовая доля цинка в руде – 5 %, в медном концентрате – 4,5 %, выход цинкового концентрата составляет 12 %, а выход хвостов – 85 %.

***Комментарий**: потери цинка с медным концентратом – это извлечение цинка в медный концентрат. В данной задаче речь идёт о **полиметаллической** руде (компонентами являются медь и цинк), при обогащении которой получают **три** продукта – хвосты и концентраты: медный и цинковый. Тогда формула (13) будет иметь вид:*

$$\gamma_к^{Cu} + \gamma_к^{Zn} + \gamma_х = 100\,\%.$$

Для определения потерь цинка с медным концентратом воспользуемся формулой (19), переписав её как, %:

$$\varepsilon_к^{Cu/Zn} = \frac{\gamma_к^{Cu} \cdot \vartheta^{Cu/Zn}}{\alpha^{Zn}}.$$

Нижний индекс «к» у обозначения показателей указывает лишь на то, что продукт, с которым теряется цинк, не является хвостами.

Дано:

$\alpha^{Zn} = 5\ \%$

$\gamma_к^{Zn} = 12\ \%$

$\vartheta^{Cu/Zn} = 4{,}5\ \%$

$\gamma_х = 85\ \%$

$\varepsilon_к^{Cu/Zn} - ?$

Решение

Выход медного концентрата составит:

$$\gamma_к^{Cu} = 100 - \gamma_к^{Zn} - \gamma_х = 100 - 12 - 85 = 3\,\%.$$

Потери цинка с медным концентратом:

$$\varepsilon_к^{Cu/Zn} = \frac{5 \cdot 4{,}5}{3} = 7{,}5\,\%.$$

Ответ: Потери цинка в медном концентрате составляют 7,5 %.

Задача 3

Определить суточную производительность фабрики по руде, если она производит 30 т/ч концентрата при выходе его 5 %.

***Комментарий**: Следует обратить внимание, что заданная величина производительности по концентрату имеет размерность **т/ч**, а значит, и величина производительности фабрики по руде при расчёте по формуле (1) будет иметь ту же размерность. Однако по условиям задачи требуется определить **суточную** производительность. При решении подобного типа задач принимается режим работы обогатительных фабрик 24 часа в сутки.*

Дано:	***Решение***
$\gamma_к = 5$ % $C = 30$ т/ч	$\gamma_к = \frac{C}{Q} \cdot 100 \rightarrow Q = \frac{C}{\gamma_к} \cdot 100 = \frac{30}{5} \cdot 100 = 600$ т/ч.
$Q_{сут} - ?$	$Q_{сут} = 24 \cdot Q = 24 \cdot 600 = 14400$ т/сут.
	Ответ: Суточная производительность фабрики составляет 14400 т/сут.

2.2. Контрольная работа № 2

Задача 1

Класс крупности, мм	**Частный выход, %**
-50+25	10
-25+12	20
-12+6	20
-6+0	50

По результатам ситового анализа построить кривую суммарного выхода «по полюсу».
Определить по ней выходы классов крупности -30+10 и -5 мм.
Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.

Решение

Рассчитаем суммарный выход «по плюсу» (см. п.1.2):

Класс, мм	**Частный выход, %**	**Суммарный выход «по плюсу», %**
-50+25	10	10
-25+12	20	30
-12+6	20	50
-6+0	50	100
Итого:	**100**	–

Подробная методика построения гранулометрической характеристики и определения по ней выходов заданных классов крупности приведена в п. 1.2. Решение показано на рис. 4.

Выходы заданных классов крупности составляют:

$$\gamma_{-30+10} = 37 - 6 = 29\ \%.$$

$$\gamma_{-5+0} = 100 - 56 = 44\ \%.$$

По виду кривой можно сделать вывод о преобладании мелких классов крупности (кривая вогнутая).

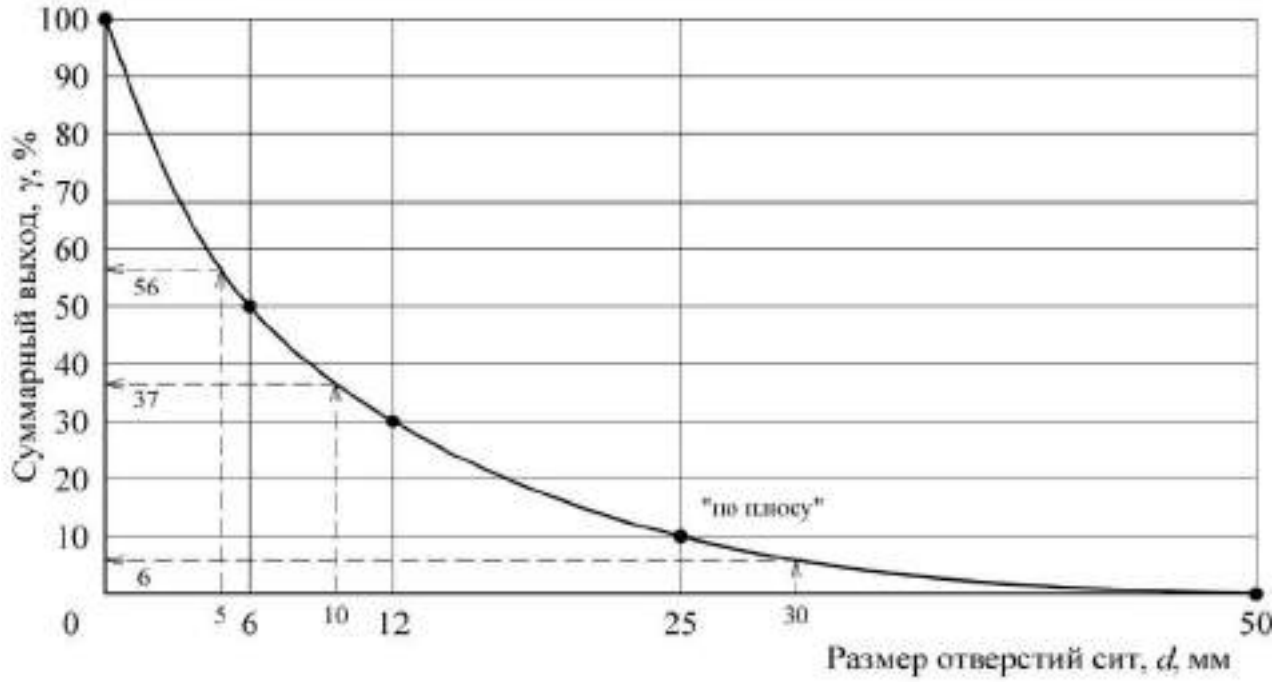


Рис. 4. Графическое решение

Задача 2

Определить эффективность грохочения на сетке 150 мм, если выход надрешётного продукта составляет 77 %. Крупность исходного материала 600 мм. Гранулометрическую характеристику исходной руды принять по прямой линии.

Дано:

$\gamma_н = 77$ %

$D_{max} = 600$ мм

d=150 мм

E – ?

Решение

Найдём массовую долю расчётного класса в исходном продукте по формуле (25):

$$\alpha^{-d} = \frac{100}{D_{max}} \cdot d = \frac{100}{600} \cdot 150 = 25\ \%.$$

Из уравнения баланса (13) определим выход подрешётного продукта:

$\gamma_п = 100 - \gamma_н = 100 - 77 = 23$ %.

Эффективность грохочения по выражению (23) составит:

$$E = \frac{\gamma_п}{\alpha^{-d}} \cdot 100 = \frac{23}{25} \cdot 100 = 92\ \%.$$

Ответ: Эффективность грохочения равна 92 %.

2.3. Контрольная работа № 3

Рассчитать технологический баланс продуктов обогащения и технологические показатели (выходы всех продуктов и извлечения компонента в эти продукты) для схемы обогащения, представленной на рис. 5. Массовая доля полезного компонента в исходном продукте 1 %, в концентрате 14 %, извлечение в концентрат 90 %. Значениями массовой доли для промежуточных продуктов схемы задаться самостоятельно (п. 1.4).

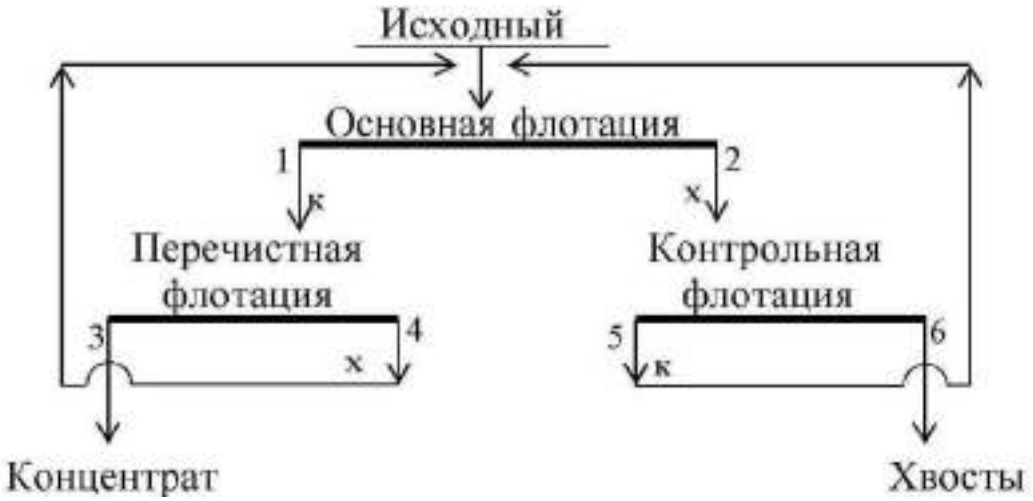


Рис. 5. Технологическая схема обогащения

Решение

По исходным данным с использованием выражений (15) и (19) определим массовую долю компонента в хвостах. Далее, применив формулы (18) и (13), рассчитаем выходы конечных продуктов – концентрата и хвостов. Полученные результаты запишем в виде табл. 3.

Таблица 3

Технологический баланс продуктов обогащения

Номер и наименование продукта	Технологические показатели, %		
	выход	массовая доля	извлечение
3. Концентрат	6,4286	14,0	90,00
6. Хвосты	93,5714	0,1069	10,00
Исходный	100,0000	1,0	100,00

Составим технологический баланс для следующих условий:

- массовая доля ценного компонента в руде – 1,0 %;
- массовая доля ценного компонента в концентрате – 14,0 %;
- извлечение ценного компонента в концентрат – 90 %.

Согласно информации, изложенной в п. 1.4.зададимся значениями массовой доли в продуктах операций флотации.

Определим массовые доли в концентратах операций:

основная: $\beta_1 = i_{осн} \cdot \alpha = 7{,}5 \cdot 1{,}0 = 7{,}5$ %;

перечистная: $\beta_3 = i_{переч} \cdot \beta_1 = 1{,}9 \cdot 7{,}5 = 14{,}25$ %;

контрольная $\beta_5 = i_{контр} \cdot \alpha = 2{,}0 \cdot 1{,}0 = 2$ %.

Так как концентрат перечистной операции является конечным продуктом, массовая доля в котором известна (14 %), то при дальнейшем расчёте принимаем $\beta_3 = 14$ %. При этом принятая степень концентрации (i=1,9) обеспечивает требуемое качество концентрата, так как 14,25 больше 14.

Массовую долю в промпродукте перечистной операции (хвостах) принимаем приблизительно равной массовой доле продукта, поступающего в ту же операцию, что и этот продукт. В нашем случае β_4 может находиться в диапазоне от α до 2α и составляет 1,1 %. Массовую долю в хвостах основной операции вычислим исходя из того, что степень концентрации в контрольной операции составляет 2-9, а массовая доля в концентрате контрольной равна β_5:

$$\beta_2 = \beta_5 / i_{контр} = 2{,}0 / 7 = 0{,}29\ \%.$$

Задавшись массовыми долями в каждом продукте, рассчитаем выходы продуктов в каждой операции. Расчёт ведётся с применением уравнений (10)-(11). Схема рассчитывается «снизу вверх», начиная с последней перечистной операции.

Перечистная флотация

Составим уравнение баланса для перечистной операции:

$$\begin{cases} \gamma_3 + \gamma_4 = \gamma_1; \\ \gamma_3 \cdot \beta_3 + \gamma_4 \cdot \beta_4 = \gamma_1 \cdot \beta_1, \end{cases}$$

решив систему относительно γ_1, получим:

$$\gamma_1 = \gamma_3 \frac{\beta_3 - \beta_4}{\beta_1 - \beta_4} = 6{,}4286 \frac{14 - 1{,}1}{7{,}5 - 1{,}1} = 12{,}9576\ \%,$$

тогда $\gamma_4 = \gamma_1 - \gamma_3 = 12{,}9576 - 6{,}4286 = 6{,}5290$ %.

Контрольная флотация

Составим уравнение баланса для контрольной операции:

$$\begin{cases} \gamma_5 + \gamma_6 = \gamma_2; \\ \gamma_5 \cdot \beta_5 + \gamma_6 \cdot \beta_6 = \gamma_2 \cdot \beta_2, \end{cases}$$

решив систему относительно γ_2, получим:

$$\gamma_2 = \gamma_6 \frac{\beta_5 - \beta_6}{\beta_5 - \beta_2} = 93{,}5714 \frac{2 - 0{,}1069}{2 - 0{,}29} = 103{,}3333\ \%,$$

тогда $\gamma_5 = \gamma_2 - \gamma_6 = 103{,}3333 - 93{,}5714 = 9{,}7619$ %.

Проверка

По формуле (26) определим величину невязки:

$$\Delta = 100 \cdot \alpha - (\gamma_к \cdot \beta + \gamma_х \cdot \vartheta) = 100 \cdot \alpha - (\gamma_3 \cdot \beta_3 + \gamma_6 \cdot \beta_6) =$$

$$= 100 \cdot 1{,}0 - (6{,}4289 \cdot 14 + 93{,}5714 \cdot 0{,}1069) = -0{,}003 = -3 \cdot 10^{-3}\ \%^2.$$

Извлечения в продукты операций разделения рассчитываются по формулам (18)-(19). Результаты расчёта схемы представлены на рис. 6 и в табл. 3, 4.

Рис. 6. Качественно-количественная схема обогащения

Таблица 4

Результаты расчёта качественно-количественной схемы обогащения

ПОСТУПАЕТ				ВЫХОДИТ			
Номер и наименование продукта	**Выход, %**	**Массовая доля, %**	**Извлечение, %**	**Номер и наименование продукта**	**Выход, %**	**Массовая доля, %**	**Извлечение, %**
Основная флотация							
Исходный	100,0000	1	100	1. Концентрат основной флотации	12,9576	7,5	97,18
4. Промпродукт перечистной флотации	6,5290	1,1	7,18	2. Хвосты основной флотации	103,3333	0,29	29,52
5. Концентрат контрольной флотации	9,7619	2	19,52				
Итого:	**116,2909**	**1,09**	**126,70**	**Итого:**	**116,2909**	**1,09**	**126,70**
Перечистная флотация							
1. Концентрат основной флотации	12,9576	7,5	97,18	3. Концентрат	6,4286	14,0000	90,00
				4. Промпродукт перечистной флотации	6,5290	1,1	7,18
Итого:	**12,9576**	**7,5**	**97,18**	**Итого:**	**12,9576**	**7,5**	**97,18**
Контрольная флотация							
2. Хвосты основной флотации	103,3333	0,29	29,52	5. Концентрат контрольной флотации	9,7619	2,00	19,52
				6. Хвосты	93,5714	0,1069	10,00
Итого:	**103,3333**	**0,29**	**29,52**	**Итого:**	**103,3333**	**0,29**	**29,52**

3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Номер варианта задается преподавателем. Номера задач в каждом варианте принимаются по таблице:

Вариант	Контрольная работа № 1	Контрольная работа № 2	Контрольная работа № 3
	номера задач		номер схемы
1	3, 11, 21, 35	3, 15	1
2	4, 15, 22, 38	10, 16	2
3	10, 13, 29, 33	4, 19	3
4	6, 14, 27, 31	8, 14	4
5	2, 18, 25, 36	1, 20	5
6	8, 17, 23, 37	5, 18	6
7	9, 20, 26, 32	7, 17	7
8	7, 19, 28, 40	9, 11	8
9	5, 12, 24, 39	2, 12	9
0	1, 16, 30, 34	6, 13	10

3.1. Контрольная работа № 1

Номер задачи	Условия задачи
1	Рассчитать выход никелевого концентрата, если массовая доля никеля в исходной руде составляет 3,4 %. Массовая доля никеля в концентрате 12 %, извлечение никеля в концентрат составляет 80 %.
2	Определить сколько тонн концентрата в сутки выдает фабрика, если выход концентрата составляет 4 %, а производительность фабрики по руде равна 800 т/ч.
3	Определить выход концентрата и хвостов, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей меди 1,6 %, а после обогащения получают два продукта; концентрат с массовой долей меди 18 % и хвосты с массовой долей меди 0,2 %.
4	Рассчитать выход концентрата и извлечение свинца в концентрат, если фабрика перерабатывает 14000 т руды в сутки с массовой долей свинца 2,4 % и получает 600 т концентрата с массовой долей свинца 50 %.
5	Определить суточную производительность фабрики по руде, если фабрика выдает 800 т концентрата в сутки при выходе 2,5 %.
6	Определить массовую долю компонента в хвостах, если из 1000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 16 т концентрата при извлечении 90 %.
7	Определить потери никеля в медном концентрате, если массовая доля никеля в нем равна 1,0 % и выход медного концентрата составляет 10 %. Массовая доля никеля в исходной руде равна 3 %.

Номер задачи	Условия задачи
8	Определить, сколько тонн свинцового концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде составляет 5 000 т, массовая доля свинца в руде 1,8 %, а в концентрате 60 %. Извлечение свинца в концентрат 92 %.
9	Определить извлечение цинка в концентрат, если при суточной производительности фабрики 5000 т получают 150 т концентрата. Массовая доля цинка в руде 2 %, а в концентрате 60 %.
10	Определить потери меди и цинка в хвостах, если извлечение меди и цинка в медный концентрат соответственно 90 и 5 %, а в цинковый 6 и 85 %.
11	Определить выход медного концентрата, если массовая доля меди в руде 1,5 % в медном концентрате 18 %, а потери меди в хвосты 10 %.
12	Рассчитать извлечение полезного компонента в концентрат, если фабрика перерабатывает руду с массовой долей полезного компонента 20 %, а получает концентрат с массовой долей компонента 50 % и хвосты, с массовой долей компонента 2 %.
13	Рассчитать выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если из 1 000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 % в процессе обогащения получено 13 т концентрата с массовой долей полезного компонента 60 %.
14	Определить, сколько тонн железного концентрата в сутки выдает обогатительная фабрика, если ее суточная производительность по руде 15 000 т, массовая доля железа в руде 18 %, а в концентрате 66 %. Извлечение железа в концентрат 90 %.
15	Определить извлечение цинка в концентрат, если массовая доля цинка в руде 2 %, в концентрате 50 %, в хвостах 0,5 %.
16	Рассчитать, сколько руды нужно переработать для получения 500 т концентрата, если его выход составляет 5 %.
17	Определить потери меди с цинковым концентратом, если выход цинкового концентрата 5 %, а массовая доля меди в нем 2 %. Массовая доля меди в исходной руде 1,2 %.
18	Рассчитать, сколько нужно переработать руды с массовой долей меди 1 % для получения 100 т концентрата с массовой долей меди 20 %, Массовая доля меди в хвостах 0,1 %.
19	Определить массовую долю компонента в хвостах, если извлечение его в концентрат 90 %, выход хвостов 95 %, массовая доля в исходном продукте 1 %.

Номер задачи	Условия задачи
20	Определить массовую долю металла в хвостах при обогащении руды с массовой долей металла 2 %, если извлечение его в концентрат составило 90 % при выходе концентрата 3,6 %.
21	Определить массовую долю компонента в исходной руде, если выход концентрата 8 %, извлечение 90 % и массовая доля компонента в нем 60 %.
22	Определить потери меди в цинковом концентрате, полученном при обогащении медно-цинковой руды с массовой долей меди 1,0 %, если выход цинкового концентрата 4,5 %, массовая доля меди в нем 4 %.
23	Определить количество свинца, потерянного в хвостах при флотации 6000 т руды с массовой долей свинца 4 %, если извлечение его в концентрат 85 %.
24	Шахта выдает рядовой уголь из трех лав: первая лава – 300 т/ч, $A^{\underline{d}}$=9 %; вторая лава – 200 т/ч, $A^{\underline{d}}$=12%; третья лава – 500 т/ч, $A^{\underline{d}}$=8 %. Определить зольность угля, поступающего на обогащение.
25	Определить массовую долю железа в концентрате, если при обогащении железной руды с массовой долей железа 20 % выход концентрата 30 %, а извлечение 90 %.
26	Определить выход концентрата и извлечение P_2O_5 в концентрат, получаемый при обогащении апатитовой руды с массовой долей 20 % P_2O_5, если массовая доля P_2O_5 в концентрате 34,5 %, в хвостах 1 %.
27	Определить массовую долю золы и извлечение ее в хвосты, если ее извлечение в концентрат составляет 7 % при его выходе 70 %. Массовая доля золы в рядовом угле 24 %.
28	Определить массовую долю молибдена в концентрате, если при обогащении руды с массовой долей молибдена 0,1 %, выход концентрата 0,15 % при извлечении в него молибдена 80 %.
29	Определить выход концентрата и потери полезного компонента в хвостах, если из 2000 т руды с массовой долей полезного компонента 0,8 %, получено 26 т концентрата с массовой долей полезного компонента 48 %.
30	Определить зольность рядового угля, если на фабрику он поступает с трех шахт: 30 % – с шахты № 1, 50 % – с шахты № 2 и остальное с шахты №3. Зольность углей каждой шахты составляет соответственно 21, 19,5 и 24 %.
31	Фабрика после обогащения 3000 т руды с массовой долей металла 0,5 % получила 24 т концентрата с массовой долей металла 54 %. Какое извлечение было достигнуто при обогащении?
32	Сколько перерабатывает руды фабрика, если получается 100 т/ч концентрата с массовой долей меди 19,6 %. Массовая доля меди в руде 0,8 %, в хвостах 0,18 %.

Номер задачи	Условия задачи
33	Фабрика обогащает руду с массовой долей марганца 18 %. Производительность фабрики по руде составляет 300 т/ч. Определить выход концентрата и извлечение марганца в него, если массовая доля марганца в концентрате 45 %, а выпускается концентрата 60 т/ч.
34	Определить извлечение меди в концентрат, если при производительности фабрики 3000 т/сут получают 90 т концентрата с массовой долей меди 24 %. Руда поступает на фабрику с двух рудников в равном количестве с массовой долей меди соответственно 1,2 и 0,8 %.
35	На фабрику поступает рядовой уголь с зольностью 20 % и получается концентрат с зольностью 10 %. Каков выход концентрата и зольность хвостов, если производительность фабрики 350 т/ч, а на хвостохранилище отправляется 70 т/ч хвостов?
36	Определить выход концентрата и извлечение в него полезного компонента, если на фабрику поступает руда с массовой долей полезного компонента 15 %, а после обогащения получают концентрат и хвосты с массовой долей полезного компонента в них соответственно 45 и 5 %.
37	Определить количество олова и его массовую долю в суммарном концентрате, если на фабрике получают оловянный концентрат после обогащения руды на отсадочных машинах и концентрационных столах. С отсадочных машин получают 3 т/сут концентрата с массовой долей олова 20 %, а со столов – 2 т/сут, с массовой долей олова 15 %.
38	Определить выход и массу концентрата зольностью 8 %, получаемого при обогащении угля, если фабрика обогащает 250 т/ч угля с зольностью 16 % и получает хвосты с зольностью 65 %.
39	Определить массовую долю металла в хвостах при обогащении руды с массовой долей металла 2 %, если извлечение его в концентрат 88 %, а выход концентрата 4 %.
40	Рассчитать потери меди в цинковом концентрате, получаемом при обогащении медно-цинковой руды, поступающей на фабрику с двух рудников с массовой долей меди соответственно 1,5 % (60 % от общего количества руды) и 2 % (40 % от общего количества руды). Выход цинкового концентрата 10 %, массовая доля меди в нем 4 %.

3.2. Контрольная работа № 2

<table>
<tr><th>Номер задачи</th><th>Условия задачи</th></tr>
<tr><td colspan="2">Построение гранулометрических характеристик</td></tr>
<tr><td>1</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-1+0,5</td><td>31</td></tr><tr><td>-0,5+0,25</td><td>24</td></tr><tr><td>-0,25+0,15</td><td>15</td></tr><tr><td>-0,15+0</td><td>30</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу». Определить по ней выход класса +0,3 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>2</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-20+10</td><td>30</td></tr><tr><td>-10+5</td><td>28</td></tr><tr><td>-5+2,5</td><td>17</td></tr><tr><td>-2,5+1</td><td>13</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>12</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -8+4 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>3</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-25+12</td><td>42</td></tr><tr><td>-12+6</td><td>18</td></tr><tr><td>-6+3</td><td>16</td></tr><tr><td>-3+1</td><td>9</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>15</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -10+5 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>4</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-500+250</td><td>25</td></tr><tr><td>-250+125</td><td>27</td></tr><tr><td>-125+50</td><td>20</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>10</td></tr><tr><td>-25+0</td><td>18</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -200+75 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>5</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-500+250</td><td>25</td></tr><tr><td>-250+125</td><td>27</td></tr><tr><td>-125+50</td><td>20</td></tr><tr><td>-50+25</td><td>10</td></tr><tr><td>-25+0</td><td>18</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -160+40 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
<tr><td>6</td><td><table><tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr><tr><td>-15+10</td><td>25</td></tr><tr><td>-10+5</td><td>30</td></tr><tr><td>-5+2</td><td>20</td></tr><tr><td>-2+1</td><td>10</td></tr><tr><td>-1+0</td><td>15</td></tr></table></td><td>Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -8+1 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Номер задачи</th><th>Условия задачи</th></tr>
<tr><td>7</td><td>
<table>
<tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr>
<tr><td>-1+0,5</td><td>26</td></tr>
<tr><td>-0,5+0,3</td><td>29</td></tr>
<tr><td>-0,3+0,15</td><td>21</td></tr>
<tr><td>-0,15+0,1</td><td>10</td></tr>
<tr><td>-0,1+0</td><td>14</td></tr>
</table>
По результатам ситового анализа построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -0,4+0,12 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.
</td></tr>
<tr><td>8</td><td>
<table>
<tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr>
<tr><td>-100+50</td><td>22</td></tr>
<tr><td>-50+25</td><td>25</td></tr>
<tr><td>-25+12</td><td>38</td></tr>
<tr><td>-12+6</td><td>10</td></tr>
<tr><td>-6+0</td><td>5</td></tr>
</table>
Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -40+15 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.
</td></tr>
<tr><td>9</td><td>
<table>
<tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr>
<tr><td>-100+75</td><td>10</td></tr>
<tr><td>-75+50</td><td>22</td></tr>
<tr><td>-50+25</td><td>18</td></tr>
<tr><td>-25+12</td><td>20</td></tr>
<tr><td>-12+6</td><td>10</td></tr>
<tr><td>-6+0</td><td>20</td></tr>
</table>
Построить суммарную характеристику крупности «по плюсу» и определить по ней выход класса -60+20 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.
</td></tr>
<tr><td>10</td><td>
<table>
<tr><th>Класс, мм</th><th>Частный выход, %</th></tr>
<tr><td>-50+25</td><td>20</td></tr>
<tr><td>-25+12</td><td>13</td></tr>
<tr><td>-12+5</td><td>7</td></tr>
<tr><td>-5+3</td><td>5</td></tr>
<tr><td>-3+0</td><td>55</td></tr>
</table>
Построить суммарную характеристику крупности «по минусу» и определить по ней выход класса -10 мм. Сделать вывод о преобладании тех или иных классов крупности.
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Расчёт эффективности грохочения</td></tr>
<tr><td>11</td><td>Определить эффективность грохочения материала -500+0 мм на сетке с размером отверстий 200 мм, если массовая доля класса -200+0 мм в надрешетном продукте 10 %. Характеристику крупности исходной руды принять по прямой линии.</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Определить массовую долю класса менее размера отверстия сита в исходном для грохочения продукте, если выход подрешетного продукта составляет 70 % при эффективности грохочения 80 %.</td></tr>
<tr><td>13</td><td>Определить массовую долю нижнего класса в исходной руде, если выход подрешетного продукта составляет 40 %, а эффективность грохочения 80 %.</td></tr>
</table>

Номер задачи	Условия задачи
14	Определить к.п.д. грохота, если массовая доля нижнего класса в руде 40 %, а в надрешетном продукте 10 %.
15	Определить эффективность грохочения материала крупностью 200 мм на сетке с размером отверстия 50 мм, если выход надрешетного продукта 80 %. Гранулометрическую характеристику материала принять по прямой линии.
16	С какой эффективностью производится грохочение руды по сетке с размером отверстия 60 мм, если выход надрешетного продукта 82 %, гранулометрическая характеристика руды представляется прямой линией и максимальный кусок имеет диаметр 300 мм?
17	Какова эффективность грохочения, если выход надрешетного продукта 60 % и массовая доля нижнего класса в нем составляет 10 %?
18	Определить выход продуктов грохочения, если массовая доля нижнего класса в руде 50 %, в надрешетном продукте 10 %.
19	Рассчитать эффективность грохочения по всему нижнему классу, если выход надрешетного продукта 40 %, а массовая доля зерен крупнее размера отверстий сетки в руде составляет 35 %.
20	Определить производительность грохота по руде, если массовая доля нижнего класса в руде 30 % и в надрешетном продукте 10 %. Масса надрешетного продукта 778 т/ч.

3.3. Контрольная работа № 3

Рассчитать технологический баланс продуктов обогащения и технологические показатели всех продуктов для заданной по варианту схемы обогащения. Значениями массовой доли для промежуточных операций и продуктов схемы задаться самостоятельно.

Исходные данные для расчёта схем

Номер схемы	Массовая доля, %		Извлечение в концентрат, %
	в исходном	в концентрате	
1	1,7	43	85
2	1,0	17	87
3	1,5	33	95
4	1,6	22	90
5	1,2	45	97
6	1,8	23	89
7	1,4	25	93
8	2,5	6,5	80
9	1,5	20	84
10	1,3	23	88

Схема № 1

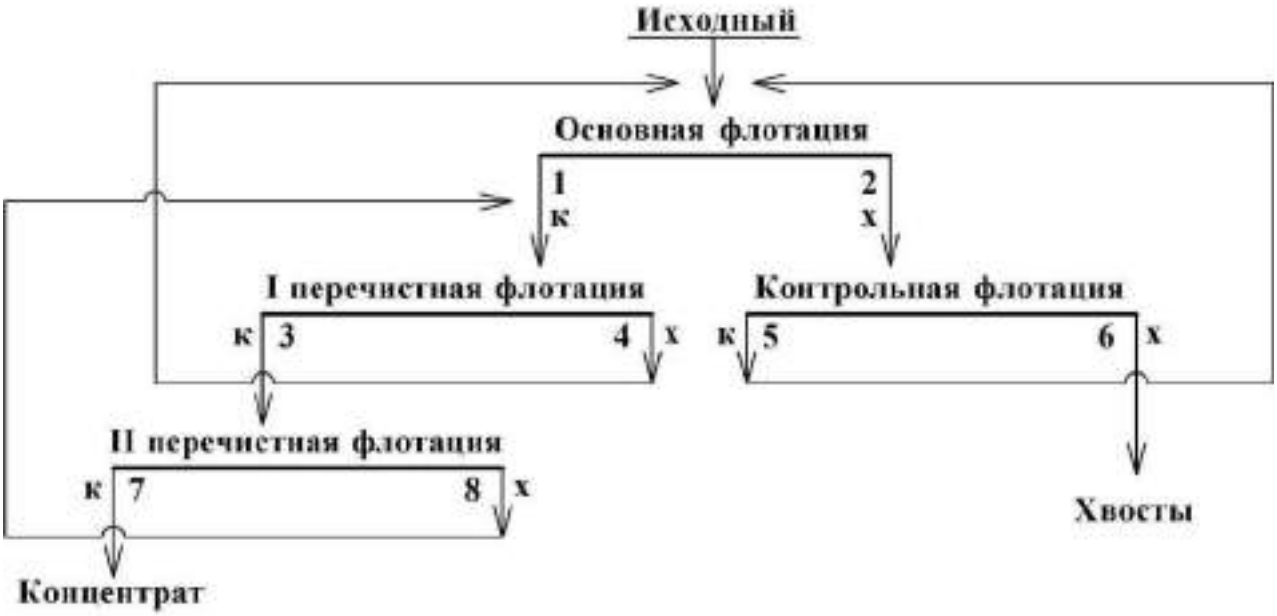


Схема № 2

Схема № 3

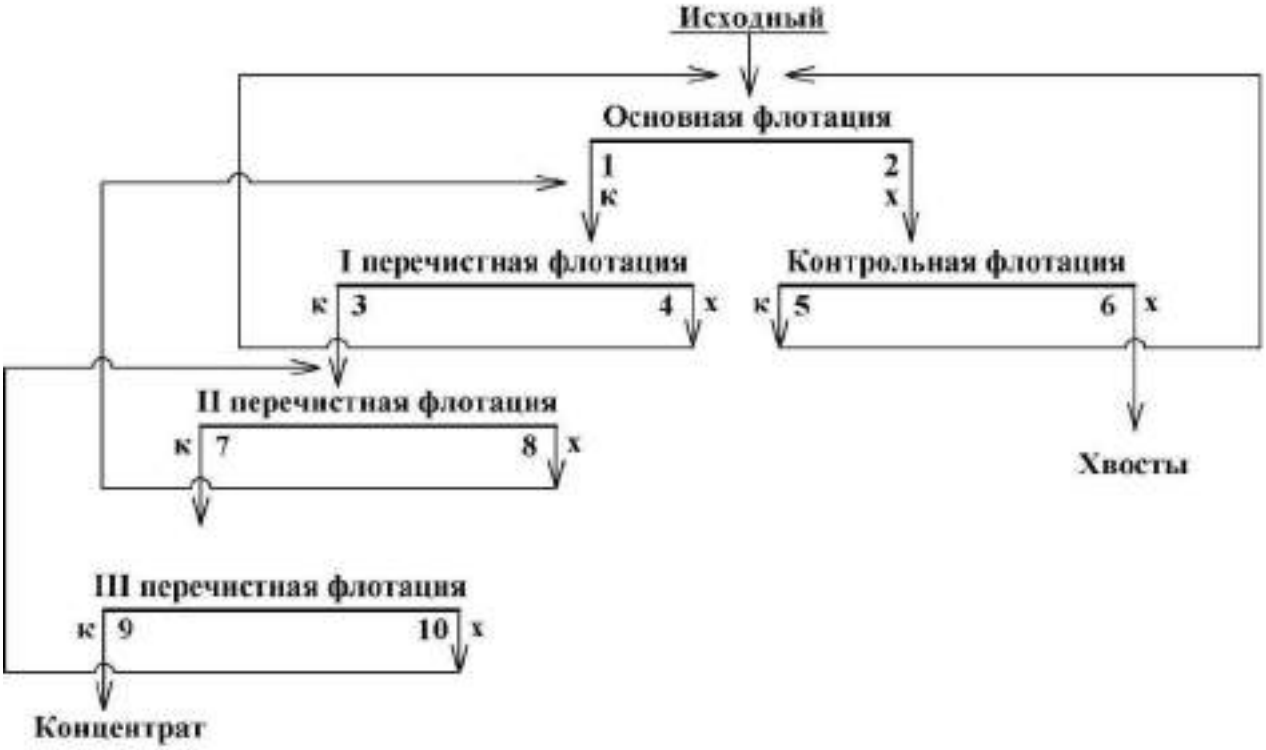


Схема № 4

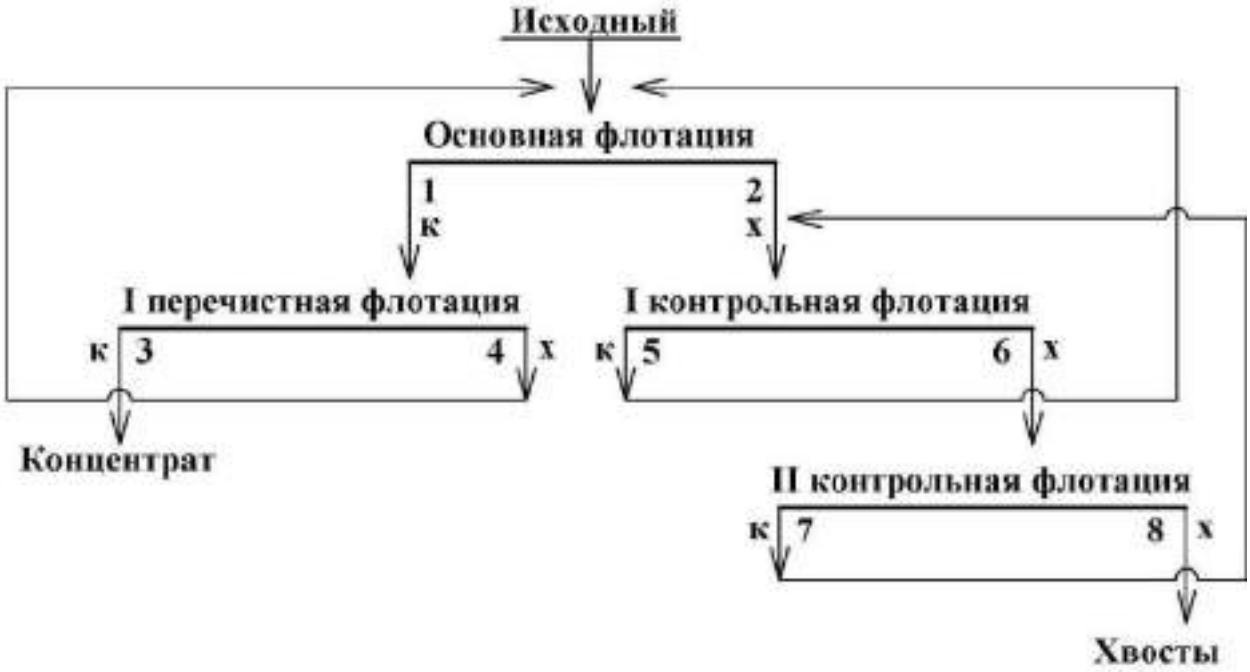


Схема № 5

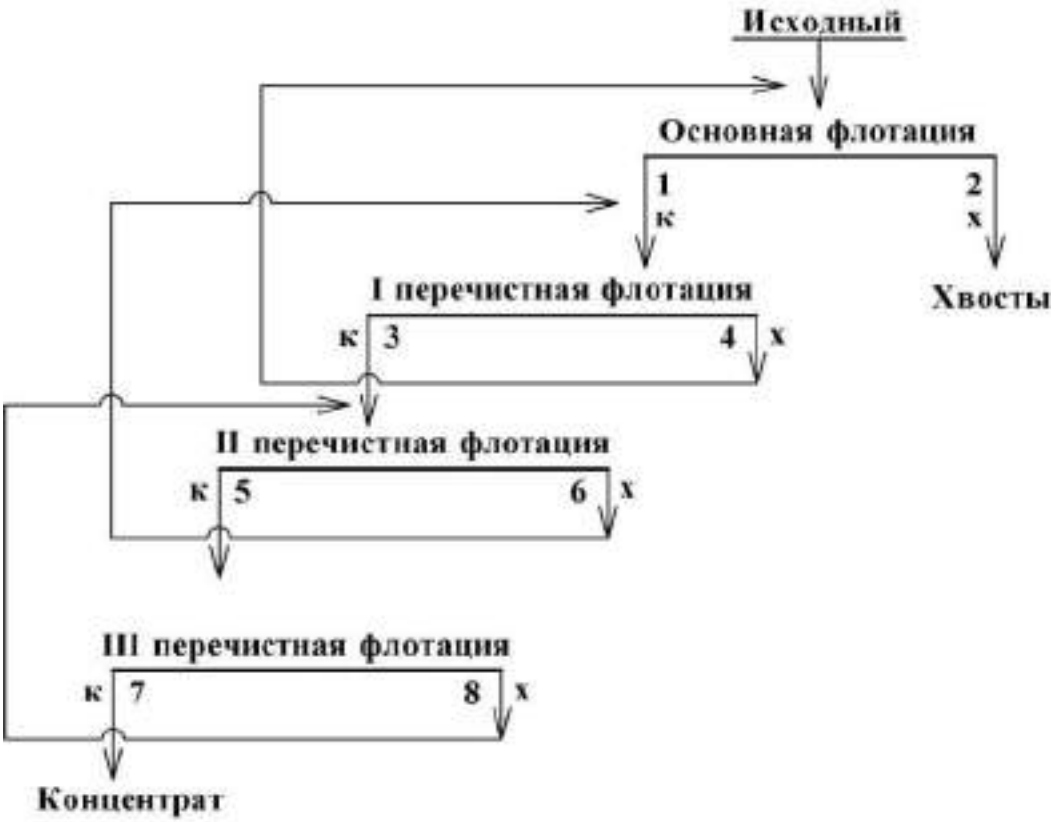


Схема № 6

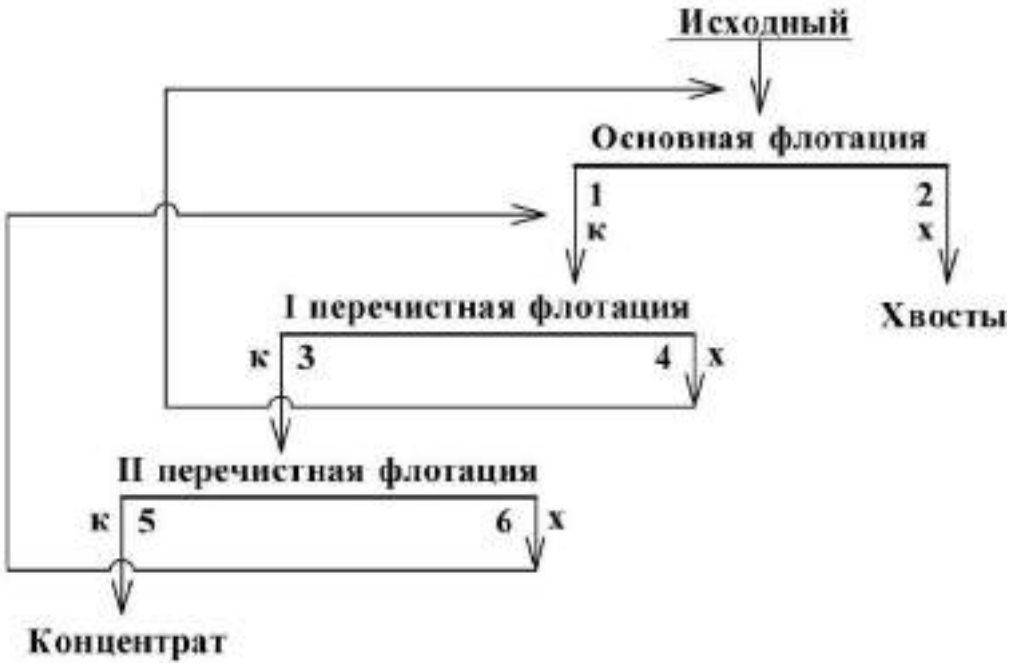


Схема № 7

Схема № 8

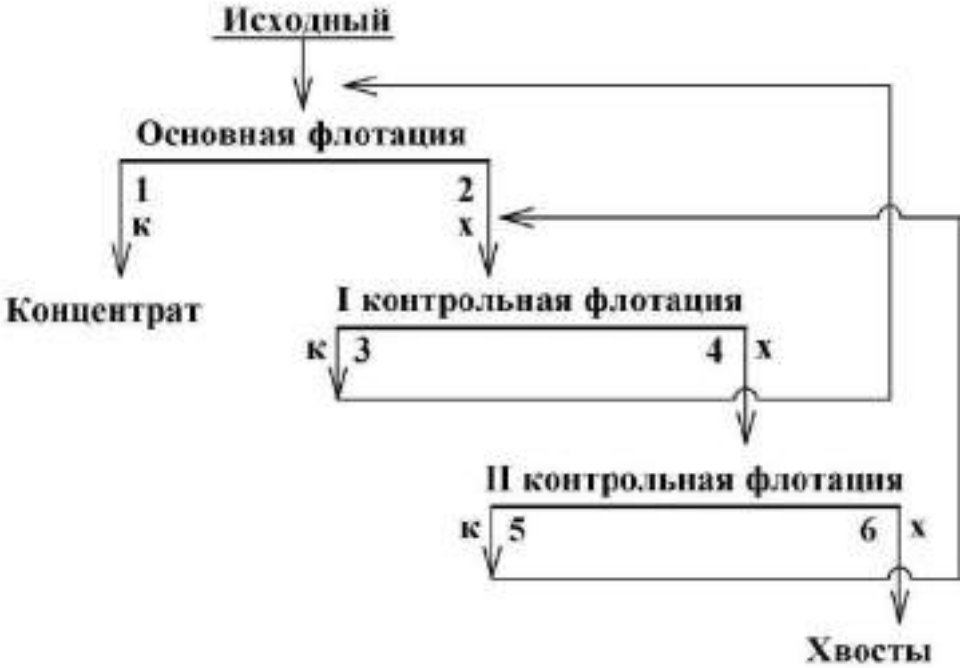


Схема № 9

Схема № 10

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комлев С. Г.* Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / С. Г. Комлев; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – 121 с.
2. *Комлев С. Г.* Технологические расчеты в обогащении полезных ископаемых. Выбор оборудования: методические указания по выполнению технологических разделов курсовых проектов и работ / С. Г. Комлев; Уральский гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012. – 64 с.

Учебное издание

Комлев Сергей Григорьевич

Овчинникова Татьяна Юрьевна

Водовозов Константин Александрович

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Методические указания
по выполнению контрольных работ и варианты заданий
по дисциплине «Обогащение полезных ископаемых»
для студентов направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор: *И. В. Козлов*

Подписано в печать 27.01.2015 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 2,19. Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 200 экз. Заказ №_7_

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»

Е. Ф. Цыпин
Е. А. Бекчурина
И. Х. Хамидулин

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«28» июня 2018 г.
Председатель комиссии
_____ проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин
Е. А. Бекчурина
И. Х. Хамидулин

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

УДК 622.7: 622.342
Ц 96

Рецензент: *Ю. П. Морозов*, доктор техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 14 июня 2018 г. (протокол № 8) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Бекчурина Е. А., Хамидулин И. Х.
Ц 96 **ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / Е. Ф. Цыпин, Е. А. Бекчурина, И. Х. Хамидулин; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2018. – 32 с.

Учебно-методическое пособие составлено применительно к условиям лабораторной базы кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ и включает методики выполнения лабораторных работ, предусмотренных программами изучения общего курса обогащения полезных ископаемых.

Для студентов всех форм обучения направления 21.05.04 – «Горное дело».

УДК 622.7: 622.342

© Уральский государственный горный университет, 2018
© Цыпин Е. Ф., Бекчурина Е. А., Хамидулин И. Х., 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ 8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ 12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ 16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ 19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ 21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ 26
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 29
ПРИЛОЖЕНИЕ А 30
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 31

ВВЕДЕНИЕ

Цель лабораторных занятий – развитие навыков проведения лабораторных опытов и помощь в закреплении теоретических знаний по дисциплине.

Лабораторные работы выполняются побригадно, а отчёт по работе каждый студент составляет самостоятельно. Отчёт по работе должен содержать изложение последовательности выполнения работы с необходимыми расчётами (таблица 1.1), схемой подготовки проб, схемой устройства для проведения опытов, эскизами основных узлов, таблицами результатов опытов, графиками, математическими зависимостями и выводами по проделанной работе.

Таблица 1.1 – Расчётные выражения для определения показателей обогащения

№ п/п	Показатель	Расчётные выражения	
		два продукта разделения	***n* продуктов разделения**
1	Баланс по материалу	$Q = C + T$ $100 = \gamma_{\hat{e}} + \gamma_{\tilde{o}}$	$Q = \sum_{i=1}^{n} Q_i$ $100 = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i$
2	Баланс по ценному компоненту	$Q \cdot \alpha = C \cdot \beta + T \cdot \vartheta$ $100 \cdot \alpha = \gamma_{\hat{e}} \cdot \beta + \gamma_{\tilde{o}} \cdot \vartheta$ $100 = \varepsilon_{\hat{e}} + \varepsilon_{\tilde{o}}$	$100 \cdot \alpha = \sum_{i=1}^{n} \gamma_i \cdot \beta_i$
3	Массовая доля ценного компонента	$\alpha = (P_\alpha / Q) \cdot 100,\ \%$ $\beta = (P_\beta / \tilde{N}) \cdot 100,\ \%$ $\vartheta = (P_\vartheta / T) \cdot 100,\ \%$	$\beta_i = \frac{P_i}{Q_i} \cdot 100,\ \%$
4	Выход продукта	$\gamma_{\hat{e}} = (C/Q) \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$ $\gamma_{\tilde{o}} = (T/Q) \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha)}{(\beta - \vartheta)} \cdot 100,\ \%$	$\gamma_i = \frac{Q_i}{Q} \cdot 100,\ \%$
5	Извлечение ценного компонента в продукт	$\varepsilon_{\hat{e}} = \frac{C \cdot \beta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\alpha - \vartheta) \cdot \beta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$ $\varepsilon_{\tilde{o}} = \frac{T \cdot \vartheta}{Q \cdot \alpha} \cdot 100 = \frac{(\beta - \alpha) \cdot \vartheta}{(\beta - \vartheta) \cdot \alpha} \cdot 100,\ \%$	$\varepsilon_i = \gamma_i \cdot \frac{\beta_i}{\alpha}$

где Q, C, T – массы исходного материала, концентрата и хвостов, соответственно; $\gamma_к$; $\gamma_х$ – выход концентрата и хвостов, соответственно; α, β, ϑ – массовые доли компонента соответственно в исходном материале, в кон-

центрате, хвостах; Q_i, γ_i, – масса и выход i-ого продукта; P_α, P_β, P_ϑ, P_i – масса ценного компонента в исходном материале, концентрате, хвостах, в i-ом продукте разделения; $\varepsilon_к$, $\varepsilon_х$ – извлечение ценного компонента в концентрат и в хвосты, соответственно.

На титульном листе отчёта должны быть указаны название работы, шифр группы, фамилия исполнителя. Отчёт должен быть подписан студентом.

Защиту отчёта проводят после его проверки преподавателем. При защите необходимо знать цель работы, устройство и назначение применяемых аппаратов, способы управления и органы управления, методику проведения работы, формулы (таблица 1.1), использованные для расчётов, а также уметь объяснять полученные результаты и закономерности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1
ДРОБЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Цель:

- изучить конструкции щековой и валковой дробилок;
- изучить способ дробления исходного продукта;
- определить степень дробления;
- определить фактическую производительность щековой и валковой дробилок.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала (крупность 150-0 мм);
- дробилка щековая;
- дробилка валковая;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу материала.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию дробилки и определить конструктивные и механические параметры.
4. Определить средний максимальный кусок до дробления.
5. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через ще-

ковую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.

6. Определить средний максимальный кусок после дробления.
7. Соблюдая меры предосторожности, пропустить пробу через валковую дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.
8. Определить средний максимальный кусок после дробления.
9. Убрать рабочее место в лаборатории.
10. Обработать результаты работы.
11. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 1

Для определения среднего максимального куска руды, как до, так и после дробления, отбирают 3 максимальных куска (визуально) и производят замер каждого из них в трёх направлениях. Для удобства рекомендуется использовать ёмкость с прямым углом, в уголок которой следует поместить кусок и обмерить.

Величину (мм) максимального куска D определяют по формуле среднеарифметического:

$$D = \frac{L + B + H}{3},$$

где L – длина куска, мм;

B – ширина куска, мм;

H – высота куска, мм.

Средний максимальный размер куска определяют по формуле:

$$D_{\max}^{\text{ср}} = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}.$$

Аналогично рассчитывают средний максимальный кусок для дроблёного материала $d_{\max}^{\text{ñð}}$.

Степень дробления находят по формуле:

$$i_{cp} = \frac{D_{\max}^{\text{ср}}}{d_{\max}^{\text{ср}}},$$

где $D_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды до дробления, мм;

$d_{\max}^{\text{ср}}$ – средний максимальный кусок руды после дробления, мм.

Фактическую производительность Q определяют по формуле:

$$Q = 3{,}6\frac{q}{t},\ \text{т/ч},$$

где q – количество дробленой руды, кг;

t – время дробления, с.

В выводах по работе следует отразить результаты определения степеней дробления и производительности дробилок.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2
ГРОХОЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу самоцентрирующегося инерционного грохота;
- изучить способ изменения режима работы грохота;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба после дробления в валковой дробилке;
- грохот самоцентрирующийся;
- секундомер;
- набор стандартных лабораторных сит;
- линейка с делениями (штангенциркуль);
- весы;
- совки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию грохота и определить конструктивные и механические параметры.
4. Засыпать пробу в приёмный бункер при закрытом затворе.
5. Включить грохот. Открыть затвор бункера для подачи материала на просеивающую поверхность. Продолжительность грохочения оценивать с точностью до десятых долей секунды: начало – в момент попадания первых зёрен на просеивающую поверхность; окончание – в момент выхода из бункера основной массы материала. В течение опыта необходимо следить за тем, чтобы материал не зависал в бункере. Очистить бункер.
6. Выключить грохот и зачистить поддон, перезапустить грохот несколько раз («пуск-остановка» – два-три раза) до полной очистки.

7. Взвесить надрешётный и подрешётный продукты.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы, определить эффективность грохочения.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 2

Определение эффективности грохочения.

Существуют несколько методов определения эффективности грохочения, характеризующих полноту перехода частиц менее размера отверстия просеивающей поверхности в подрешётный продукт.

Наиболее общим является метод, рассматривающий эффективность грохочения как отношение массы подрешетного материала ко всей массе материала такой же крупности, содержащейся в руде, поступающей на грохот

$$E_1 = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100, \%,$$

где Q_1 – масса подрешётного материала (крупность материала $-a+0$ мм), кг;

Q_2 – масса материала той же крупности в исходном материале, поступающем на грохочение (крупность материала $-a+0$ мм), кг;

a – размер отверстий просеивающей поверхности грохота, мм.

Однако, на производстве практически трудно взвешивать подрешётный продукт. Для определения эффективности грохочения отбирают пробы исходной руды и надрешётного продукта, определяют в них содержание класса крупности $-d_c+0$ мм. Эффективность грохочения рассчитывают по формуле:

$$E_2 = \frac{\alpha - \vartheta}{\alpha \cdot (100 - \vartheta)} \cdot 10^4, \%$$

где α – массовая доля зерен минус a в исходном продукте, %;

ϑ – массовая доля зерен минус a в верхнем продукте, %.

В выводах по работе следует привести результаты расчёта эффективности грохочения по двум формулам и сравнить их.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3
СИТОВЫЙ АНАЛИЗ МЕЛКИХ ПРОДУКТОВ

1. Цель:

- изучить методику проведения ситового анализа;

- определить гранулометрический состав продукта;
- изучить конструкцию и работу вибровстряхивателя;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала крупностью –1+0 мм;
- набор стандартных лабораторных сит;
- вибровстряхиватель;
- весы электронные.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию стандартных сит и вибровстряхивателя.
4. Собрать комплект сит и поместить пробу на верхнее сито.
5. Провести ситовый анализ в течение времени, заданного преподавателем.
6. Определить массы полученных классов крупности: содержимое каждого сита перенести на листы бумаги и подписать классы; взвесить полученные классы крупности.
7. Убрать рабочее место в лаборатории.
8. Обработать результаты работы: рассчитать частный и суммарный выходы классов крупности в процентах от исходной навески, построить частную и суммарную гранулометрические характеристики.
9. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 3

При проведении исследования на обогатимость полезных ископаемых весьма важной операцией является ситовый анализ.

Для производства ситовых анализов используют набор лабораторных стандартных сит. Конструкция стандартных сит представляет собой круглые ободы диаметром 150-300 мм, высотой от 25 до 50 мм, со вставленными в эти ободы ситами. Набор сит собирают в комплект с крышкой и поддоном.

Размеры отверстий смежных сит должны изменяться плавно, с определенной закономерностью. Почти во всех стандартных ситах это осуществляется применением постоянного множителя – модуля ситовой шкалы. Последовательный ряд размеров отверстий сит составляет геометрическую прогрессию – шкалу классификации.

Лабораторную работу выполняют на наборе сит с модулем 2.

За основание в наборе сит принято сито 200 меш, где 200 – число отверстий на одном линейном дюйме сетки. Размер отверстия этого сита равен 0,071 мм. На основание последовательно устанавливают сита с размерами отверстий 0,16 мм, 0,315 мм, 0,63 мм, 1,25 мм, 2,5 мм. Нижнее сито устанавливают в поддон такого же диаметра.

На верхнее сито загружают пробу материала в количестве 100-150 г, плотно закрывают крышкой, комплект сит устанавливают на вибровстряхиватель и закрепляют.

Продолжительность ситового анализа для данной пробы определяют экспериментально.

Первоначально продолжительность встряхивания принимается равной 10 минутам, после чего содержимое каждого сита переносят на листы бумаги и классы подписывают.

Качество рассева проверяют по классу минус 0,071 мм. Для этой цели класс крупности –0,16+0,071 мм взвешивают, переносят снова на сито 0,071 мм и подвергают ручному рассеву в течение 1 мин.

Если в результате контрольного рассева выход класса крупности минус 0,071 мм меньше 1 % от первоначальной массы класса крупности –0,16+0,071 мм, то рассев можно считать оконченным, каждый класс крупности взвешивают, и рассчитывают выходы классов крупности.

Если выход класса крупности минус 0,071 мм при контрольном рассеве более 1 %, то все классы крупности подвергают повторному рассеву в течение 5 мин.

После дополнительного просеивания снова повторяют контрольный ручной рассев, как это было описано выше, и так до тех пор, пока при контрольном рассеве выход класса крупности минус 0,071 мм не окажется менее 1 %. После этого все полученные классы крупности взвешивают, и результаты ситового анализа заносят в таблицу 3.1.

Расчёты частных выходов осуществляют по формуле выхода из таблицы 1.1.

По данным таблицы 3.1 строят кривые ситового анализа (гранулометрические характеристики) по частным и суммарным выходам. При этом по оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит в миллиметрах, а по оси ординат – суммарные и частные выходы классов крупности в процентах.

Пример представления результатов ситового анализа приведён в таблице 3.2 и на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты ситового анализа

Классы крупности, мм	**Выход**			
	Частный		**Суммарный**	
	г	**%**	**«по плюсу»**	**«по минусу»**
+2,5 –2,5+1,25 –1,25+0,63 –0,63+0,315 –0,315+0,16 –0,16+0,071 –0,071+0			 100,0	100,0
Итого		100,0		

Таблица 3.2 – Результаты ситового анализа дроблёной руды

Класс крупности, мм	**Выход, %**			
	Частный		**Суммарный**	
	г	**%**	**«по плюсу»**	**«по минусу»**
+2,5	15,0	8,33	8,33	100,00
–2,5+1,25	12,0	6,67	15,00	91,67
–1,25+0,63	20,0	11,11	26,11	85,00
–0,63+0,315	25,0	13,89	40,00	73,89
–0,315+0,16	35,0	19,44	59,44	60,00
–0,16+0,071	55,0	30,56	90,00	40,56
–0,071+0	18,0	10,00	100,00	10,00
Итого:	180,0	100,00	-	-

Суммарный выход «по плюсу» показывает, какой процент из всей исходной пробы остался бы на данном сите, если бы в данном наборе сит оно было верхним. Расчёт суммарного выхода «по плюсу» осуществляют сверху вниз.

Суммарный выход по «минусу» показывает, какой процент из всей исходной пробы прошел бы через данное сито, если бы в данном наборе сит оно было нижним. Расчёт суммарного выхода по «минусу» осуществляют снизу вверх.

По форме кривой делают вывод о преобладании в пробе крупных или мелких классов.

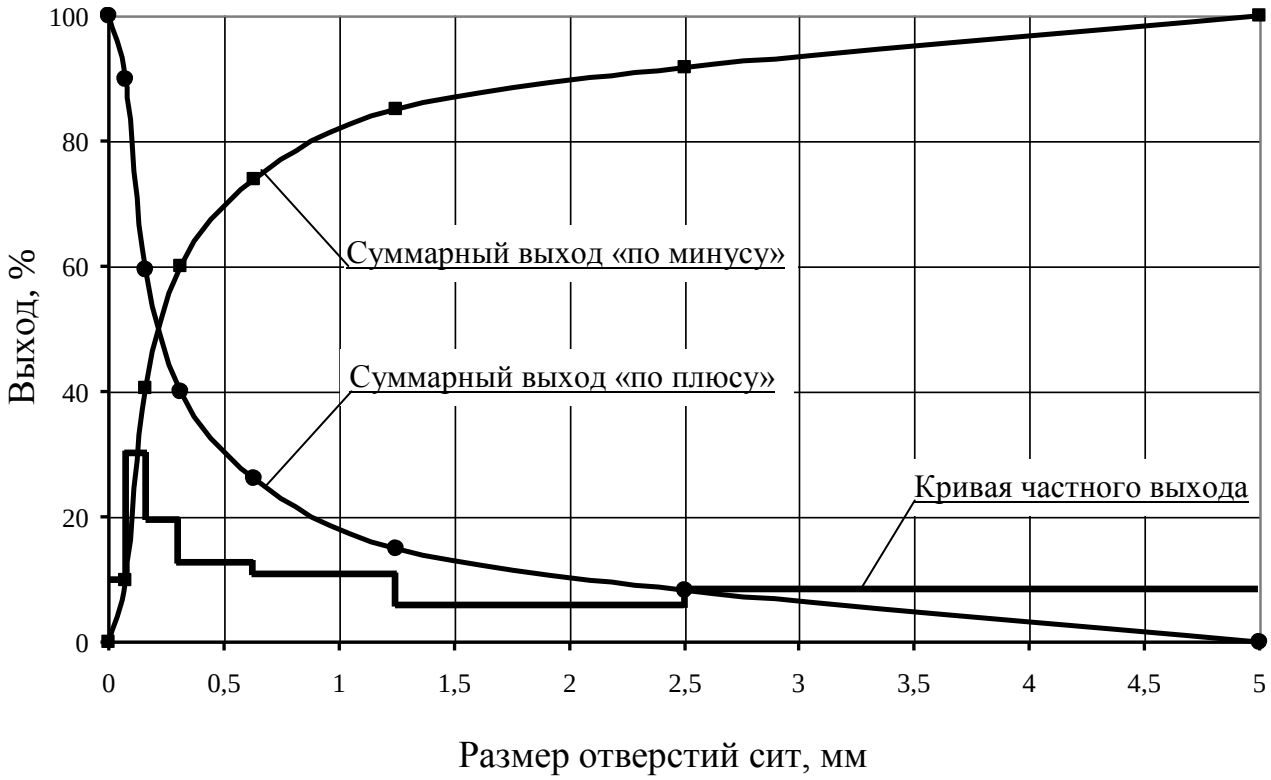


Рисунок 3.1 – Частная и суммарные гранулометрические характеристики

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4
ОБОГАЩЕНИЕ В ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ

Гравитационные процессы обогащения основаны на различии в закономерностях движения различных минералов в той или иной среде под действием сил тяжести или инерционных сил. В большинстве случаев различие в закономерностях движения минералов в среде обусловлено разностью в плотности минералов, но нужно понимать, что это различие может быть обусловлено при разной плотности минералов различными размерами минеральных частиц или различной их формой.

К гравитационным процессам относят: обогащение отсадкой, обогащение на концентрационных столах, в винтовых и центробежных сепараторах, на шлюзах, обогащение в тяжёлых средах, классификация и другие. Гравитационные процессы, в зависимости от среды, в которой происходит обогащение, подразделяют на гидравлические (среда – вода) и пневматические (среда – воздух).

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу поршневой отсадочной машины;
- освоить регулировку процесса отсадки;

- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (каменный уголь);
- машина отсадочная поршневая;
- совки;
- весы технические.

Процесс разделения минералов по плотности в вертикальном потоке воды, переменном по направлению и амплитуде, называется ***отсадкой***.

Лабораторную работу выполняют на гидравлической поршневой двухкамерной отсадочной машине с неподвижным решетом и с боковой разгрузкой тяжёлых фракций (рисунок 4.1).

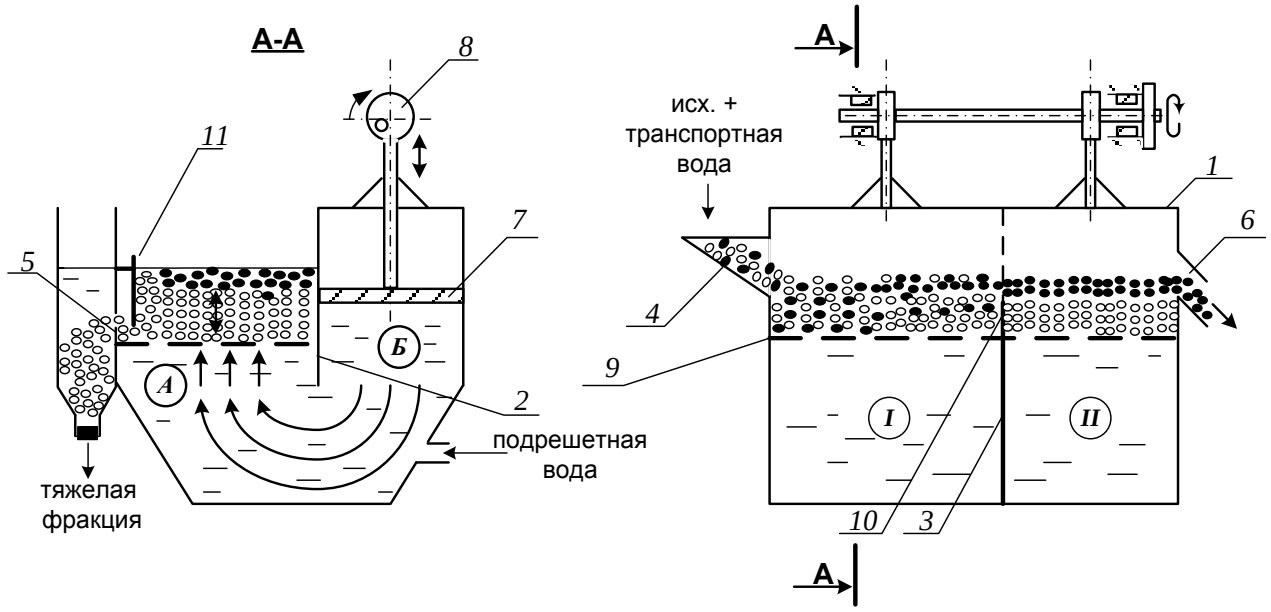


Рисунок 4.1 – Поршневая отсадочная машина

Машина состоит из корпуса 1, который продольной перегородкой 2, не доходящей до дна, разделён на два отделения: отсадочное А и поршневое Б, в котором расположены поршни 7, приводимые в движение эксцентриковым приводом 8.

Корпус машины разделён в поперечном направлении перегородкой 3 на два самостоятельных отделения. В отделении *I* со стороны загрузочной коробки 4 во время работы происходит накопление тяжёлой фракции (породы); в отделении *II* – сростков тяжёлого и лёгкого минералов (промежуточного продукта), а лёгкая фракция через сливной порог 6 выносится водой.

Расслоение обогащаемого материала отсадочной постели по плотности происходит в машине под действием вертикальных пульсаций подрешётной воды. При движении воды вверх зёрна меньшей плотности поднимаются выше, чем зёрна большей плотности (более тяжёлые). При движении потока воды вниз, наоборот, зёрна большей плотности оседают быстрее лёгких зерен. Так происходит постепенное расслоение материала, находящегося в машине, по плотностям.

Движение каждого минерального зерна и всей отсадочной постели вдоль машины по отсадочному решету 9 происходит за счёт транспортной воды и избытка подрешётной воды.

В начале работы, спустя некоторое время после начала загрузки исходного продукта в отделении *I* накапливается слой материала – отсадочная постель. Когда общая высота слоя материала будет больше высоты порога 10, разделяющего отсадочное решето в поперечном направлении, лёгкая фракция и часть тяжёлой фракции будут переходить во второе отделение машины *II*. Во втором отделении слой материала, накапливаясь и продвигаясь вдоль машины, достигает сливного порога 6, по которому лёгкие минералы вместе с водой скатываются, разгружаясь из машины.

Чтобы зёрна, имеющие большую плотность, не разгружались через сливной порог 6 при накоплении их в отделении *II* примерно до половины высоты сливного порога, открывают заслонки 11 в обоих отделениях, приподнимая их на такую высоту, чтобы в щели под заслонкой проходили зёрна тяжёлого минерала, но не уходили зёрна лёгкого минерала.

Разгрузку тяжёлой фракции в отделении *I* регулируют заслонкой 11 таким образом, чтобы получать в разгрузке только тяжёлые зерна (породу), а в отделении *II* – разгружать породу и сростки так, чтобы в слив уходил чистый уголь без частиц породы.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры поршневой отсадочной машины.
3. Провести обогащение каменного угля с получением трёх продуктов: лёгкой фракции (уголь), тяжёлой фракции (породы) и промежуточной фракции (промпродукта).
4. Открыть краны на трубопроводах, подающих транспортную и подрешётную воду и заполнить машину водой. Под разгрузочный порог подставить приёмник лёгкой фракции (коробка с

перфорированным дном).

5. Когда вода начнёт переливаться через порог 6, включить привод поршней машины. После этого начать загружать обогащаемый материал в приёмную коробку 4 вручную совками и продолжать загрузку до конца опыта.
6. При работе отсадочной машины необходимо следить за накоплением материала в отделениях *I, II*. Когда слой тяжёлых (породных) частиц достигнет примерно половины высоты сливного порога 6 во втором отделении, открыть заслонки 11, регулируя высоту их подъема, как указывалось выше. С этого момента начинается разгрузка породной и промпродуктовой фракции в боковые карманы.
7. В ходе работы необходимо следить за тем, чтобы отсадочная постель хорошо разрыхлялась в восходящем потоке воды и была подвижной – перемещалась импульсами вдоль машины. Последнее достигается одним или сочетанием следующих факторов оперативной регулировки:
   - изменением количества подаваемой подрешётной воды;
   - изменением количества загружаемого в машину обогащаемого продукта;
   - изменением величины разгрузочных щелей.

   Следует знать, что кроме этих факторов регулирования работы машины можно осуществлять изменением числа ходов поршней в минуту и величиной хода поршней (размахом колебаний). Значение этих факторов подбирают и устанавливают при настройке машины для обогащения того или иного исходного материала заранее, а при работе машины менять эти факторы не представляется возможным.
8. При работе машины необходимо следить за наполнением приёмников тяжёлой и промпродуктовой фракций, расположенных сбоку машины. Когда слой материала в приёмниках достигнет уровня разгрузочных щелей, опыт прекращают в такой последовательности:
   - прекратить загрузку материала в машину;
   - отключить привод машины;
   - прекратить подачу воды в машину.
9. Полученные продукты обогащения разгрузить, произвести обезвоживание дренированием и взвесить. Рассчитать выходы продуктов разделения.

10. Убрать рабочее место в лаборатории.
11. Обработать результаты работы.
12. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 4

Массовые доли золы в продуктах задаёт преподаватель, остальные показатели рассчитывают по уравнению баланса и по известным формулам. Результаты расчета представляют в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты обогащения угля на поршневой отсадочной машине

Продукты обогащения	**Выход**		**Массовая доля золы, A^d, %**	**Извлечение золы, %**
	кг	%		
Концентрат				
Промпродукт				
Хвосты (порода)				
Итого:		100,0	$A^d_{исх}$	100,0

В выводах по работе следует описать личные наблюдения за возможностью регулирования процесса отсадки в машине, сравнить качество полученных продуктов разделения на основании их визуальной оценки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5
ОБОГАЩЕНИЕ НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Обогащение мелких классов крупности (менее 3-4 мм) оловянных, вольфрамовых, марганцевых и им подобных руд и углей осуществляют на сотрясательных концентрационных столах.

1. Цель:

- изучить конструкцию сотрясательного концентрационного стола;
- освоить регулировку процесса разделения на деке концентрационного стола при визуальном наблюдении за процессом разделения;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба измельчённой руды массой 5-7 кг;
- стол сотрясательный концентрационный СК-1;

- совки;
- весы технические.

Стол (рисунок 5.1) состоит из деки 1 с рифлями 2, привода деки 3, механизма изменения угла наклона деки 4, питающего жёлоба 5, жёлоба для подачи смывной воды 6.

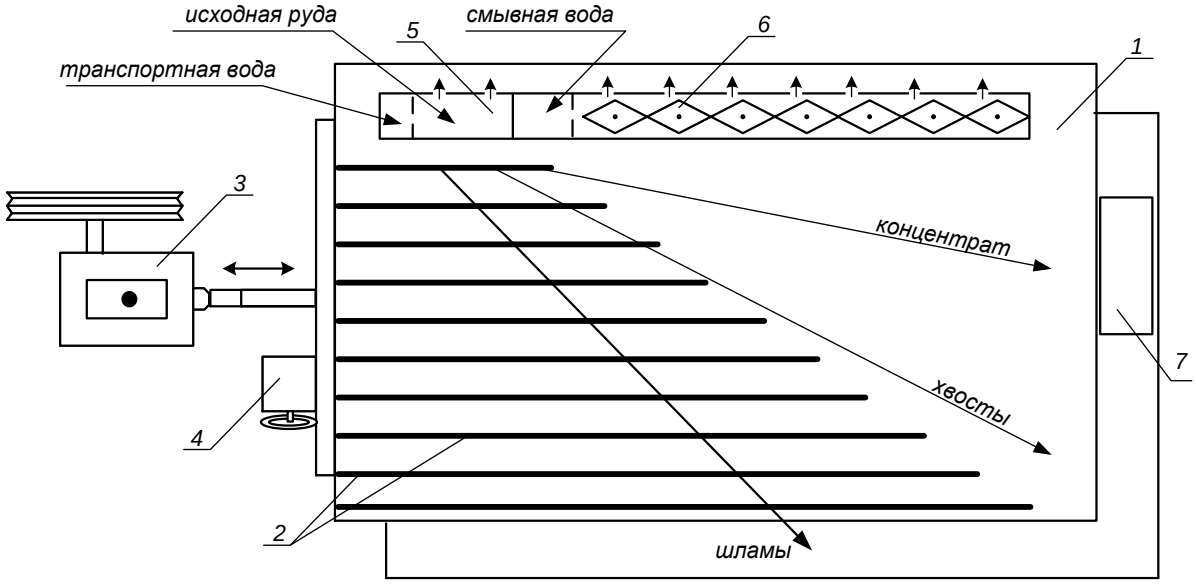


Рисунок 5.1 – Схема концентрационного стола

Разделение минералов по плотности на деке стола происходит за счёт различия в направлении движения лёгких и тяжёлых частиц по деке стола при одновременном действии на частицы минералов сил инерции, силы тяжести и гидродинамического напора смывной воды.

Вследствие сегрегации частиц в пространстве между рифлями тяжёлые частицы имеют больший контакт с декой и за счёт возвратно-поступательных движений деки продвигаются преимущественно вдоль неё. Лёгкие частицы, занимая верхний слой, испытывают большее воздействие потока смывной воды и движутся преимущественно поперек деки стола. На деке стола образуется «веер» частиц, располагающихся сверху-вниз по схеме: мелкие тяжёлые частицы → крупные тяжёлые, мелкие лёгкие → крупные лёгкие → шламы.

Частицы различных по плотности минералов, как правило, отличаются по цвету или блеску, что существенно упрощает наблюдение за образованием и распределением веера продуктов на деке стола.

Изменяя скорость смывного потока воды, можно «расширить» или «сузить» веер на гладкой поверхности деки (за рифлями).

Скорость смывного потока воды регулируют двумя факторами: расходом смывной воды и углом поперечного наклона деки стола.

Качество концентрата зависит от того, какую часть веера (верхнюю) направить в приёмник концентрата. Регулирование количества отсекаемого концентрата из веера частиц осуществляют передвижным жёлобом или перемещением приёмника концентрата вдоль среза деки.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры сотрясательного концентрационного стола;
3. Включить привод стола. Открыть краны на трубопроводе, подающем воду в питающий жёлоб и в жёлоб смывной воды. Отрегулировать равномерность потока смывной воды по деке стола поворотом резиновых флажков в жёлобе.
4. Настроить процесс разделения. Для этого в приёмный жёлоб загрузить несколько совков исходной руды, которая смывается водой на деку стола. Наблюдая за образованием веера частиц на деке стола, продолжать периодически загружать руду в приемный жёлоб. Отрегулировать ширину и чёткость веера частиц изменением расхода смывной воды и изменением угла наклона деки с помощью штурвала механизма 4 (рисунок 5.1). При получении чёткого веера частиц на деке стола регулирование стола прекратить.
5. Пробу постепенно совком загрузить в приёмный жёлоб. При этом необходимо наблюдать за веером частиц и при необходимости отрегулировать его. Кроме того, нужно следить за шириной части веера частиц, отсекаемой в приёмник концентрата с тем, чтобы забирать в приёмник концентрата постоянную ширину полосы концентрата. При необходимости приёмник можно передвигать.
6. После окончания загрузки руды выждать, пока вся руда не пройдёт по деке и не разгрузится в соответствующие приёмники.
7. Из полученного концентрата слить воду и взвесить его. Определить массу концентрата с учётом его влажности.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 5

Массы продуктов разделения и рассчитанные технологические показатели обогащения на концентрационном столе занести в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты обогащения на концентрационном столе

Продукты обогащения	**Выход**		**Массовая доля извлекаемого компонента, %**	**Извлечение компонента, %**
	кг	**%**		
Концентрат				
Хвосты (порода)				
Исходная руда		100,0		100,0

Все расчёты осуществляют по известным формулам.

По результатам опыта делают выводы, в которых следует отразить личные наблюдения за процессом разделения минералов на деке стола и за возможностью регулирования процесса разделения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6
ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ

Фракционный анализ угля – это разделение угля по плотности на фракции, осуществляемое в тяжёлых средах с заданными плотностями тяжёлых сред. В качестве тяжёлых сред в лабораторных условиях применяют чаще всего водные растворы хлористого цинка ($ZnCl_2$).

1. Цель:

- изучить методику определения фракционного состава угля;
- изучить методику построения кривых обогатимости угля;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (каменный уголь) массой 5-10 кг;
- набор бачков с раствором хлористого цинка различной плотности;
- дешламационный бачок с сетчатым дном;
- бачки для ссыпания фракций различной плотности;
- сетчатый черпак для снятия всплывших фракций;
- совки;
- ареометр для проверки плотности растворов хлористого цинка;

- кружка для проверки плотности раствора хлористого цинка;
- резиновые перчатки для каждого члена бригады;
- весы технические.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Взвесить пробу.
3. Пробу засыпать в дешламатор (бачок с сетчатым дном) и подвергнуть дешламации орошением сильной струей воды или многократным опусканием и встряхиванием дешламатора с навеской угля в бачок с водой.
4. Дать воде стечь из дешламатора, после чего опустить дешламатор с исследуемой навеской в бачок с раствором хлористого цинка с наименьшей плотностью.
5. Всплывшую часть исследуемой навески снять сетчатым черпаком, давая стечь в бачок раствору хлористого цинка, и ссыпать в бачок с сетчатым дном, прополоскать чистой водой, высушить до воздушно-сухого состояния, взвесить и записать массу каждой фракции в рабочую тетрадь. После этого определить процентный выход её от исходной пробы. Плотность данной фракции будет меньше плотности раствора, в котором она всплыла.
6. Потонувшую часть навески, оставшуюся на дне первого дешламатора, вместе с дешламатором вынуть из первого бачка, дать стечь раствору (в тот же бачок) и перенести в бачок с раствором последующей плотности. Со всплывшей и потонувшей частью поступают так же, как и в предыдущем случае. Плотность зёрен всплывшей части будет лежать в пределах плотности смежных растворов.
7. Повторить пункты 5 и 6 необходимое количество раз.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 6

На основании результатов фракционного анализа и результатов анализа каждой фракции на определение массовой доли золы (негорючей массы) строятся кривые обогатимости угля.

Кривые обогатимости угля позволяют решать различные задачи, связанные с выбором и расчётом технологических схем обогащения,

а также рассчитать теоретические (наилучшие) результаты процесса обогащения.

В данной работе фракционный состав угля определяют студенты, а зольность каждой фракции задает преподаватель.

Результаты расслойки пробы угля заносят в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Фракционный состав угля

Плотность фракций, кг/м^3	**Исходный уголь**			**Всплывшая фракция**		**Потонувшая фракция**	
	Выход		**Зольность A^d, %**	**Выход γ_i, %**	**Зольность A_i^d, %**	**Выход γ_i, %**	**Зольность A_i^d, %**
	кг	**%**					
< 1300						100,0	
1300-1400							
1400-1500							
1500-1600							
1600-1700							
> 1700				100,0			
Итого:		100,0		-	-	-	-

Извлечение золы в каждую фракцию рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i \cdot A_i^d}{A^d},$$

где γ_i – выход фракции, %;

A^d – массовая доля золы (зольность) в исходном угле, %;

A_i^d – массовая доля золы (зольность) во фракции, %;

ε_i – извлечение золы во фракцию, %.

По данным фракционного состава угля строят кривые обогатимости угля, а также определяют категорию обогатимости угля.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7
КОЛЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНОЙ РУДЫ

Флотационный метод обогащения основан на различии в смачиваемости водой поверхности ценных минералов и минералов пустой породы.

Для создания гидрофобности (несмачиваемости) поверхности ценных минералов тонкоизмельченной руды, находящейся в водной среде, добавляют реагенты-собиратели. Благодаря гидрофобности, ценные минералы прикрепляются к пузырькам воздуха и поднимаются вместе с ними на поверхность пульпы, образуя минерализованный

пенный слой, который удаляют из камеры флотомашины. Минералы пустой породы смачиваются водой и остаются в объёме пульпы.

Флотационный метод широко применяют для обогащения сульфидных руд цветных металлов. В этом случае наиболее распространенными реагентами-собирателями являются ксантогенаты. Расход ксантогенатов при флотации сульфидных руд обычно не превышает 100 г/т. В процесс эти реагенты подают в виде водных растворов.

Для создания на поверхностях сульфидных минералов необходимой для закрепления ксантогенатов окисленной пленки в операцию измельчения руды подают реагент-регулятор среды, в качестве которого обычно используют известь или соду. Расходы их, в зависимости от вещественного состава полезного ископаемого, могут изменяться от 200 до 1500 г/т.

Для повышения механической прочности пузырьков воздуха, в результате которого улучшаются условия прилипания к ним ценных минералов, и увеличивается устойчивость флотационной пены, используют реагенты-пенообразователи. Одним из наиболее распространенных в настоящее время пенообразователей является реагент Т-92. Его расходы обычно колеблются от 20 до 100 г/т руды.

Кроме вышеперечисленных типов флотационных реагентов при селективной флотации руд используют реагенты-активаторы и подавители, которые усиливают или ослабляют действие собирателей.

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу лабораторной флотационной машины;
- изучить способы изменения режима работы флотомашины;
- освоить методику определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба (250 г сульфидной руды класса крупности –3+0 мм);
- мельница стрежневая;
- рольганги;
- машина флотационная лабораторная механического типа конструкции Механобр;
- реагенты флотационные (сода или известь, бутиловый ксантогенат, Т-92);
- чашки фарфоровые;
- чашки металлические для сбора продуктов;

- промывалки;
- посуда химическая;
- бумага фильтровальная;
- весы электронные.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Изучить конструкцию и определить конструктивные параметры лабораторной флотационной машины (рисунок 7.1).
3. Изучить схему флотационного опыта (рисунок 7.2).
4. Очистить стержневую мельницу, в которой будет проводиться измельчение руды, от образовавшейся ржавчины. Для этого поместить в неё 300 г гранита и 300 $см^3$ воды. Масса стержней должна составлять 3000 г. Заполненную мельницу плотно закрыть крышкой с резиновой прокладкой и поместить на рольганги, включив их на 5-10 минут.
5. Подготовить пробу, 250 $см^3$ воды и навеску реагента: соды или извести (вид реагента и его расход задаёт преподаватель).
6. Остановить рольганги, вылить содержимое мельницы, промыть водой её внутреннюю поверхность и стержни.
7. В промытую мельницу с загруженными в неё стержнями сначала поместить отмеренное количество воды, затем пробу сульфидной руды и навеску реагента – регулятора среды. Измельчать в течение времени, указанного преподавателем, обычно 10-15 минут.
8. За период измельчения необходимо подготовить реагенты: собиратель и пенообразователь. Их расходы задаёт преподаватель в г/т руды. Необходимо самостоятельно определить объёмы растворов реагентов, подаваемых в процесс флотации.
9. По истечении заданной продолжительности измельчения снять мельницу с рольгангов, перенести её содержимое с помощью промывалки в камеру флотомашины. При этом нужно следить за тем, чтобы количество добавляемой воды было минимальным. В свободную от пульпы мельницу загрузить стержни, залить воду до бортика и поставить на место хранения.
10. Закрепить камеру 2 на корпусе флотомашины 1, залить в случае необходимости воду и включить двигатель. Через 2 минуты перемешивания в камеру 2 добавить необходимый объём раствора ксантогената и после минутного перемешивания в пульпу ввести пенообразователь.

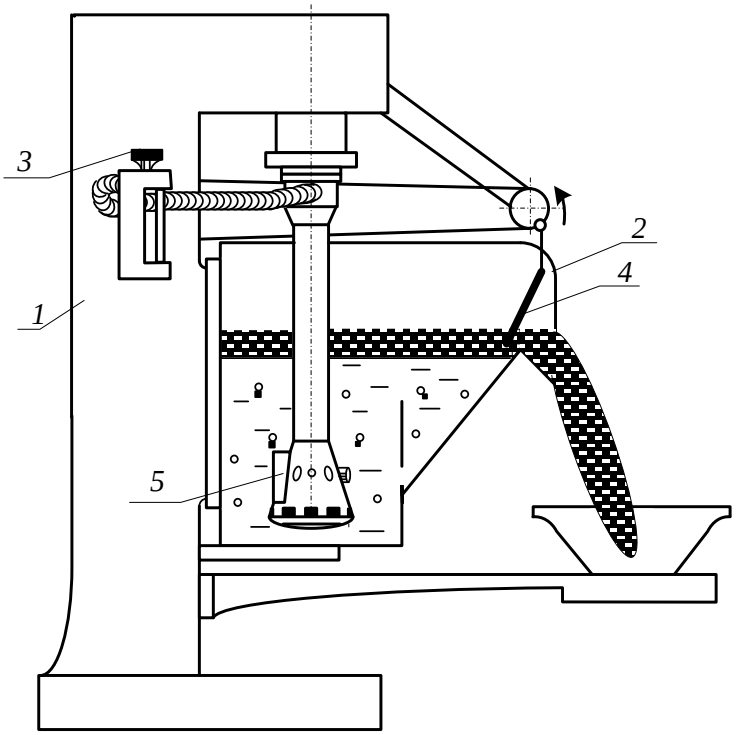


Рисунок 7.1 – Лабораторная флотационная машина

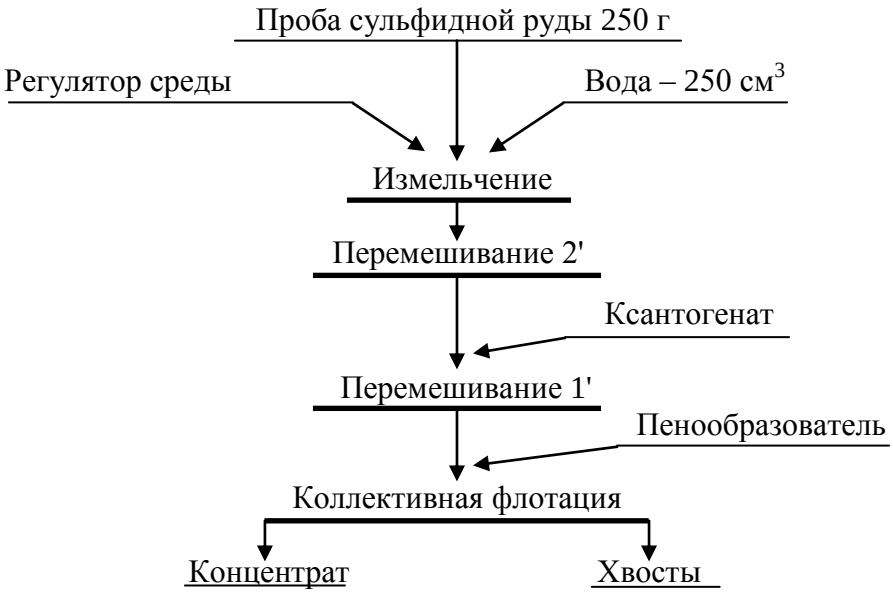


Рисунок 7.2 – Схема флотационного опыта

11. Осторожно повернуть вентиль воздушного крана 3, обеспечив этим засасывание воздуха в камеру для создания на её поверхности слоя минерализованной пены.
12. Включить пеносъёмник 4. В момент снятия первой порции пены зафиксировать время начала флотации. По мере снижения уровня пульпы в камере флотомашины добавлять воду из про-

мывалки, обмывая при этом её стенки и пеносъёмник от налипших минеральных частиц. Периодически следует отбирать пробу от пенного продукта в фарфоровую чашку. Постепенно нагруженность пены снижается, меняется и её цвет. Конец флотации фиксируется по отсутствию сульфидных минеральных частиц в фарфоровой чашке.

13. Закрыть воздушный кран 3, остановить пеносъёмник 4, выключить двигатель флотомашины. Пенный продукт отфильтровать на вакуум-фильтре и взвесить. Камерный продукт (хвосты) вылить в канаву.
14. Пустую камеру заполнить водой, закрепить на корпусе флотомашины и включить двигатель. Промыть машину в течение 2-3 минут. Затем ополоснуть из промывалки блок аэратора 5. Чистую камеру и блок аэратора протереть чистой тряпкой.
15. Убрать рабочее место в лаборатории.
16. Обработать результаты работы.
17. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 7

Методика определения объёма раствора реагента при заданном расходе реагента.

Например, заданный расход бутилового ксантогената составляет 100 г/т руды. Составим и решим пропорцию:

10^6 г (1 т) руды – 100 г ксантогената

250 г руды – X г ксантогената

$$X = \frac{100\,\text{г} \cdot 250\,\text{г}}{10^6\ \text{г}} = \frac{2{,}5\,\text{г}}{10^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{г}$$

Следует учесть, что ксантогенат используют во флотации в виде 1 % растворов, то есть в 100 $см^3$ раствора содержится 1 г ксантогената.

Составив пропорцию и решив её, определим объём раствора, который следует подать в камеру флотомашины:

100 $см^3$ раствора – 1 г ксантогената

V $см^3$ раствора – $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ г ксантогената

$$V = \frac{100\,\text{см}^3 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}\,\text{г}}{1\,\text{г}} = 2{,}5\,\text{см}^3$$

Результаты расчёта показателей флотации занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Показатели коллективной флотации

Наименование продуктов обогащения	Выход		Массовая доля сульфидных минералов, %	Извлечение сульфидных минералов, %
	г	%		
Концентрат				
Хвосты				
Исходная руда		100,0		100,0

Массовую долю сульфидов в продуктах обогащения (β, ϑ) или в исходной руде (α) и в одном из продуктов задаёт преподаватель.

В конце отчёта по выполненной работе делается вывод, в котором анализируются полученным результатам и намечаются способы их повышения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8
МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Лабораторную работу по магнитной сепарации выполняют на лабораторном магнитном сепараторе для слабомагнитных руд. Результаты разделения минералов по их магнитной восприимчивости зависят от вещественного состава руды, крупности обогащаемого материала, напряжённости магнитного поля, производительности, высоты рабочей зоны и положения разделительного шибера. При выполнении работы потребуется получить зависимости выходных показателей качества процесса от указанных выше переменных факторов.

1. Цель:

- изучить конструкцию и работу роликового магнитного сепаратора;
- изучить влияние некоторых факторов на процесс магнитной сепарации;
- развить навыки анализа полученных данных.

2. Оборудование и материалы:

- проба материала (200-500 г руды класса крупности -3+0 мм);
- сепаратор магнитный роликовый;
- весы электронные;
- чашки лабораторные;
- щётка для чистки сепаратора.

Магнитный сепаратор (рисунок 8.1) состоит из основания 1 с закреплённым на нём бункером 2 с регулировочным шибером 3. Бункер 2 установлен над вибролотком 4, выполненным из немагнитного материала и которого осуществляется подача материала в рабочую зону магнитной системы, образованной магнитопроводом 5 и профилированным роликом 6. На магнитопроводе установлены катушки электромагнита 7, подключенные к выпрямителю тока 8, содержащего приборы измерения тока 9 и напряжения 10. На лицевой панели выпрямителя установлены переключатели режима работы, выключатель и регулятор нагрузки по току. Регулирование выходов отдельных фракций осуществляется шибером 11, а очистка ролика 6 щёткой 12.

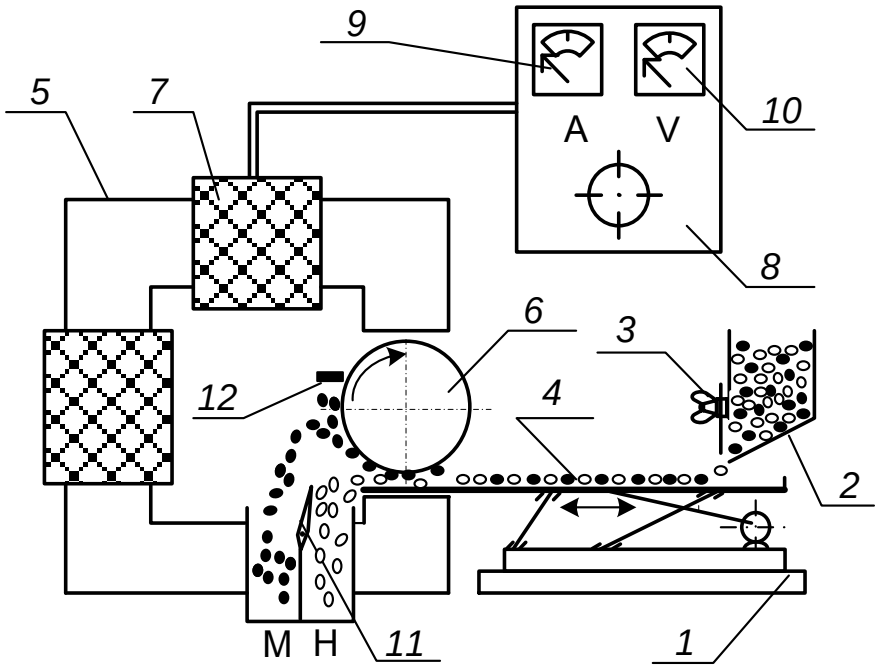


Рисунок 8.1 – Схема магнитного сепаратора

Перед опытом включают выпрямитель 8, устанавливают необходимое значение тока в обмотке электромагнита 7, включают привод вибролотка 4 и ролика 6. Материал из бункера 2 по вибролотку поступает в рабочий зазор, где и происходит разделение частиц по удельной магнитной восприимчивости. Частицы, имеющие большую удельную магнитную восприимчивость, выносятся роликом 6 из рабочего зазора, счищаются щёткой 12 и попадают в приёмник магнитной фракции. Регулирование производительности осуществляют смещением шибера 3. Положение шибера 3 изменяют в пределах от 10 до 30 мм, ток в обмотке электромагнита изменяют от 0 до 8 А.

3. Ход работы:

1. Получить у преподавателя пробу.
2. Определить массу пробы.
3. Изучить конструкцию и определить конструктивные и механические параметры роликового магнитного сепаратора.
4. Подключить сепаратор и выпрямитель к сети переменного тока.
5. Установить заданные значения настроек сепаратора (положение шибера, сила тока).
6. Загрузить исходный материал в бункер и зафиксировать время начала и конца опыта.
7. Полученные продукты взвесить, выполнить визуальную оценку, провести их анализ.
8. Убрать рабочее место в лаборатории.
9. Обработать результаты работы.
10. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов в работе 8

Полученные результаты разделения магнитной сепарацией занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Результаты магнитной сепарации

№ опыта	Наименование продукта	Выход		Сила тока, А	Положение шибера, мм
		г	%		
1	Магнитный			0,5	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
2	Магнитный			1,0	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
3	Магнитный			2,0	20
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
4	Магнитный			1,0	10
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		
5	Магнитный			1,0	30
	Немагнитный				
	Исходный продукт		100,0		

Используя данные таблицы 8.1 построить экспериментальные зависимости количественных показателей процесса магнитной сепарации от переменных факторов:

$$\gamma_м = f(I) \text{ для } h = 20 \text{ мм}$$

$$\gamma_м = f(h) \text{ для } I = 1 \text{ А}.$$

где I – сила тока в катушках, А;

h – положение шибера, мм.

Сделать вывод о влиянии силы тока и положения шибера на получаемые технологические показатели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Комлев, С.Г.* Основы обогащения полезных ископаемых: учебное пособие / С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 5-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 153 с.

2. *Колтунов, А.В.* Дробление, измельчение, грохочение: учебное пособие / А.В. Колтунов, С.Г. Комлев // Урал. гос. горный ун-т. – 2-е изд., стереотип. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 122 с.

3. *Морозов Ю.П.* Флотационные методы обогащения: конспект лекций / Ю.П. Морозов // Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. – 155 с.

4. ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Пример оформления титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

ОТЧЁТ
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

по дисциплине:
«Обогащение полезных ископаемых»

Руководитель
проф., д.т.н. _____ **Е. Ф. Цыпин**

Студент
группы ОПИ-00 _____ **А. В. Иванов**

Екатеринбург, 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Правила и примеры оформления надписей к таблицам и рисункам

Таблицы следует располагать в тексте сразу же после первого упоминания их или на следующей странице. В тексте слово «таблица» пишется полностью с указанием порядкового номера. Заголовок таблицы выполняется без абзацного отступа с выравниванием «по центру». Точка в конце заголовка не ставится. Между основным текстом, заголовком таблицы и самой таблицей – пустая строка. Размер шрифта в таблице должен быть меньше размера основного текста (например, основной текст – 14, в таблице – 13 (12) и меньше).

Таблица 1 – Результаты флотационного обогащения

Наименование продуктов обогащения	**Выход**		**Массовая доля полезного компонента, %**	**Извлечение полезного компонента, %**
	г	**%**		
Концентрат				
Промпродукт				
Хвосты				
Исходная руда		100,0		100,0

Рисунок вставляется после первого упоминания о нём в тексте. В тексте слово «рисунок» пишется полностью с указанием порядкового номера.

Наименование схемы, рисунка делается под рисунком и располагается симметрично относительно поля рисунка. Под наименованием рисунка после двоеточия помещают расшифровку обозначений и поясняющие записи.

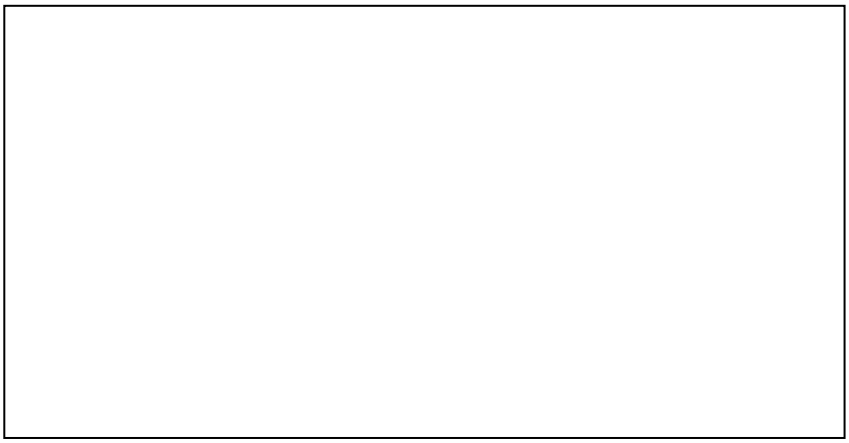


Рисунок 1 – Схема устройства оборудования:
1 – …; 2 – …

Учебное издание

Евгений Фёдорович Цыпин
Екатерина Александровна Бекчурина
Иршат Халилович Хамидулин

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Подписано в печать 31.08.2018 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 $^{1}/_{16}$. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,9 Уч.-изд. л. 1,6 Тираж 100 экз. Заказ № 116

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.О.33 ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Бекчурина Е. А., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

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

Е. А. Бекчурина

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Практикум
по дисциплине «Горнопромышленная экология»
для студентов специализаций
«Обогащение полезных ископаемых»,
«Горные машины и оборудование»,
«Электрификация и автоматизация горного производства»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета

« 28 » марта 2017 г.

Председатель комиссии

_____проф. В. П. Барановский

Е. А. Бекчурина

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Практикум
по дисциплине «Горнопромышленная экология»
для студентов специализаций
«Обогащение полезных ископаемых»,
«Горные машины и оборудование»,
«Электрификация и автоматизация горного производства»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

УДК 502.1
Б 42
Рецензент: *Морозов Ю.П.,* д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Обогащение полезных ископаемых» УГГУ

Практикум рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 09 февраля 2017 г. (протокол № 5) и рекомендован для издания в УГГУ.

Бекчурина Е. А.
Б 42 ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ: Практикум / Бекчурина Е. А.; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2017. 46 с.

В практикуме приведены методики и задания для выполнения практических работ по дисциплине «Горнопромышленная экология».

Практикум предназначен для студентов очной и заочной форм обучения направления 21.05.04 – «Горное дело», специализаций «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ), «Горные машины и оборудование» (ГМО), «Электрификация и автоматизация горного производства» (ЭГП).

© Уральский государственный горный университет, 2017
© Бекчурина Е. А., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
Практическая работа № 1. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ... 5
Практическая работа № 2. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА 7
Практическая работа № 3. РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ 9
Практическая работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ 14
Практическая работа № 5. ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ 18
Практическая работа № 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА СБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ 19
Практическая работа № 7. ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ 23
Практическая работа № 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА РАЗМЕЩЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ 25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 30
Приложение А 31
Приложение Б 32
Приложение В 36
Приложение Г 37
Приложение Д 41
Приложение Е 43

ВВЕДЕНИЕ

Практикум по дисциплине «Горнопромышленная экология» содержит практические работы, нацеленные на изучение основных законодательных актов в области регулирования природоохранной деятельности в Российской Федерации, методик определения допустимого воздействия на природные ресурсы и расчета размера платы за негативное воздействие на окружающую среду. В практических работах, касающихся экологического законодательства, предложены вопросы для проверки и систематизации знаний законодательных актов. В расчетных работах предложены двадцать вариантов заданий, для каждого варианта приведены необходимые для решения задачи исходные данные.

Работы по изучению экологического законодательства способствуют получению навыков работы с законодательными актами и проецированию содержащихся в них положений на деятельность предприятий горнопромышленного комплекса. Работы по определению допустимого воздействия на окружающую среду и платы за негативное воздействие позволяют оценить уровень влияния горных предприятий на биосферу и экономическую выгоду от проведения мероприятий природоохранного характера.

Отчёт по практическим работам № 1, 2, 5, 7 должен содержать:

– название и цель работы;

– ответы на вопросы.

Отчёт по практическим работам № 3, 4, 6, 8 должен содержать:

– название и цель работы;

– исходные данные для расчета;

– расчетные формулы;

– полученные результаты в виде таблиц и графиков;

– анализ полученных результатов;

– выводы по работе.

Оформленные отчеты по практическим работам представляются преподавателю для проверки и защиты. При защите практических работ студент должен дать исчерпывающие ответы на заданные преподавателем вопросы.

Защищенные практические работы являются основанием для допуска студента к сдаче зачета/экзамена по дисциплине «Горнопромышленная экология».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Цель работы: знакомство с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» и анализ воздействия горнопромышленных предприятий на окружающую среду.

При реализации хозяйственной деятельности, связанной с использованием природных ресурсов, в том числе полезных ископаемых, неизбежно возникают экологические отношения. Основным документом, регулирующим экологические взаимоотношения в Российской Федерации, является Федеральный закон (ФЗ) от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

ФЗ «Об охране окружающей среды» состоит из 16 глав и 84 статей.

В *главе I* «Общие положения», состоящей из четырех статей, содержатся основные понятия, используемые в законе, законодательные документы, регулирующие отношения в области охраны окружающей среды, основные принципы охраны окружающей среды и объекты охраны окружающей среды.

В *главе II* «Основы управление в области охраны окружающей среды» перечислены полномочия органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды.

В *главе III* изложены права и обязанности граждан, общественных объединений и некоммерческих организаций в области охраны окружающей среды.

Глава IV посвящена экономическому регулированию в области охраны окружающей среды.

В *главе V* рассмотрены вопросы нормирования в области охраны окружающей среды, осуществляемого с целью регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности. Нормирование заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, иных нормативов в области охраны окружающей среды, а также нормативных документов.

В главе *VI* говорится о необходимости проведения оценки воздействия на окружающую среду планируемой деятельности и экологической экспертизы.

В главе *VII* содержатся требования в области охраны окружающей среды при осуществлении хозяйственной и иной деятельности. В соответствии со ст. 34 размещение, проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, консервация и ликвидация зданий, строений, сооружений и иных объектов, оказывающих прямое или косвенное негативное воздействие на окружающую среду, осуществляются в соответствии с требованиями в области охраны окружающей среды. При этом должны предусматриваться мероприятия по охране окружающей среды, восстановлению природной сре-

ды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, обеспечению экологической безопасности.

В *главе VIII* изложен порядок установления зон экологического бедствия и зон чрезвычайных ситуаций.

Глава IX посвящена природным объектам, имеющим особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное ценное значение и находящимся под особой охраной.

В *главе X* содержатся сведения о государственном экологическом мониторинге, осуществляемом посредством создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы государственного экологического мониторинга, а также создания и эксплуатации уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти государственного фонда данных.

Глава XI содержит сведения о государственном экологическом надзоре, производственном и общественном контроле в области охраны окружающей среды.

В *главе XII* «Научные исследования в области охраны окружающей среды» определены цели проведения такого рода исследований, среди которых оценка последствий негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, разработка и создание наилучших технологий в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов и др.

В *главе XIII* «Основы формирования экологической культуры» говорится о необходимости всеобщего экологического просвещения в целях формирования экологической культуры в обществе, воспитания бережного отношения к природе, рационального использования природных ресурсов.

Глава XIV регулирует ответственность за нарушение требований законодательства и порядок разрешения споров в области охраны окружающей среды. За нарушение законодательства в области охраны окружающей среды устанавливается имущественная, дисциплинарная, административная и уголовная ответственность в соответствии с законодательством.

Глава XV посвящена международному сотрудничеству в области охраны окружающей среды и содержит статьи о принципах международного сотрудничества и международных договорах РФ.

В *главе XVI* «Заключительные положения» приведены нормативные правовые акты, признанные утратившими силу со дня вступления в силу ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г.

Оформление отчета по практической работе

После изучения ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» в отчете по практической работе следует привести ответы на следующие вопросы:

1. Перечислите наиболее важные принципы охраны окружающей среды в отношении деятельности горнопромышленного предприятия.

2. На какие категории подразделяются объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду?

3. Каким образом осуществляется экономическое регулирование в области охраны окружающей среды?

4. В каких случаях горнопромышленное предприятие может получить государственную поддержку, осуществляемую в целях охраны окружающей среды?

5. В чем суть нормирования в области охраны окружающей среды?

6. Какие требования в области охраны окружающей среды должны быть соблюдены при проектировании горнопромышленного предприятия?

7. С какой целью осуществляется государственный экологический мониторинг?

8. Кто и с какой целью осуществляет государственный экологический надзор, производственный и общественный контроль в области охраны окружающей среды?

9. Для чего проводятся научные исследования в области охраны окружающей среды?

10. Изложите Ваше мнение относительно введения в курс обучения дисциплины «Горнопромышленная экология». Считаете ли Вы ее полезной и необходимой?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2
ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Цель работы: знакомство с ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» и анализ негативного воздействия горных предприятий на атмосферный воздух.

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных.

ФЗ от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха и направлен на реализацию конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о ее состоянии.

ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» состоит из 10 глав и 34 статей.

В *главе I* «Общие положения», состоящей из четырех статей, содержатся основные понятия, используемые в законе, законодательные документы, регулирующие отношения в области охраны атмосферного воздуха.

В *главе II* «Управление в области охраны атмосферного воздуха» приведены принципы государственного управления в области охраны атмосферного воздуха и перечислены полномочия органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления в области охраны атмосферного воздуха.

В главе III «Организация деятельности в области охраны окружающей среды» рассмотрены вопросы нормирования качества атмосферного воздуха и

вредных физических воздействий на атмосферный воздух. Законом предусмотрено установление гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха и предельно допустимых уровней физических воздействий на него.

Глава IV посвящена государственному учету вредных воздействий на атмосферу и их источников, который ведется в рамках государственного учета объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

В *главе V* говорится об организации мониторинга атмосферного воздуха, государственного надзора в области его охраны, производственного и общественного контроля за охраной атмосферного воздуха.

Глава VI «Экономический механизм охраны атмосферного воздуха» включает статью о плате за выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

В *главе VII* изложены права граждан, юридических лиц и общественных объединений в области охраны атмосферного воздуха.

Глава VIII регулирует ответственность за нарушение требований законодательства и порядок разрешения споров в области охраны атмосферного воздуха. За нарушение законодательства в области охраны атмосферного воздуха устанавливается уголовная, административная и иная ответственность в соответствии с законодательством РФ.

Глава IX посвящена международному сотрудничеству РФ в области охраны атмосферного воздуха.

В *главе X* «Заключительные положения» приведены нормативные правовые акты, признанные утратившими силу со дня вступления в силу ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 г.

Оформление отчета по практической работе

После изучения ФЗ № 96 «Об охране атмосферного воздуха» в отчете по практической работе следует привести ответы на следующие вопросы:

1. Что такое предельно допустимый выброс и временно согласованный выброс?
2. Дайте определения стационарного и передвижного источников выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух.
3. Какие принципы государственного управления в области охраны атмосферного воздуха, на ваш взгляд, наиболее важны с точки зрения деятельности горнопромышленного предприятия?
4. Какова роль нормирования в области охраны атмосферного воздуха?
5. Какие требования в области охраны атмосферного воздуха должны быть соблюдены при вводе в эксплуатацию горнопромышленного предприятия?
6. Что такое инвентаризация стационарных источников и выбросов вредных веществ в атмосферу и с какой целью ее осуществляют?
7. Какова роль государственного надзора в области охраны атмосферного воздуха?

8. Приведите примеры негативного влияния горного предприятия на атмосферный воздух.

9. Оцените влияние внедрения наилучших доступных технологий на состояние атмосферы (на примере горнопромышленного предприятия).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Цель работы: освоение методики расчета концентраций вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха вредными веществами определяют по рассчитанному значению максимальной приземной концентрации вредных веществ, которая может устанавливаться на некотором расстоянии от источника выброса при неблагоприятных метеорологических условиях (рисунок 1).

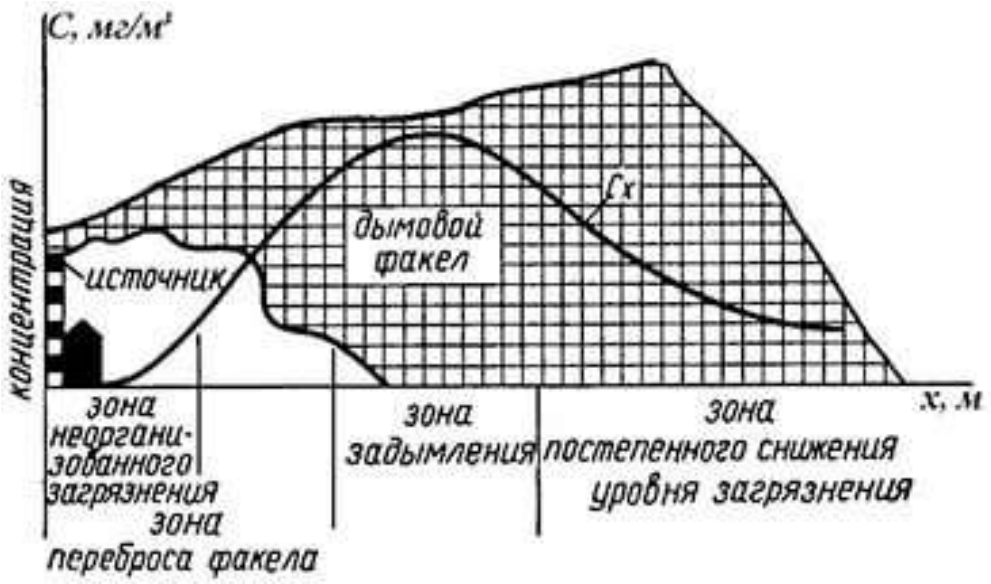


Рисунок 1 – Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере от стационарного источника выброса

Максимальная концентрация C_{max} вредного вещества в приземном слое при нагретых газопылевых выбросах через трубы с круглым устьем для одиночного источника, мг/м^3

$$C_{max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}, \qquad (3.1)$$

при холодных выбросах из одиночного источника с круглым устьем максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot D \cdot \eta}{8 \cdot Q \cdot H^{4/3}}, \qquad (3.2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющей условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе. Коэффициент A равен:

– для районов Средней Азии южнее 40º с. ш., Читинской области, Бурятии – 250;

– для Европейской территории России, для районов южнее 50º с. ш., нижнего Поволжья, Дальнего Востока и остальной территории Сибири – 200;

– для Европейской территории России и Урала от 50 до 52º с. ш., за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов – 180;

– для Европейской территории России и Урала севернее 52º с. ш., за исключением Центрально-Европейской территории – 160;

– для Московской, Тульской, Рязанской, Калужской, Владимирской, Ивановской областей – 140;

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности ($\eta = 1-4$) (для ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$);

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси $T_г$ и температурой окружающего атмосферного воздуха $T_в$, °С, $\Delta T = T_г - T_в$;

Q – объемный расход газовоздушной смеси, поступающей от источника в атмосферу, м^3/с.

Объемный расход газовоздушной смеси, поступающей от источника в атмосферу рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \vartheta_г, \qquad (3.3)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

$\vartheta_г$ – средняя скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, м/с.

Значение безразмерного коэффициента F для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей, скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю, принимают равным единице (F = 1); для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов выше 90 % F = 2; от 75 до 90 % – F = 2,5; менее 75 % – F = 3.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f, $\vartheta_в$, $\vartheta'_в$, f_e.

Коэффициент f, м/(с^2·°С)

$$f = 1000 \frac{\vartheta_г^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (3.4)$$

Для нагретых выбросов $\vartheta_в$ (м/с) рассчитывается следующим образом:

$$\vartheta_в = 0{,}65 \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T / H}. \quad (3.5)$$

Значение параметра f_e для холодных выбросов ($\Delta T \approx 0$) рассчитывается по формуле:

$$f_e = 800(\vartheta'_в)^3. \quad (3.6)$$

При этом $$\vartheta'_в = 1{,}3 \frac{\vartheta_г \cdot D}{H}. \quad (3.7)$$

Безразмерный коэффициент m:

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{f} + 0{,}34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100, \quad (3.8)$$

$$m = \frac{1{,}47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100, \quad (3.9)$$

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычисляется при $f_e = f$.

Коэффициент n определяется в зависимости от параметра $\vartheta_в$:

при $\vartheta_в < 0{,}5$ $n = 4{,}4\ \vartheta_в$;

при $0{,}5 \leq \vartheta_в < 2$ $n = 0{,}532\ \vartheta_в^2 - 2{,}13\ \vartheta_в + 3{,}13$;

при $\vartheta_в \geq 2$ $n = 1$.

Значения наибольшей концентрации каждого вредного вещества в приземном слое атмосферы C_{max} не должны превышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации данного вредного вещества в атмосферном воздухе ПДК$_{м.р.}$:

$$C_{max} \leq \text{ПДК}_{м.р.}. \quad (3.10)$$

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным характером действия, их суммарная концентрация не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \ldots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (3.11)$$

где C_1, C_2, ..., C_n – фактическая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3;

$ПДК_1$, $ПДК_2$, … $ПДК_n$ – соответствующие максимальные разовые предельно допустимые концентрации соответствующих вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3.

Расстояние $x_{C_{max}}$, на котором образуется максимальная концентрация вредных веществ по оси факела, м

$$x_{C_{max}} = \left[\frac{5 - F}{4}\right] d \cdot H, \quad (3.12)$$

где d – безразмерный коэффициент, значение которого для нагретых выбросов определяется по формулам:

при $\vartheta_в \le 0{,}5$ $\quad d = 2{,}48\cdot(1 + 0{,}28\sqrt[3]{f_e})$;

при $0{,}5 < \vartheta_в \le 2$ $\quad d = 4{,}95\vartheta_в\cdot(1 + 0{,}28\sqrt[3]{f})$;

при $\vartheta_в > 2$ $\quad d = 7\sqrt{\vartheta_в}\cdot(1 + 0{,}28\sqrt[3]{f})$.

Для холодных выбросов:

при $\vartheta'_в \le 0{,}5$ $\quad d = 5{,}7$;

при $0{,}5 < \vartheta'_в \le 2$ $\quad d = 11{,}4\vartheta'_в$;

при $\vartheta'_в > 2$, $\quad d = 16\sqrt{\vartheta'_в}$.

Для построения зависимости *C(x)* необходимо рассчитать значение концентрации вредных веществ в атмосфере на различных расстояниях x от источника выброса по оси факела. В практической работе студенты задаются двумя значениями x меньше $x_{C_{\max}}$ и двумя значениями x больше $x_{C_{\max}}$. Концентрация вредных веществ в атмосфере на заданных расстояниях x от источника выброса

$$C_x = S \cdot C_{\max}\,, \tag{3.13}$$

где S – безразмерная величина, определяемая в зависимости от отношения $x/x_м$ и коэффициента F:

при $x/x_{C_{\max}} \le 1$ $\quad S = 3(x/x_{C\max})^4 - 8(x/x_{C\max})^3 + 6(x/x_{C\max})^2$;

при $1 < x/x_{C_{\max}} \le 8$ $\quad S = \dfrac{1{,}13}{0{,}13(x / x_{C\,max})^2 + 1}$;

при $x/x_{C_{\max}} > 8$ и $F \le 1{,}5$ $\quad S = \dfrac{x / x_{C\max}}{3{,}58(x / x_{C\max})^2 - 35{,}2(x / x_{C\max}) + 120}$;

при $x/x_{C_{\max}} > 8$ и $F > 2$, $\quad S = \dfrac{1}{0{,}1(x / x_{C\max})^2 + 2{,}47(x / x_{C\max}) - 17{,}8}$.

По рассчитанным точкам строится зависимость *C(x)*.

Предельно допустимый выброс вредного вещества в атмосферу (ПДВ, г/с), при котором его максимальная концентрация в приземном слое воздуха не превышает $ПДК_{м.р.}$

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{м.р.} - C_ф)\cdot M}{C_{\max}}, \tag{3.14}$$

где $C_ф$ – фоновая концентрация вредного вещества, мг/м^3. При выполнении расчетов принять $C_ф = 0$.

Минимальная высота $H_{\min}$ источника выброса, при которой максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое не превышает $ПДК_{м.р.}$ определяется по формулам:

- для нагретых выбросов

$$H_{\min} = \left(\frac{A\cdot M\cdot F\cdot \eta}{(ПДК_{м.р.} - C_ф)\cdot \sqrt[3]{Q\cdot \Delta T}}\right)^{0{,}5} = H\left(\frac{C_{\max}}{m\cdot n\cdot (ПДК_{м.р.} - C_ф)}\right)^{0{,}5}; \tag{3.15}$$

- для холодных выбросов

$$H_{\min} = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot \eta}{8Q \cdot (\text{ПДК}_{\text{м.р.}} - C_{\text{ф}})}\right)^{3/4} = H\left(\frac{C_{\max}}{n \cdot (\text{ПДК}_{\text{м.р.}} - C_{\text{ф}})}\right)^{3/4}. \quad (3.16)$$

Варианты заданий для выполнения практической работы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения практической работы № 3

Номер варианта	Вредное вещество	A	η	H, м	$T_{\text{г}}$, °С	$T_{\text{в}}$, °С	D, м	$\vartheta_{\text{г}}$, м/с	M, г/с	$\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$, мг/м^3
1	SO_2	250	1,0	25	105	25	1,2	8	8	0,5
2	SO_2	250	1,0	30	85	27	1,0	12	10	0,5
3	SO_2	250	1,0	35	110	25	1,4	9	12	0,5
4	SO_2	250	1,0	25	20	20	1,3	8	11	0,5
5	SO_2	250	1,0	40	105	28	1,2	10	14	0,5
6	SO_2	180	1,0	30	120	30	1,0	12	10	0,5
7	NO_2	180	1,0	40	95	30	1,2	10	10	0,085
8	NO_2	180	1,0	25	120	30	1,4	8	6	0,085
9	NO_2	180	1,0	30	75	25	0,8	11	8	0,085
10	NO_2	180	1,0	40	115	30	1,0	10	5	0,085
11	NO_2	200	1,0	35	100	25	1,2	9	12	0,085
12	NO_2	200	1,0	30	125	25	1,5	7	8	0,085
13	NO	200	1,0	35	110	20	1,3	7	10	0,6
14	NO	200	1,0	20	100	23	1,2	7	13	0,6
15	NO	200	1,0	20	120	26	1,2	12	11	0,6
16	NO	160	1,0	35	95	18	1,4	8	9	0,6
17	NO	160	1,0	25	100	24	1,3	9	10	0,6
18	NO	160	1,0	40	20	20	1,5	7	10	0,6
19	CO	160	1,0	20	25	25	1,0	6	8	3,0
20	CO	160	1,0	20	70	23	1,2	9	12	3,0

Оформление отчета по практической работе

В отчете по практической работе необходимо представить:

- исходные данные для расчета;

- расчеты максимальной концентрации вредного вещества $C_{\max}$ в приземном слое атмосферы, расстояния $x_{C\max}$, на котором образуется максимальная концентрация вредного вещества, предельно допустимого выброса вредного вещества в атмосферу ПДВ и минимальной высоты источника выброса $H_{\min}$;

- зависимость *C(x)*;

- выводы о соблюдении или не соблюдении предприятием экологических требований на основании сравнения рассчитанного значения $C_{\max}$ с $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ данного вредного вещества, фактического выброса вредного вещества M с ПДВ, рассчитанного значения минимальной высоты источника выброса $H_{\min}$ с фактической высотой трубы H;

- рекомендации по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ СТАЦИОНАРНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Цель работы: освоение методики расчета платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками.

Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» одним из основных принципов охраны окружающей среды является платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде.

Объект, распространяющий загрязняющие атмосферу вещества, называется источником выброса вредных (загрязняющих) веществ в атмосферу. Источники выбросов вредных веществ подразделяются на стационарные и передвижные.

Под *стационарным источником* понимается источник выброса, местоположение которого определено с применением единой государственной системы координат или который может быть перемещен посредством передвижного источника.

Передвижной источник – транспортное средство, двигатель которого при его работе является источником выброса.

С 1 января 2015 г. плата за негативное воздействие на атмосферный воздух взимается только за выбросы загрязняющих веществ стационарными источниками.

Выброс вредных веществ в атмосферный воздух допускается на основании специального документа – разрешения на выброс вредных (загрязняющих) веществ.

В указанном разрешении на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками устанавливаются предельно допустимые выбросы (ПДВ) и др. условия, обеспечивающие охрану атмосферного воздуха.

Предельно допустимый выброс – норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который определяется как объем или масса химического вещества либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатель активности радиоактивных веществ, допустимый для выброса в атмосферный воздух стационарным источником и (или) совокупностью стационарных источников, и при соблюдении которого обеспечивается выполнение требований в области охраны атмосферного воздуха.

В случае невозможности соблюдения предельно допустимых выбросов хозяйствующим субъектом, имеющим источники выброса вредных веществ в атмосферный воздух, территориальные органы Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по согласованию с территориальными органами Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и бла-

гополучия человека могут устанавливать для таких источников временно согласованные выбросы (ВСВ), которые вносятся в соответствующее разрешение.

Временно согласованный выброс – временный лимит выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории в целях поэтапного достижения установленного предельно допустимого выброса.

Размер платежей природопользователей за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками определяется как сумма платежей за загрязнение:

• в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов загрязняющих веществ;

• в пределах установленных лимитов выбросов загрязняющих веществ;

• за сверхлимитное загрязнение воздуха.

Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» плата за негативное воздействие на атмосферный воздух исчисляется лицами, обязанными вносить плату, самостоятельно путем умножения величины платежной базы по каждому загрязняющему веществу, включенному в перечень загрязняющих веществ на соответствующие ставки указанной платы с применением коэффициентов и суммирования полученных величин.

Платежной базой для исчисления платы за негативное воздействие на атмосферный воздух является объем или масса выбросов загрязняющих веществ в отчетном периоде. Отчетным периодом в отношении внесения платы за негативное воздействие на окружающую среду признается календарный год.

Ставки платы за негативное воздействие на атмосферный воздух устанавливаются за выбросы загрязняющих веществ в отношении каждого загрязняющего вещества, включенного в перечень загрязняющих веществ.

Постановлением правительства РФ № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» от 13 сентября 2016 г. утверждены новые ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на 2016, 2017, 2018 годы. В отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду применяются с использованием *дополнительного коэффициента 2*. Новые ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительный коэффициент к ним применяются при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду с 1 января 2016 г.

Из суммы платы за негативное воздействие на окружающую среду вычитаются затраты на реализацию мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду, фактически произведенные лицами, обязанными вносить плату, в пределах исчисленной платы за негативное воздействие на окружающую среду.

С 1 января 2016 г. до 31 декабря 2019 г. при исчислении платы за негатив-

ное воздействие на окружающую среду к ставкам указанной платы за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух применяются следующие коэффициенты:

- ✓ 1 – за объем или массу выбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых выбросов;
- ✓ 5 – за объем или массу выбросов загрязняющих веществ в пределах временно разрешенных выбросов на период реализации плана мероприятий по охране окружающей среды или программы повышения экологической эффективности;
- ✓ 25 – за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В соответствии с постановлением правительства РФ от 03.03.2017 г. № 255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» размер платы за выбросы загрязняющих веществ *в пределах (равных или менее) нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ* $П_{НДатм}$ определяется по формуле:

$$П_{НДатм} = \sum_{i=1}^{n} М_{НДiатм} \cdot Н_{ПЛiатм} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{НД} , \quad (4.1)$$

где *i* –загрязняющее вещество, *i* = 1, 2, 3 … *n*;

$М_{НДiатм}$ – платежная база за выбросы *i*-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как масса или объем выбросов загрязняющих веществ в количестве равном либо менее установленных нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ, т ($м^3$);

$Н_{ПЛiатм}$ – ставка платы за выброс *i*-го загрязняющего вещества в атмосферный воздух, руб./т (руб./$м^3$);

$К_{ОТ}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2;

$К_{НД}$ – коэффициент к ставкам платы за выброс *i*-го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых выбросов, равный 1.

Размер платы за выбросы загрязняющих веществ *в пределах установленных лимитов* $П_{ВРатм}$ осуществляется следующим образом:

$$П_{ВРатм} = \sum_{i=1}^{n} М_{ВРiатм} \cdot Н_{ПЛiатм} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{ВР} , \quad (4.2)$$

где $М_{ВРiатм}$ – платежная база за выброс *i*-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом выбросов загрязняющих веществ в количестве, равном либо менее лимитов на выбросы, и массой или объемом выбросов загрязняющих веществ в пределах установленных нормативов допустимых выбросов, т ($м^3$);

$К_{ВР}$ – коэффициент к ставкам платы за выброс *i*-го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов на выбросы на период реализации плана снижения выбросов, равный 5.

Расчет платы *при превышении выбросов загрязняющих веществ, установленных в разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух* $П_{СРатм}$, осуществляется по формуле

$$П_{СРатм} = \sum_{i=1}^{n} М_{СРiатм} \cdot Н_{ПЛiатм} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{СР}\ , \qquad (4.3)$$

где $М_{СРiатм}$ – платежная база за выброс *i*-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом выбросов загрязняющих веществ в количестве, превышающем установленные в соответствующих разрешениях выбросы загрязняющих веществ, и массой или объемом лимитов на выбросы либо, при их отсутствии, нормативно допустимых выбросов загрязняющих веществ, т ($м^3$);

$К_{СР}$ – коэффициент к ставкам платы за выброс *i*-го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, равный 25.

В случае отсутствия в разрешении на выбросы загрязняющих веществ согласованных лимитов (ВСВ) превышение фактического выброса загрязняющего вещества над утвержденным значением норматива (ПДВ) считается сверхлимитным выбросом.

Сумма платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками $П_{атм}$ определяется следующим образом:

$$П_{атм} = П_{НДатм} + П_{ВРатм} + П_{СРатм}. \qquad (4.4)$$

Не позднее 10-го марта года, следующего за отчетным периодом, лица, обязанные вносить плату, представляют администратору платы по месту учета объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, объекта размещения отходов производства и потребления, декларацию о плате. В разделе 1 декларации указываются результаты расчета суммы платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными объектами (приложение А).

Варианты заданий для выполнения практической работы приведены в приложении Б.

Оформление отчета по практической работе

Отчет по практической работе должен содержать:

- исходные данные для расчета;
- расчет платы за выбросы загрязняющих веществ;
- результаты расчета платы за выбросы загрязняющих веществ в виде таблицы из приложения А;
- выводы по работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Цель работы: знакомство с Водным кодексом Российской Федерации и оценка воздействия горных предприятий на гидросферу.

Основным законодательным актом, регулирующим использование и охрану водных ресурсов, является Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ. Водный кодекс состоит из 7 глав и 69 статей.

В *главе 1* «Общие положения» содержатся основные понятия, используемые в законе, приведены законодательные документы, регулирующие отношения в области охраны водных ресурсов, перечислены принципы, на которых основывается водное законодательство, перечислены объекты, относящиеся к поверхностным и подземным водным объектам, водным объектам общего пользования.

Глава 2 регулирует право собственности на водные объекты, право пользования и прекращение права пользования водными объектами.

Согласно *главе 3* предоставление водных объектов в пользование осуществляется на основании договоров водопользования, на основании решений о предоставлении водных объектов в пользование либо без таковых.

В *главе 4* «Управление в области использования и охраны водных объектов» перечислены полномочия органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления в области водных отношений, дано понятие о бассейновых округах и бассейновых советах.

Ст. 30 посвящена государственному мониторингу водных объектов, который представляет собой систему наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических лиц, юридических лиц.

Информация о водных объектах сводится в государственный водный реестр, представляющий собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, об их использовании, о речных бассейнах, о бассейновых округах.

Водохозяйственные мероприятия и мероприятия по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов, осуществляются на основании схемы комплексного использования и охраны водных объектов (ст. 33), включающей в себя систематизированные материалы о состоянии водных объектов и об их использовании.

Поддержание поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства, обеспечивается путем установления и соблюдения нормативов допустимого воздействия на водные объекты (ст. 35).

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты разрабатывают-

ся на основании предельно допустимых концентраций химических веществ, радиоактивных веществ, микроорганизмов и др. показателей качества воды в водных объектах.

Ст. 36 посвящена организации государственного надзора в области использования и охраны водных объектов.

В главе 5 «Водопользование» перечислены цели водопользования, виды водопользования, права и обязанности собственников водных объектов и водопользователей, основные требования к использованию водных объектов.

В *главе 6* содержатся основные требования к охране водных объектов от загрязнения и засорения.

Глава 7 регулирует ответственность за нарушение водного законодательства. Ст. 68 предусмотрена административная, уголовная ответственность за нарушение водного законодательства в соответствии с законодательством Российской Федерации. Лица, причинившие вред водным объектам, обязаны возместить его добровольно или в судебном порядке.

Оформление отчета по практической работе

После изучения Водного кодекса РФ в отчете по практической работе следует привести ответы на следующие вопросы:

1. Дайте определение сточных вод.
2. Какие принципы водного законодательства на ваш взгляд наиболее важны с точки зрения деятельности горнопромышленного предприятия?
3. На основании каких документов водные объекты предоставляются в пользование?
4. Какова роль нормирования в области охраны водных ресурсов?
5. Что такое бассейновые округа и бассейновые советы?
6. Для чего проводится государственный мониторинг водных объектов?
7. С какой целью разрабатываются схемы комплексного использования и охраны водных объектов?
8. Что подразумевается под водоохранной зоной?
9. Как в соответствии с водным законодательством предприятие может осуществлять сброс сточных вод?
10. Приведите примеры негативного воздействия горных предприятий на водные ресурсы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА СБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Цель работы: освоение методики расчета платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты.

Согласно Водному Кодексу РФ сброс загрязняющих веществ в составе сточных и дренажных вод осуществляется субъектами хозяйственной деятельности на основе соответствующего разрешения, в котором указываются место

сброса, объем допустимых сбросов и требования к качеству воды в водных объектах в местах сброса сточных и дренажных вод.

Под *сточными водами* понимают дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и др. воды, отведение (сброс) которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади.

Согласно ФЗ от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ *нормативы допустимых сбросов* (НДС) – нормативы сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для сброса в водные объекты стационарными источниками.

При невозможности соблюдения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов могут устанавливаться лимиты на сбросы (временно согласованные сбросы (ВСС)) на основе соответствующих разрешений, действующих только в период проведения природоохранных мероприятий с учетом поэтапного достижения установленных нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов.

Лимиты на сбросы – ограничения сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды.

Размер платежей природопользователей за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты определяется как сумма платежей за загрязнение:

• в размерах, не превышающих установленные нормативы допустимых сбросов загрязняющих веществ;

• в пределах установленных лимитов на сбросы загрязняющих веществ;

• за сверхлимитное загрязнение окружающей природной среды.

Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» плата за негативное воздействие на гидросферу исчисляется лицами, обязанными вносить плату, самостоятельно путем умножения величины платежной базы по каждому загрязняющему веществу, включенному в перечень загрязняющих веществ на соответствующие ставки указанной платы с применением коэффициентов и суммирования полученных величин.

Платежной базой для исчисления платы за негативное воздействие на водные объекты является объем или масса сбросов загрязняющих веществ в отчетном периоде. Отчетным периодом в отношении внесения платы за негативное воздействие на окружающую среду признается календарный год.

Ставки платы за негативное воздействие на гидросферу устанавливаются за сбросы загрязняющих веществ в отношении каждого вещества, включенного в перечень загрязняющих веществ.

Постановлением правительства РФ № 913 «О ставках платы за негатив-

ное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» от 13 сентября 2016 г. утверждены новые ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на 2016, 2017, 2018 годы. В отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду применяются с использованием *дополнительного коэффициента 2*. Новые ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительный коэффициент к ним применяются при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду с 1 января 2016 г.

Из суммы платы за негативное воздействие на окружающую среду вычитаются затраты на реализацию мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду, фактически произведенные лицами, обязанными вносить плату, в пределах исчисленной платы за негативное воздействие на окружающую среду.

С 1 января 2016 г. до 31 декабря 2019 г. при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду к ставкам указанной платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты применяются следующие коэффициенты:

- ✓ 1 – за объем или массу сбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых сбросов;
- ✓ 5 – за объем или массу сбросов загрязняющих веществ в пределах временно разрешенных сбросов на период реализации плана мероприятий по охране окружающей среды или программы повышения экологической эффективности;
- ✓ 25 – за объем или массу сбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на сброс загрязняющих веществ в окружающую среду.

В соответствии с постановлением правительства РФ от 03.03.2017 г. № 255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» плата за сбросы загрязняющих веществ в размерах, *не превышающих установленные природопользователю нормативы допустимых сбросов* $П_{НДвод}$, определяется следующим образом:

$$П_{НДвод} = \sum_{i=1}^{n} \cdot М_{НДiвод} \cdot Н_{ПЛiвод} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{НД} \cdot К_{П}, \qquad (6.1)$$

где i –загрязняющее вещество, $i = 1, 2, 3 \ldots n$;

$М_{НДiатм}$ – платежная база за сбросы i-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как масса или объем сбросов загрязняющих веществ в количестве равном либо менее установленных нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ, т ($м^3$);

$Н_{ПЛiатм}$ – ставка платы за сброс i-го загрязняющего вещества, руб./т (руб./ $м^3$);

$К_{ОТ}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2;

$К_{НД}$ – коэффициент к ставкам платы за сброс i-го загрязняющего вещества

за объем или массу сбросов загрязняющих веществ в пределах нормативов допустимых сбросов, равный 1.

$К_П$ – коэффициент пересчета ставки платы по взвешенным веществам, определяемый как величина, обратная сумме допустимого увеличения содержания взвешенных веществ при сбросе сточных вод к фону водоема и фоновой концентрации взвешенных веществ в воде водного объекта, принятой при установлении нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ:

$$К_П = 1/(C_{доп} + C_ф), \quad (6.2)$$

где $C_{доп}$ – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ для водного объекта, мг/дм^3;

$C_ф$ – фоновая концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта, использованная при расчете предельно допустимого сброса, мг/дм^3.

Значение допустимого увеличения содержания взвешенных веществ $C_{доп}$ для водного объекта является нормируемым параметром и принимается равным:

• для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение 1 (первой) категории, а также для водных объектов, использующихся для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения – 0,25 мг/дм^3;

• для водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение 2 (второй) категории, а также водных объектов, использующихся в черте населенных мест (за исключением использования для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения) – 0,75 мг/дм³.

Плата за сброс загрязняющих веществ *в пределах установленных лимитов на сбросы* ($П_{ВРвод}$) рассчитывается следующим образом:

$$П_{ВРвод} = \sum_{i=1}^{n} \cdot М_{ВРiвод} \cdot Н_{ПЛiвод} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{ВР} \cdot К_П , \quad (6.3)$$

где $М_{ВРiвод}$ – платежная база за сброс *i*-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом сбросов загрязняющих веществ в количестве, равном либо менее лимитов на сбросы, и массой или объемом сбросов загрязняющих веществ в пределах установленных нормативов допустимых сбросов, т (м^3);

$К_{ВР}$ – коэффициент к ставкам платы за сброс *i*-го загрязняющего вещества за объем или массу сбросов загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов на сбросы на период реализации плана снижения сбросов, равный 5.

Плата за сброс загрязняющих веществ *при превышении сбросов загрязняющих веществ, установленных в разрешениях на сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду* $П_{СРвод}$ определяется по следующей формуле:

$$П_{СРвод} = \sum_{i=1}^{n} \cdot М_{СРiвод} \cdot Н_{ПЛiвод} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{СР} \cdot К_П, \quad (6.4)$$

где $М_{СРiвод}$ – платежная база за сброс *i*-го загрязняющего вещества, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом сбросов загрязняющих веществ в количестве, превышающем установленные в соответствующих разрешениях сбросы загрязняющих

веществ, и массой или объемом лимитов на сбросы либо при их отсутствии нормативно допустимых сбросов загрязняющих веществ, т ($м^3$);

$К_{СР}$ – коэффициент к ставкам платы за выброс *i*-го загрязняющего вещества за объем или массу выбросов загрязняющих веществ, превышающих установленные разрешениями на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, равный 25.

В случае отсутствия в разрешении на сбросы загрязняющих веществ в водные объекты согласованных лимитов (ВСС) превышение фактического сброса загрязняющего вещества над утвержденным природопользователю значением норматива (НДС) считается сверхлимитным сбросом.

Сумма платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты ($П_{вод}$) определяется следующим образом:

$$П_{вод} = П_{НДвод} + П_{ВРвод} + П_{СРвод}. \quad (6.5)$$

Результаты расчета платы за сбросы загрязняющих веществ включаются в раздел 2 «Расчет суммы платы по объекту негативного воздействия за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты» (приложение В) декларации о плате за негативное воздействие на окружающую среду, предоставляемой администратору платы по месту учета объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Варианты заданий для выполнения практической работы приведены в приложении Г.

Оформление отчета по практической работе

Отчет по практической работе должен содержать:

- исходные данные для расчета;
- расчет платы за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты;
- результаты расчета платы за сбросы загрязняющих веществ в виде таблицы из приложения В;
- выводы по работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7
ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Цель работы: знакомство с законом РФ «О недрах» от 21.02.1992 г.

Основным законодательным актом, регулирующим основы комплексного рационального использования и охраны недр является Закон РФ от 21.02.1992 г. № 2395-1 «О недрах».

Согласно закону «О недрах» *недра* являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения.

Закон «О недрах» состоит из 7 разделов и 52 статей.

В *разделе I* «Общие положения» приведены законодательные документы, регулирующие отношения в области использования и охраны недр. Раздел включает статьи об участках недр федерального значения, федеральном фонде резервных участков недр и участках недр местного значения.

Раздел II «Пользование недрами» включает статьи об участках недр, предоставляемых в пользование, об ограничении пользования недрами, о пользователях недр, сроках пользования участками недр, основаниях возникновения права пользования недрами, о лицензировании недропользования, правах и обязанностях пользователя недр.

Предоставление недр в пользование оформляется специальным государственным разрешением в виде лицензии, включающей установленной формы бланк с Государственным гербом РФ, а также текстовые, графические и иные приложения, являющиеся неотъемлемой составной частью лицензии и определяющие основные условия пользования недрами.

Выдача лицензий на пользование недрами осуществляется после проведения конкурса или аукциона на право пользования участками недр.

В *разделе III* «Рациональное использование и охрана недр» приведены требования по рациональному использованию и охране недр.

В *разделе IV* «Государственное регулирование отношений недропользования» обозначены задачи государственного регулирования отношений недропользования.

В *разделе V* «Платежи при пользовании недрами» рассмотрена система платежей при пользовании недрами.

При пользовании недрами уплачиваются следующие платежи:

1. Разовые платежи за пользование недрами при наступлении определенных событий, оговоренных в лицензии, включая разовые платежи, уплачиваемые при изменении границ участков недр, предоставленных в пользование;

2. Регулярные платежи за пользование недрами;

3. Сбор за участие в конкурсе (аукционе).

Кроме того, пользователи недр уплачивают другие налоги и сборы, установленные в соответствии с законодательством РФ о налогах и сборах.

Раздел VI регулирует ответственность за нарушение требований законодательства и порядок разрешения споров по вопросам пользования недрами. За нарушение законодательства в области недропользования устанавливается административная и уголовная ответственность в соответствии с законодательством РФ.

Согласно *разделу VII* «Международные договоры» в случае, если международным договором РФ установлены иные правила, чем предусмотренные законом РФ «О недрах», то применяются правила международного договора.

Оформление отчета по практической работе

После изучения закона РФ «О недрах» в отчете по практической работе следует привести ответы на следующие вопросы:

1. Что подразумевается под недрами согласно закону «О недрах»?

2. На основании какого документа недра предоставляются в пользование?

3. Для каких целей и на какой срок недра предоставляются в пользование?

4. Что входит в обязанности пользователя недр?

5. Сформулируйте основные требования по рациональному использованию и охране недр.

6. Что понимают под геологической информацией о недрах?

7. Что такое единый фонд геологической информации о недрах и каково его назначение?

8. Какова роль государственного надзора в области рационального недропользования и охраны недр?

9. Что такое государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых?

10. Какие платежи предусмотрены за пользование недрами?

11. Как, по Вашему мнению, должна быть организована деятельность горнопромышленного предприятия для соблюдения требований по рациональному использованию недр? Обоснуйте свой ответ.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ПЛАТЫ ЗА РАЗМЕЩЕНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Цель работы: освоение методики расчета платы за размещение отходов производства и потребления.

В соответствии с ФЗ № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и ФЗ № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» при размещении отходов взимается плата за негативное воздействие на окружающую среду.

Отходы производства и потребления – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с ФЗ «Об отходах производства и потребления».

В зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду отходы подразделяются на пять классов опасности:

I класс – чрезвычайно опасные отходы;

II класс – высокоопасные отходы;

III класс – умеренно опасные отходы;

IV класс – малоопасные отходы;

V класс – практически неопасные отходы.

Размещение отходов – это хранение и захоронение отходов. При этом *хранение отходов* – это складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения. *Захоронение отходов* – изоляция отходов, не подлежащих

дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду. В соответствии с требованиями действующего законодательства данный вид деятельности является лицензируемым.

Утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация).

Индивидуальные предприниматели и юридические лица, в процессе деятельности которых образуются отходы I -V классов опасности, обязаны осуществить отнесение соответствующих отходов к конкретному классу опасности для подтверждения такого отнесения в порядке, установленном уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти. На отходы I-IV классов опасности должен быть составлен и утвержден паспорт.

Внесение платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов (за исключением твердых коммунальных отходов) осуществляется индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, в процессе осуществления деятельности которых образуются отходы. Плательщиками платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении твердых коммунальных отходов являются операторы по обращению с твердыми коммунальными отходами, региональные операторы, осуществляющие деятельность по их размещению.

Применительно к индивидуальным предпринимателям, юридическим лицам, в процессе деятельности которых образуются отходы, устанавливаются *нормативы образования отходов и лимиты* на их размещение. Лимиты на размещение отходов устанавливаются в соответствии с нормативами предельно допустимых воздействий на окружающую среду.

Класс опасности конкретного вида (наименования) отходов определяется по его коду в каталоге (ФККО), утвержденном приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 18 июля 2014 г. № 445 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов».

Код каждого вида отходов в ФККО имеет 11-значную структуру. Первые восемь знаков кода используются для кодирования происхождения отходов и их состава, девятый и десятый знаки – для кодирования агрегатного состояния и физической формы. Одиннадцатый знак показывает класс опасности отхода в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду: цифра «1» обозначает I класс опасности; «2» – II класс опасности и т.д. Если в одиннадцатом знаке кода стоит «0», то мы имеем дело с блоком, типом, подтипом, группой, подгруппой отходов.

Согласно ст. 16.3 ФЗ «Об охране окружающей среды» плата за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов производства и потребления исчисляется лицами, обязанными вносить плату, самостоятельно

путем умножения величины платежной базы по классу опасности отходов производства и потребления на соответствующие ставки указанной платы с применением коэффициентов и суммирования полученных величин.

Платежной базой для исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов производства и потребления является объем или масса размещенных в отчетном периоде отходов. Отчетным периодом в отношении внесения платы за негативное воздействие на окружающую среду признается календарный год.

Ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду устанавливаются за размещение отходов производства и потребления по классу их опасности.

Постановлением правительства РФ № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» от 13 сентября 2016 г. утверждены новые ставки платы на 2016, 2017, 2018 годы. В отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду применяются с использованием *дополнительного коэффициента 2*. Новые ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительный коэффициент к ним применяются при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду с 1 января 2016 г.

Из суммы платы за негативное воздействие на окружающую среду вычитаются затраты на реализацию мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду, фактически произведенные лицами, обязанными вносить плату, в пределах исчисленной платы за негативное воздействие на окружающую среду.

С 1 января 2016 г. до 31 декабря 2019 г. при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду к ставкам указанной платы за размещение отходов производства и потребления применяются следующие коэффициенты:

- ✓ 0 – за объем или массу отходов производства и потребления, подлежащих накоплению и использованных в собственном производстве в соответствии с технологическим регламентом либо переданных для использования в течение срока, предусмотренного законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами;
- ✓ 1 – за объем или массу размещенных отходов производства и потребления в пределах лимитов на их размещение, а также в соответствии с отчетностью об образовании, использовании, обезвреживании и о размещении отходов производства и потребления, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами;
- ✓ 5 – за объем или массу отходов производства и потребления, размещенных с превышением установленных лимитов на их размещение, а также с превышением объема или массы отходов производства и потребления, указанных в отчетности об образовании, использовании, обезвреживании и о разме-

щении отходов производства и потребления, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами.

В соответствии с постановлением правительства РФ от 03.03.2017 г. № 255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» определение размера платы за размещение отходов *в пределах установленных природопользователю лимитов*, а также в соответствии с отчетностью об образовании, утилизации, обезвреживании и размещении отходов, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства согласно законодательству РФ в области обращения с отходами ($П_{Лотх}$) осуществляется следующим образом:

$$П_{Лотх} = \sum_{j=1}^{5} М_{Лjотх} \cdot Н_{ПЛjотх} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{Л} \cdot К_{СТ}\ , \qquad (8.1)$$

где *j* – класс опасности отходов (1–5);

$М_{Лjотх}$ – платежная база за размещение отходов *j*-го класса опасности, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как масса или объем размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов на размещение отходов, т ($м^3$);

$Н_{ПЛjотх}$ – ставка платы за размещение отходов *j*-го класса опасности в соответствии с постановлением № 913, руб./т (руб./$м^3$);

$К_{ОТ}$ – дополнительный коэффициент к ставкам платы в отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, равный 2;

$К_{Л}$ – коэффициент к ставке платы за размещение отходов *j*-го класса опасности за объем или массу отходов производства и потребления, размещенных в пределах лимитов на их размещение, а также в соответствии с отчетностью об образовании, использовании, обезвреживании и о размещении отходов производства и потребления, представляемой в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами, равный 1;

$К_{СТ}$ – стимулирующий коэффициент к ставке платы за размещение отходов *j*-го класса опасности, принимаемый в соответствии с пунктом 6 ст. 16.3 ФЗ «Об охране окружающей среды».

Размер платы *за размещение отходов с превышением установленных лимитов на их размещение*, а также при выявлении превышения фактических значений размещенных отходов над указанными в отчетности об образовании, утилизации, обезвреживании и о размещении отходов производства и потребления, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства в соответствии с законодательством РФ в области обращения с отходами ($П_{СЛотх}$), определяется по формуле:

$$П_{СЛотх} = \sum_{j=1}^{5} М_{СЛjотх} \cdot Н_{ПЛjотх} \cdot К_{ОТ} \cdot К_{СТ} \cdot К_{СЛ}\ , \qquad (8.2)$$

где $М_{СЛjотх}$ – платежная база за размещение отходов *j*-го класса опасности, определяемая лицом, обязанным вносить плату, за отчетный период как разница между массой или объемом размещенных отходов и массой или объемом установленных лимитов на их размещение, т ($м^3$);

$К_{СЛ}$ – коэффициент к ставке платы за размещение отходов *j*-го класса опасности за объем или массу отходов, размещенных с превышением установленных лимитов на их размещение, а также с превышением объема или массы отходов, указанных в отчетности об образовании, использовании, обезвреживании и размещении отходов производства и потребления, представляемой субъектами малого и среднего предпринимательства в соответствии с законодательством Российской Федерации в области обращения с отходами, равный 5.

В целях стимулирования юридических и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность, к проведению мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов к ставкам такой платы применяются следующие коэффициенты $К_{ст}$:

- ✓ 0 – при размещении отходов V класса опасности добывающей промышленности посредством закладки искусственно созданных полостей в горных породах при рекультивации земель и почвенного покрова (в соответствии с разделом проектной документации «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» и (или) техническим проектом разработки месторождения полезных ископаемых);
- ✓ 0,3 – при размещении отходов производства и потребления, которые образовались в собственном производстве, в пределах установленных лимитов на их размещение на объектах размещения отходов, принадлежащих юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю на праве собственности либо ином законном основании и оборудованных в соответствии с установленными требованиями;
- ✓ 0,5 – при размещении отходов IV, V классов опасности, которые образовались при утилизации ранее размещенных отходов перерабатывающей и добывающей промышленности;
- ✓ 0,67 – при размещении отходов III класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов II класса опасности;
- ✓ 0,49 – при размещении отходов IV класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов III класса опасности;
- ✓ 0,33 – при размещении отходов IV класса опасности, которые образовались в процессе обезвреживания отходов II класса опасности.

Сумма платы за размещение отходов производства и потребления ($П_{отх}$):

$$П_{отх} = П_{Лотх} + П_{СЛотх}. \quad (8.3)$$

Результаты расчета платы за сбросы загрязняющих веществ включаются в раздел 3 «Расчет суммы платы при размещении отходов производства и потребления» (приложение Д) декларации о плате за негативное воздействие на окружающую среду, форма которой утверждена приказом от 9 января 2017 г. № 3 «Об утверждении порядка представления декларации о плате за негативное воздействие на окружающую среду и ее формы». Декларация предоставляется администратору платы по месту учета объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Варианты заданий для выполнения практической работы приведены в приложении Е.

Оформление отчета по практической работе

Отчет по практической работе должен содержать:

- исходные данные для расчета;
- расчет платы за размещение отходов горного предприятия;
- результаты расчета платы за размещение отходов в виде таблицы из приложения Д;
- выводы по работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ.

Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах».

Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86) (утв. Госкомгидрометом СССР 04.08.1986 № 192)

Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 июля 2014 г. № 445 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов».

Приказ от 9 января 2017 г. № 3 «Об утверждении порядка представления декларации о плате за негативное воздействие на окружающую среду и ее формы».

Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

Постановление Правительства РФ от 03.03.2017 г. № 255 «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» (вместе с «Правилами исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду»).

ФЗ от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

Федеральный закон от 04 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».

ФЗ от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

ФЗ от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Приложение А

Раздел 1. Расчет суммы платы по объекту негативного воздействия за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными объектами

Категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду _____

Наименование объекта _____

Код объекта _____

Адрес места нахождения объекта _____

Разрешение на выброс вредных (загрязняющих) веществ
в атмосферный воздух от_____ №_____ Срок действия_____

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Установлены, тонны		Фактический выброс загрязняющего вещества, всего тонн	в том числе:			Ставка платы, руб./тонну, (Нпл)	Коэффициент к ставке платы за выброс			Доп. коэф., Кот(ов)	Сумма платы (рублей) за			Сумма платы, всего рублей
		ПДВ, НДВ	ВСВ (лимит), ВРВ		ПДВ, НДВ	ВСВ (лимит), ВРВ	сверх ВСВ (лимита), ВРВ		в пределах ПДВ (Кнд)	в пределах ВСВ (Квр)	сверхлимит, Кср/Кпр		ПДВ, НДВ	ВСВ (лимит), ВРВ	сверх ВСВ (лимита), ВРВ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Стационарный источник _____№ ОКТМО стационарного источника															
Итого:		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	Стационарный источник _____№ ОКТМО стационарного источника															
Итого:		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Итого по стационарным источникам		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Всего по всем стационарным источникам по тем загрязняющим веществам, по которым осуществляется корректировка размера платы,		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
в том числе		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Достоверность и полноту сведений, указанных на данной странице, подтверждаю:

Исполнитель _____ (подпись, ф. и. о.)

☐☐ ☐☐ ☐☐☐☐ цифрами: день, месяц, год

Приложение Б

Исходные данные для выполнения практической работы № 4

№ варианта	Загрязняющие вещества	ПДВ, т	ВСВ, т	Фактический выброс, т	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
1	Диоксид серы	57	-	53	нет	100
	Взвешенные вещества	23	30	32		
	Оксид углерода	220	-	215		
	Оксид азота	600	750	770		
	Сероуглерод	50	-	45		
2	Пыль неорганическая: 20-70 % диоксида кремния	6,5	7,5	7,8	да	-
	Диоксид серы	1,5	2,5	2,0		
	Оксид углерода	7,5	9,0	8,5		
	Оксид азота	0,4	-	0,2		
	Сероуглерод	2,0	-	1,5		
3	Диоксид серы	7,5	10,0	11,0	да	30
	Оксид углерода	2,2	-	3,5		
	Оксид азота	8,0	10,0	9,5		
	Медь	1,0	-	0,9		
	Свинец	1,0	-	0,7		
4	Оксид углерода	65,5	67,5	66,5	да	-
	Оксиды азота	42,6	45,0	46,5		
	Диметилбензол	2,12	-	2,14		
	Метилбензол	1,88	-	1,87		
	Бутилацетат	1,06	-	1,05		
5	Оксид углерода	65,5	67,5	67,0	нет	-
	Оксиды азота	42,6	-	44,5		
	Метилбензол	1,88	-	1,98		
	Бутилацетат	1,06	-	1,05		
	Этилацетат	1,23	-	1,23		
6	Серная кислота	0,5	-	0,8	да	-
	Диоксид азота	4,03	-	3,80		
	Оксид азота	0,65	0,85	0,80		
	Марганец и его соединения	0,024	-	0,03		
	Оксид углерода	8,6	-	4,5		

Приложение Б (продолжение)

№ варианта	Загрязняющие вещества	ПДВ, т	ВСВ, т	Фактический выброс, т	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
7	Серная кислота	0,5	0,6	0,65	да	-
	Диоксид азота	4,03	-	2,0		
	Аммиак	1,76	2,00	2,30		
	Марганец и его соединения	0,024	-	0,02		
	Фториды газообразные	0,3	-	0,5		
8	Бенз(а)пирен	0,0048	-	0,0050	да	50
	Хром	0,005	-	0,004		
	Диоксид азота	4,03	4,60	4,45		
	Аммиак	1,76	-	2,00		
	Пыль неорганическая: более 70 % диоксида кремния	0,20	-	0,15		
9	Бенз(а)пирен	0,0048	0,0051	0,0050	нет	-
	Хром	0,005	-	0,006		
	Диоксид азота	4,03	-	4,52		
	Аммиак	1,76	-	1,60		
	Пыль неорганическая: более 70 % диоксида кремния	0,20	-	0,17		
10	Марганец и его соединения	0,024	-	0,028	да	-
	Фториды твердые	0,085	-	0,08		
	Фториды газообразные	0,307	-	0,28		
	Диоксид азота	4,03	4,90	4,90		
	Диоксид серы	0,016	0,020	0,019		
11	Диоксид серы	57	-	54	нет	150
	Взвешенные вещества	23	33	34		
	Оксид углерода	220	-	215		
	Оксид азота	550	570	565		
	Сероуглерод	50	-	55		

Приложение Б (продолжение)

№ варианта	Загрязняющие вещества	ПДВ, т	ВСВ, т	Фактический выброс, т	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
12	Диоксид серы	55	-	57	да	200
	Взвешенные вещества	23	30	27		
	Оксид углерода	220	-	212		
	Оксид азота	600	750	720		
	Сероуглерод	50	-	44		
13	Пыль неорганическая: 20-70 % диоксида кремния	6,8	-	6,3	да	-
	Диоксид серы	2,0	2,5	3,0		
	Оксид углерода	7,5	9,0	9,4		
	Оксид азота	0,4	-	0,3		
	Сероуглерод	1,0	-	0,2		
14	Диоксид серы	7,5	10,0	10,5	нет	50
	Оксид углерода	2,5	-	2,5		
	Оксид азота	9,0	-	8,7		
	Медь	1,0	1,2	1,1		
	Свинец	1,0	-	1,1		
15	Оксид углерода	75,5	-	73,2	да	-
	Оксид азота	62,6	65,0	67		
	Диметилбензол	4,1	4,3	4,15		
	Метилбензол	4,0	-	4,8		
	Бутилацетат	3,1	-	3,05		
16	Оксид углерода	53	-	54	да	-
	Оксиды азота	42,6	-	41,5		
	Метилбензол	1,9	-	1,9		
	Бутилацетат	1,06	1,3	1,2		
	Этилацетат	1,23	-	1,4		

Приложение Б (окончание)

№ варианта	Загрязняющие вещества	ПДВ, т	ВСВ, т	Фактический выброс, т	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
17	Серная кислота	1,5	-	1,3	да	-
	Диоксид азота	6,1	-	6,4		
	Оксид азота	1,65	1,90	1,85		
	Марганец и его соединения	0,20	0,30	0,25		
	Оксид углерода	19,6	-	19,0		
18	Серная кислота	0,5	0,6	0,7	да	-
	Диоксид азота	4,03	-	3,3		
	Аммиак	1,76	2,00	1,9		
	Марганец и его соединения	0,024	-	0,026		
	Фториды газообразные	0,3	-	0,3		
19	Бенз(а)пирен	0,048	-	0,045	нет	150
	Хром	0,005	-	0,006		
	Диоксид азота	40,1	-	40,45		
	Аммиак	10,76	20,0	10,92		
	Пыль неорганическая: более 70 % диоксида кремния	2,0	-	1,5		
20	Марганец и его соединения	0,024	-	0,018	да	-
	Фториды твердые	0,085	-	0,090		
	Фториды газообразные	0,30	0,32	0,31		
	Диоксид азота	4,03	4,90	4,90		
	Диоксид серы	0,016	-	0,016		

Приложение В

Раздел 2. Расчет суммы платы по объекту негативного воздействия за сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

Категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду _____

Наименование объекта _____

Код объекта _____

Адрес места нахождения объекта _____

Разрешение на сброс загрязняющих веществ
в водные объекты от_____ №_____ Срок действия_____

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Установлены, тонн		Фактический сброс загрязняющего вещества в водные объекты, тонн	в том числе:			Ставка платы, руб./т	Коэффициент к ставке платы за сброс			Коэфф. пересчета ставки платы по взвешенным веществам, (Кп)	Доп. коэф., Кот(ов)	Сумма платы (рублей) за:			Сумма платы, всего, руб.
		НДС	в пределах установленного ВСС (лимита), ВРС		НДС	ВСС (лимит), ВРС	сверх ВСС (лимита), ВРС		в пределах НДС, (Кнд)	в пределах ВСС (лимита), ВРС, (Квр)	сверх ВСС (лимита), ВРС, (Кср или Кпр)			НДС	в пределах ВСС (лимита), ВРС	сверх ВСС (лимита), ВРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Выпуск _____ №					ОКТМО выпуска												
	Итого	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Выпуск _____ №					ОКТМО выпуска												
	Итого	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Итого по всем выпускам																	
Всего по всем выпускам по тем загрязняющим веществам, по которым осуществляется корректировка размера платы,																	
в том числе																	

Достоверность и полноту сведений, указанных на данной странице, подтверждаю:

Исполнитель _____ ☐☐ ☐☐ ☐☐☐☐
(подпись, ф. и. о.) цифрами: день, месяц, год

Приложение Г

Исходные данные для выполнения практической работы № 6

№ варианта	Загрязняющие вещества	НДС, т	ВСС, т	Фактический сброс, т	$C_ф$, мг/л	Водный объект рыбохозяйственного значения	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
1	2	3	4	5	*6*	7	8	9
1	Взвешенные вещества	80	-	27	10	1-й категории	да	-
	Нефтепродукты	2	-	1				
	Сухой остаток	750	-	770				
	Нитриты	2		1,5				
	Фосфор	0,5	0,7	0,6				
2	Взвешенные вещества	100	120	125	11	2-й категории	нет	750
	Сухой остаток	1000	-	925				
	Нефтепродукты	50	57	55				
	Сульфаты	300	-	245				
	Железо	5	-	3				
3	Взвешенные вещества	120	-	100	12	1-й категории	да	50
	Сухой остаток	1100	-	950				
	Хлориды	88	92	91				
	Сульфаты	300	-	90				
	Фториды	1	-	2				
4	Взвешенные вещества	150	-	140	11	2-й категории	нет	100
	Сухой остаток	1500	-	1000				
	АСПАВ	2	3	2,5				
	Медь	0,08	-	0,1				
	Молибден	0,1	-	0,07				
5	Взвешенные вещества	100	110	107	10	2-й категории	нет	-
	АСПАВ	2	-	2				
	Цинк	0,1	0,15	0,17				
	Свинец	0,05	-	0,04				
	Сухой остаток	1500	-	1200				

№ варианта	Загрязняющие вещества	НДС, т	ВСС, т	Фактический сброс, т	$C_ф$, мг/л	Водный объект рыбохозяйственного значения	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
6	Взвешенные вещества	120	-	110	11	2-й категории	нет	150
	Сухой остаток	1400	-	1350				
	Циклогексанол	0,05	0,07	0,06				
	Цианид-анион	0,07	-	0,05				
	Кобальт	0,1	-	0,12				
7	Взвешенные вещества	150	-	155	11	1-й категории	нет	150
	Нефтепродукты	2	-	1,5				
	Сухой остаток	750	-	740				
	Нитриты	2	2,5	2,2				
	Фосфор	0,5	-	0,5				
8	Взвешенные вещества	80	-	75	10	1-й категории	нет	200
	Сухой остаток	900	-	915				
	Нефтепродукты	50	-	33				
	Сульфаты	200	250	245				
	Железо	5	-	3,3				
9	Взвешенные вещества	110	-	105	12	1-й категории	да	-
	Сухой остаток	1100	-	980				
	Хлориды	88	92	94				
	Сульфаты	300	-	120				
	Фториды	1	1,5	1,3				
10	Взвешенные вещества	130	-	137	12	2-й категории	нет	50
	Сухой остаток	1200	-	1000				
	АСПАВ	2	3	2,6				
	Медь	0,08	-	0,06				
	Молибден	0,1	-	0,08				
11	Взвешенные вещества	100	-	97	10	2-й категории	нет	-
	АСПАВ	2	2,5	2,7				
	Цинк	0,1	0,15	0,14				
	Свинец	0,05	-	0,04				
	Сухой остаток	1500	-	1270				

№ варианта	Загрязняющие вещества	НДС, т	ВСС, т	Фактический сброс, т	$C_ф$, мг/л	Водный объект рыбохозяйственного значения	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
12	Взвешенные вещества	140	-	115	12	2-й категории	нет	50
	Сухой остаток	800	-	850				
	Циклогексанол	0,05	0,07	0,055				
	Цианид-анион	0,05	-	0,06				
	Кобальт	0,1	-	0,1				
13	Взвешенные вещества	135	-	125	12	1-й категории	да	-
	Нефтепродукты	1,5	-	1,2				
	Сухой остаток	960	1000	1100				
	Нитриты	1,3	1,7	1,4				
	Фосфор	0,5	-	0,4				
14	Взвешенные вещества	100	130	133	11	2-й категории	нет	500
	Сухой остаток	1000	-	945				
	Нефтепродукты	45	49	47				
	Сульфаты	250	280	275				
	Железо	5	-	3,7				
15	Взвешенные вещества	120	-	115	12	1-й категории	да	-
	Сухой остаток	1100	-	950				
	Хлориды	88	-	90				
	Сульфаты	220	-	80				
	Фториды	1,5	2,5	2,0				
16	Взвешенные вещества	180	-	174	12	2-й категории	нет	400
	Сухой остаток	1000	-	1050				
	АСПАВ	2,5	-	2				
	Медь	0,08	-	0,11				
	Молибден	0,1	0,14	0,12				
17	Взвешенные вещества	100	130	121	10	2-й категории	нет	-
	АСПАВ	1,5	-	2				
	Цинк	0,1	0,15	0,15				
	Свинец	0,05	-	0,03				
	Сухой остаток	1500	-	1230				

Приложение Г (продолжение)

№ варианта	Загрязняющие вещества	НДС, т	ВСС, т	Фактический сброс, т	$C_ф$, мг/л	Водный объект рыбохозяйственного значения	Особо охраняемый объект	Затраты на реализацию мероприятий по снижению НВОС, тыс. руб.
18	Взвешенные вещества	110	-	120	11	2-й категории	нет	90
	Сухой остаток	1400	-	1320				
	Циклогексанол	0,05	0,07	0,07				
	Цианид-анион	0,05	-	0,06				
	Кобальт	0,1	-	0,08				
19	Взвешенные вещества	150	-	145	11	1-й категории	нет	70
	Нефтепродукты	2	-	2,3				
	Сухой остаток	750	800	790				
	Нитриты	2	2,5	2,1				
	Фосфор	0,5	-	0,4				
20	Взвешенные вещества	80	-	85	10	2-й категории	нет	320
	Сухой остаток	900	-	887				
	Нефтепродукты	45	50	46				
	Сульфаты	200	250	255				
	Железо	5	-	4,3				

Раздел 3. Расчет суммы платы при размещении отходов производства и потребления

Категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду _____

Наименование объекта _____

Код объекта _____

Адрес места нахождения объекта _____

Документ об утверждении нормативов
образования отходов и лимитов на их размещение _____ № _____

Реквизиты отчетности об образовании, утилизации,
обезвреживании, о размещении отходов _____ № _____ _____

Наименование объекта размещения отходов _____

Регистрационный номер объекта размещения отходов _____
(в случае его присвоения)

Адрес места нахождения объекта размещения отходов _____

Характеристика объекта размещения отходов:

☐ Включен в государственный реестр объектов негативного воздействия

☐ Не включен в государственный реестр объектов негативного воздействия

☐ Не оказывает негативное воздействие на окружающую среду

Решение территориального органа Федеральной службы по надзору в сфере природопользования
об исключении негативного воздействия на окружающую среду _____

№ п/п	Наименование отхода	Код отходов в соответствии с ФККО	Класс опасности отходов в соответствии с ФККО	Установленный лимит на размещение отходов, тонн	Движение отходов, образованных в отчетном периоде, тонн						Размещено в отчетном периоде, переданных другим организациям в целях размещения, размещенных ТКО, тонн
					образовалось за отчетный период	утилизировано в отчетном периоде, в том числе передано в целях утилизации	обезврежено в отчетном периоде, в том числе передано в целях обезвреживания	фактически накоплено отходов предыдущего отчетного периода, не утилизированных в течение 11 месяцев, тонн	фактический остаток отходов на конец отчетного периода, срок накопления которых не превышает 11 месяцев	передано оператору/региональному оператору по обращению с твердыми коммунальными отходами	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Итого:			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Всего по тем классам опасности отходов, по которым осуществляется корректировка размера платы,			X	X	X	X	X	X	X	X	X
в том числе:											

Достоверность и полноту сведений, указанных на данной странице, подтверждаю:

Исполнитель _____ ☐☐ ☐☐ ☐☐☐☐
(подпись, ф.и.о.) цифрами: день, месяц, год

Приложение Д (окончание)

В том числе:		Ставка платы за негативное воздействие на окружающую среду при размещении отходов (руб./т)	Коэффициент к ставке платы за отходы, накопленные и утилизированные или переданные для утилизации в течение 11 месяцев (Кисп)	Коэффициент к ставке платы за отходы, размещенные в пределах лимита (Кл)	Коэффициент к ставке платы за отходы, размещенные сверх лимита (Ксл)	Стимулирующий коэффициент (Код)	Стимулирующий коэффициент (Кпо)	Стимулирующий коэффициент (Кст)	Дополнительный коэффициент к ставке платы за размещение отходов (Кот)	Сумма платы: за размещение отходов (руб.)		Сумма платы за размещение отходов (руб.)
в пределах установленного лимита на размещение отходов	сверх установленного лимита на размещение отходов									в пределах установленного лимита	сверх установленного лимита	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

Приложение Е

Исходные данные для выполнения практической работы № 8

№ варианта	Наименование вида отходов	Класс опасности	Лимит, тыс. т	Образовалось в отчетный период, тыс. т	Утилизировано, тыс. т	Размещено в выработанное пространство, тыс. т	Особо охраняемый объект
1	Отходы добычи железных руд открытым способом	V	5	4	-	0,3	да
	Отходы (хвосты) мокрой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	20	23	2	-	
	Отходы (хвосты) сухой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	10	9	-	-	
2	Отходы обогащения медных руд	III	10,5	10,7	2	-	нет
	Скальные вскрышные породы	V	4	5	-	-	
	Отходы очистки вод из горных выработок	IV	0,5	0,3	-	-	
3	Скальные вскрышные породы	V	7	8,5	-	0,5	да
	Отходы (хвосты) обогащения апатит-нефелиновых руд	По ФККО	25	27	0,4	-	
	Отходы (осадки) очистки вод из горных выработок при добыче апатит-нефелиновых руд	По ФККО	5	4	-	-	
4	Скальные вскрышные породы	IV	2	3	-	-	нет
	Отходы добычи и обогащения сурьмяно-ртутных руд	III	8,3	7,0	1,0	-	
	Отходы очистки вод из горных выработок	III	2,0	1,3	-	-	
5	Отходы обогащения угольного сырья флотационным методом	IV	18	12,1	-	-	нет
	Отходы очистки оборотной воды при обогащении угольного сырья	IV	0,5	0,3	-	-	
	Отходы добычи антрацита, коксующегося, бурого и других видов угля подземным способом	IV	6	4,5	0,6	-	
6	Отходы добычи железных руд открытым способом	V	5	7	-	1,0	нет
	Отходы (хвосты) мокрой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	20	18	-	-	
	Отходы (хвосты) сухой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	10	8	-	-	
7	Отходы обогащения медных руд	IV	13	9,8	1,2	-	нет
	Скальные вскрышные породы	V	7	4,5	-	-	
	Отходы очистки вод из горных выработок	IV	0,5	0,6	-	-	
8	Скальные вскрышные породы	V	7	6	-	-	да
	Отходы (хвосты) обогащения апатит-нефелиновых руд	По ФККО	25	24	1,1	-	
	Отходы (осадки) очистки вод из горных выработок при добыче апатит-нефелиновых руд	По ФККО	5	6	-	0,4	

Приложение Е (продолжение)

№ варианта	Наименование вида отходов	Класс опасности	Лимит, тыс. т	Образовалось в отчетный период, тыс. т	Утилизировано, тыс. т	Размещено в выработанное пространство, тыс. т	Особо охраняемый объект
9	Скальные вскрышные породы	IV	6,0	4,3	-	-	нет
	Отходы добычи и обогащения сурьмяно-ртутных руд	III	10,0	8,7	0,8	-	
	Отходы очистки вод из горных выработок	IV	0,7	0,75	-	-	
10	Отходы обогащения угольного сырья флотационным методом	IV	10,0	9,2	1,3	-	нет
	Отходы очистки оборотной воды при обогащении угольного сырья	IV	0,8	0,9	-	-	
	Отходы добычи антрацита, коксующегося, бурого и других видов угля подземным способом	IV	7	4	-	-	
11	Отходы добычи железных руд открытым способом	V	5	4	-	1	да
	Отходы (хвосты) мокрой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	20	24	2	-	
	Отходы (хвосты) сухой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	10	12	-	-	
12	Отходы обогащения медных руд	III	8,6	5,3	0,5	-	нет
	Скальные вскрышные породы	V	4	2,5	-	1,0	
	Отходы очистки вод из горных выработок	IV	0,5	0,7	-	-	
13	Скальные вскрышные породы	V	7	4	-	-	да
	Отходы (хвосты) обогащения апатит-нефелиновых руд	По ФККО	25	23	-	2,3	
	Отходы (осадки) очистки вод из горных выработок при добыче апатит-нефелиновых руд	По ФККО	5	6	-	-	
14	Скальные вскрышные породы	IV	2	1,6	-	-	нет
	Отходы добычи и обогащения сурьмяно-ртутных руд	III	5,5	5,9	0,2	-	
	Отходы очистки вод из горных выработок	IV	0,5	0,3	-	-	
15	Отходы обогащения угольного сырья флотационным методом	IV	15,0	12,5	0,9	-	нет
	Отходы очистки оборотной воды при обогащении угольного сырья	IV	0,5	0,8	-	-	
	Отходы добычи антрацита, коксующегося, бурого и других видов угля подземным способом	IV	7,0	4,3	-	-	
16	Отходы добычи железных руд открытым способом	V	8	8	-	-	нет
	Отходы (хвосты) мокрой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	20	23	-	1,1	
	Отходы (хвосты) сухой магнитной сепарации железных руд	По ФККО	12	9	-	0,5	

Приложение Е (окончание)

№ варианта	Наименование вида отходов	Класс опасности	Лимит, тыс. т	Образовалось в отчетный период, тыс. т	Утилизировано, тыс. т	Размещено в выработанное пространство, тыс. т	Особо охраняемый объект
17	Отходы обогащения медных руд	III	11,0	8,9	0,4	-	нет
	Скальные вскрышные породы	V	5,7	6,7	-	0,5	
	Отходы очистки вод из горных выработок	IV	0,6	0,5	-	-	
18	Скальные вскрышные породы	V	10	8	-	0,6	да
	Отходы (хвосты) обогащения апатит-нефелиновых руд	По ФККО	25	24	-	1,1	
	Отходы (осадки) очистки вод из горных выработок при добыче апатит-нефелиновых руд	По ФККО	5	5,5	-	-	
19	Скальные вскрышные породы	IV	2,5	3,7	-	-	нет
	Отходы добычи и обогащения сурьмяно-ртутных руд	III	8,0	8,7	0,7	-	
	Отходы очистки вод из горных выработок	IV	0,6	0,6	-	-	
20	Отходы обогащения угольного сырья флотационным методом	IV	10,0	10,9	0,46	-	нет
	Отходы очистки оборотной воды при обогащении угольного сырья	IV	3,0	1,5	-	-	
	Отходы добычи антрацита, коксующегося, бурого и других видов угля подземным способом	IV	8,0	8,0	-	-	

Учебное издание

Екатерина Александровна Бекчурина

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Практикум
для студентов специализаций
«Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ),
«Горные машины и оборудование» (ГМО),
«Электрификация и автоматизация горного производства» (ЭГП)
направления 21.05.04 – «Горное дело»

Корректура кафедры обогащения полезных ископаемых

Компьютерная вёрстка *Е. А. Бекчурина*

Подписано в печать __.__.2017 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 2,9. Уч.-изд. л. 2,6. Тираж 100 экз. Заказ № 44

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Б1.О.34 МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Маркшейдерского дела	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Жабко А.В.	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

Автор: Вахонина Ю.Х., старший преподаватель

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации для обучающихся по освоению учебной дисциплины (модуля)

В процессе изучения учебной дисциплины (модуля) следует:

1. Ознакомиться с рабочей учебной программой дисциплины (модуля). Рабочая учебная программа содержит перечень тем, которые необходимо изучить, планы лекционных и практических занятий, вопросы к текущей и промежуточной аттестации, перечень основной, дополнительной литературы и ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет».

2. Ознакомиться с календарно-тематическим планом самостоятельной работы обучающихся.

3. Посещать теоретические (лекционные) и практические занятия.

4. При подготовке к практическим занятиям, а также при выполнении самостоятельной работы следует использовать методические указания для обучающихся.

При подготовке к практическим занятиям требуется:

- изучить теоретический материал, используя основную и дополнительную литературу, электронные ресурсы;
- выполнить расчетно-графические работы;
- ответить на вопросы опросного списка.

Изучение дисциплины (модуля) производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, срокам сдачи заданий, порядке проведения зачета. Информацию о графике выполнения самостоятельных работ и критериях оценки учебной работы студента преподаватель сообщает на первой лекции курса.

Для организации и контроля учебной работы студентов используется проверка расчетно-графических работ, опрос, контрольная работа. Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы студента по данной учебной дисциплине (модулю). Объемы и виды трудозатрат по всем отдельным видам представлены в разделе 7. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы студентов, предусмотренному учебными планами по дисциплине (модулю) в текущем семестре.

Перечни аудиторных и внеаудиторных занятий и заданий (расчетно-графические работы), вносимых в графики СРС, определяются в соответствии с программой учебной дисциплины (модуля).

Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Ре-

комендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий химии, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги. Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала. Этой же цели служат вопросы для самопроверки и тренировочные тесты, позволяющие контролировать степень успешности изучения учебного материала.

Консультации

Изучение дисциплины (модуля) проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины (модуля), студентам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА

При самостоятельном изучении теоретического курса студентам необходимо:

самостоятельно освоить и проработать темы теоретического курса в соответствии с учебной программой дисциплины (модуля), основательно подготовить ответы на вопросы, приведенные после каждой темы.

Самостоятельно изучаемые вопросы курса в последующем включаются в экзаменационные билеты.

ПОВТОРЕНИЕ МАТЕРИЛА ЛЕКЦИЙ

Для приобретения прочных знаний и выработки навыков самостоятельной работы по учебной дисциплине (модулю) «Маркшейдерское дело» необходимо повторить материал лекционных занятий, а также прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную для самостоятельного изучения по данной дисциплине (модулю) [1-10]. Работа с материалом должна носить системный характер.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Для успешной подготовки к практическим занятиям студенту невозможно ограничиться слушанием лекций. Требуется предварительная самостоятельная работа студентов по теме планируемого занятия. Не может быть и речи об эффективности занятий, если студенты предварительно не поработают над конспектом, учебником, учебным пособием, чтобы основательно овладеть теорией вопроса.

ПОДГОТОВКА К ОПРОСУ

Тема 1: Содержание и задачи дисциплины (модуля)

1. Основные задачи маркшейдерского дела.
2. Основная цель маркшейдерских работ.
3. Какие особенности ведения маркшейдерских работ?
4. Какие разделы геодезии необходимо знать для изучения дисциплины?
5. Основные исторические этапы развития маркшейдерии.
6. Какова структура маркшейдерских отделов?

Тема 2: Опорные маркшейдерские сети на карьерах

1. Опорные маркшейдерские сети – цель и задачи.
2. Что является главной геометрической основой всех видов съемки горного предприятия?
3. Назовите исходные пункты для построения маркшейдерских опорных сетей.
4. Кем создаются маркшейдерские опорные сети?
5. Какие основные методы создания опорных сетей?
6. Как закрепляются центры опорных сетей?
7. Какой класс точности координат центров опорных сетей?

Тема 3: Создание съемочных маркшейдерских сетей на карьерах

1. Каковы цель и задачи съемочных маркшейдерских сетей?
2. Кем создаются съемочные сети на карьерах?

3. Назовите основные требования к созданию и реконструкции съемочных сетей?
4. Как подразделяются съемочные маркшейдерские сети?
5. От чего зависит выбор способа создания съемочных сетей?
6. Как закрепляются пункты съемочных сетей?
7. Назовите классические способы создания съемочных сетей.

Тема 4: Маркшейдерская съемка карьеров и отвалов

1. Назовите цель и задачи маркшейдерской съемки на карьерах и отвалах.
2. Какие способы съемки на карьерах и отвалах?
3. Какова периодичность съемки на карьерах и отвалах?
4. В каких масштабах выполняется маркшейдерская съемка на карьерах?
5. Каковы особенности и перспективы аэрофотограмметрической съемки карьеров?
6. Каковы особенности и перспективы наземной фотограмметрической съемки карьеров?
7. Каковы особенности и перспективы маркшейдерской съемки с использованием лазерного сканирования?

Тема 5: Маркшейдерские работы при обеспечении буровзрывных работ

1. Каковы цель и задачи маркшейдерских работ при обеспечении буровзрывных работ?
2. Назовите маркшейдерские работы до производства буровзрывных работ.
3. Какие маркшейдерские работы при производстве бурения взрывных скважин?
4. Назовите маркшейдерские работы после производства взрывных работ в карьере.
5. Какие основные задачи маркшейдера при составлении плана – проекта на буровзрывные работы?
6. Какие способы выноса в натуру взрывных скважин в карьере?
7. Какие способы маркшейдерского контроля глубины и сетки взрывных скважин?

Тема 6: Маркшейдерские работы при проходке траншей

1. Главная цель и задачи маркшейдера при проходке траншей.
2. Какие горно-графические материалы составляются для проходки траншей?
3. Методика расчета элементов параметра траншеи.
4. Способы привязки и выноса в натуру параметров траншеи.
5. Способы задания направления оси и параметров траншеи.
6. Методика расчета уклона трассы траншеи.
7. Маркшейдерский контроль проходки оси и параметров траншеи.

Тема 7: Маркшейдерские работы при дражном и гидравлическом способах разработки

1. Какими методами создаются опорные и съемочные сети на полигонах?
2. Как контролируется процесс строительства драги?
3. Как контролируется процесс добычи песков?
4. Какие способы измерения глубины черпанья драги?

5. Какие способы маркшейдерской съемки на полигонах?
6. Маркшейдерский контроль объемов добычи дражных полигонов.
7. Маркшейдерский контроль объемов добычи гидравлических полигонов.

Тема 8: Применение спутниковой геодезии на карьерах

1. Назовите основной принцип спутниковой геодезии.
2. Какие основные спутниковые системы применяются в маркшейдерии?
3. Какие в области спутниковых технологий маркшейдерских работ существуют схемы?
4. Дайте краткую характеристику навигационных спутников.
5. Что такое сегмент наземного контроля к управлению спутниковой системы?
6. Что такое технология дифференциальной GPS для определения точных координат пунктов?
7. Назовите схемы создания опорных, съемочных сетей и маркшейдерской съемки с использованием спутниковой геодезии.

Тема 9: Маркшейдерские работы при рекультивации земель на горных предприятиях

1. Основные задачи маркшейдерской службы при рекультивационных работах.
2. Методы планового съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
3. Методы высотного съемочного обоснования для производства маркшейдерских работ.
4. Методы прогнозирования нарушенности земной поверхности и планирования работ.
5. Маркшейдерские работы при засыпке отработанных карьеров.
6. Маркшейдерские работы по реализации агрохимического плана.
7. Маркшейдерские работы при рекультивации породных отвалов.

Тема 10: Маркшейдерские подземные опорные сети

1. Цель и задачи маркшейдерских подземных опорных сетей.
2. Способы создания опорных подземных сетей.
3. Основные требования при создании и реконструкции подземных опорных сетей.
4. Закрепление пунктов подземных опорных сетей.
5. Методика и требования при измерении углов и длин подземных опорных сетей.
6. Методика и способы определения высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.
7. Оценка точности определения плановых координат и высотной отметки пунктов подземных опорных сетей.

Тема 11: Маркшейдерская съемка в подземных горных выработках

1. Цель и задачи маркшейдерской съемки подземных горных выработок.
2. Способы создания и реконструкции маркшейдерских съемочных сетей.
3. Закрепление пунктов подземных съемочных сетей.

4. Методика и требования при измерении углов и длин съемочных сетей.
5. Цель и задачи маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
6. Схемы и методика производства маркшейдерской съемки контуров подземных горных выработок.
7. Камеральная обработка и оценка точности съемочных сетей и съемки контуров подземных горных выработок.

Тема 12: Геометрический способ ориентирования подземных горных выработок

1. Цель и задачи геометрического способа ориентирования.
2. Практическое значение геометрического способа ориентирования.
3. Какие способы ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схемы ориентирования через наклонный ствол или штольню.
5. Схема ориентирования через один вертикальный ствол.
6. Схема ориентирования через два вертикальных ствола.
7. Оценка точности геометрических способов ориентирования.

Тема 13: Гироскопический способ ориентирования подземных горных выработок

1. Цель и задачи гироскопического способа ориентирования.
2. Практическое значение гироскопического способа ориентирования.
3. Какие схемы гироскопического ориентирования в зависимости от схемы вскрытия месторождения?
4. Методика и схема гироскопического ориентирования через один вертикальный ствол.
5. Методика и схема гироскопического ориентирования через два вертикальных ствола.
6. Основные понятия теории гироскопического ориентирования.
7. Схема и методика определения поправки гирокомпаса.

Тема 14: Вертикальная соединительная съемка подземных горных выработок

1. Цель и задачи вертикальной соединительной съемки.
2. Практическое значение вертикальной соединительной съемки.
3. Какие методы и схемы передачи высотной отметки в шахту?
4. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту глубиномером ДА-2.
5. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту шахтной лентой или рулеткой.
6. Методика и схема передачи высотной отметки в шахту светодальномером или лазерной рулеткой.
7. Оценка точности вертикальной соединительной съемки.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *экзамену* по дисциплине (модулю) «*Маркшейдерское дело*» обучающемуся рекомендуется:

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 (модуля) «*Маркшейдерское дело*»

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса.

Рекомендуемая литература

1. Голубко Б.П. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2010. –212 с.

2.Голубко Б.П. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений открытым способом: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2018. – 71с.

3. Маркшейдерия. Часть 1. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах: учебное пособие/ Б.П. Голубко, В.А. Гордеев, В.Н. Яковлев. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 212 с.

4. Маркшейдерское дело. Учебник для Вузов. Под ред. Д.Н.Оглоблина, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимова и др. М.: Недра, 1981.

5. Маркшейдерия. Решение типовых маркшейдерских задач при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом. Учебное пособие. Б.П. Голубко, Г.В. Земских, О.С. Раева // Екатеринбург, УГГУ, 2017 – 98 с.

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.35 ОСНОВЫ РОССИЙСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

квалификация выпускника: **специалист**

форма обучения: **очная**, **заочная**

Авторы: Бачинин И.В., к.п.н, Старостин А.Н., к. ист. н.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены 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 09.09.2022	Протокол № 1 от 13.09.2022
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Содержание

Методические указания по освоению дисциплины 3
Освоение лекционного курса 3
Самостоятельное изучение тем курса 3
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям 6
Подготовка к тестированию 8
Подготовка к промежуточной аттестации 9

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 распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

Подготовка к практическим (семинарским) занятиям

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому (семинарскому) занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.

Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки – работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре.

В начале практического занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.

Практические занятия не повторяют, а существенно дополняют лекционные занятия, помогая студентам в подготовке к промежуточной аттестации. Практические занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют студентам закрепить, углубить и конкретизировать знания по курсу, подготовиться к практической деятельности. В процессе работы на практических занятиях студент должен совершенствовать умения и навыки самостоятельного анализа источников и научной литературы, что необходимо для научно-исследовательской работы.

Практическое (семинарское) занятие — 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.

1. Россия: географические факторы и природные богатства

№ п/п	Вопросы	Код компетенции
1.	Анализ предпосылок и факторов становления российской государственности (исторических, социально-экономических, географических).	УК-5
2.	Природные ресурсы и национальные богатства России.	
3.	Культуры этносов России и их основные достижения.	
4.	Религии этносов России.	

2. Многообразие российских регионов

№ п/п	Вопросы	Код компетенции
1.	Российская Федерация: основные этапы становления современного государственного устройства.	УК-5
2.	Географическое, политическое, социально-экономическое, многообразие российских регионов.	
3.	Свердловская область: природно-экономический потенциал.	
4.	История родного города на примере города Екатеринбурга – столицы Татарстана.	

Результатом обсуждения проблемы на практическом (семинарском) занятии не могут быть однозначные выводы и формулировки. Действие его всегда пролонгировано, что дает студентам возможность для дальнейшего обдумывания рассмотренных проблемных ситуаций, для поиска дополнительной информации по обсуждаемой теме.

Незадолго до проведения практического (семинарского) занятия 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 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.

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 «Основы российской государственности» применяются тесты, которые выполняются по разделам № 1-5.

Образец тестового задания

1. Ключевую роль в формировании мировоззрения играют:
- мысли
- эмоции
- ценности
-все перечисленное

2. Какое место в мире по площади занимает Россия:

- первое
- второе
- третье
- пятое

3. К преимуществам географического положения России относят:
- межграничное положение между Европой и Азией
- большая протяженность транспортных магистралей
- сложность управления страной
+ выход к большому количеству морей и двум океанам

4. С каким государством у России самая большая сухопутная граница:
- Казахстан
- Белоруссия
- Китай
- Монголия

5. Первое летописное упоминание о Москве связано с именем князя:
- Ярослава Мудрого
- Владимира Мономаха
- Александра Невского
- Юрия Долгорукого

Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Основы российской государственности*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Основы российской государственности*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью

построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания
к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горнотехнологического
факультета
«11» апреля 2018 г.
Председатель комиссии

доцент Кокарев К. В.

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания
к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ 6
1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30) 6
1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3 10
2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ 13
2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования 13
2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе 14
2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода 17
2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети 18
3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ 20
3.1. Вычисление привязки 20
3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий 22
3.3. Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования 23
3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования 26
3.4.1. Вычисление угловой невязки хода 26
3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода 28
3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования 29
4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА 31
4.1. Работа на станции 31
4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки 32
4.3. Составление абриса 34
5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА 36
5.1. Вычерчивание координатной сетки 36
5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам 36
5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план 37

5.3. Оформление топографического плана 37
6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ 39
6.1. Рекогносцировка трассы 39
6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей 39
6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям 40
6.4. Работа на станции при нивелировании 41
6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования 45
6.5.1. Обработка нивелирного журнала 45
6.5.2. Построение профиля трассы 47
6.5.3. Проектирование по профилю 49
7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ 52
7.1. Элементы геодезических разбивочных работ 52
7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла 52
7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния 53
7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом) 53
7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой 56
7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном 57
8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ 59
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 60
ПРИЛОЖЕНИЯ 62
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Стандартный шрифт 62
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Вычислительный шрифт 63

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задачей учебной геодезической практики является закрепление теоретических знаний студентов и приобретение ими практических навыков при решении различных инженерно-геодезических задач.

Все виды работ, предусмотренные программой, выполняются студентами самостоятельно бригадами в составе 6 человек, Продолжительность учебной геодезической практики – 2 недели.

Студенты допускаются к производству геодезических работ на практике лишь после изучения правил по охране труда и технике безопасности.

В период прохождения геодезической практики студенты обязаны выполнять установленный распорядок дня, бережно относиться к полученным приборам и инструментам и поддерживать дисциплину и порядок на полигоне и территории базы.

Руководитель практики систематически контролирует в течение всего периода практики се виды полевых и камеральных работ и принимает законченные работы.

Зачет по практики преподаватель принимает по пятибалльной системе от каждого студента в присутствии всех членов бригады.

Студенты, пропускающие дни практики, опаздывающие или уходящие с работы раньше срока по неуважительной причине, к зачету по практике не допускаются.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ

Для измерения углов на учебно-геодезической практике используются теодолиты Т-30, 2Т-30.

Основные части теодолита (2Т-30) показаны на рис. 1.1, отсчетные устройства приборов – на рис. 1.2, сетка нитей – на рис. 1.3.

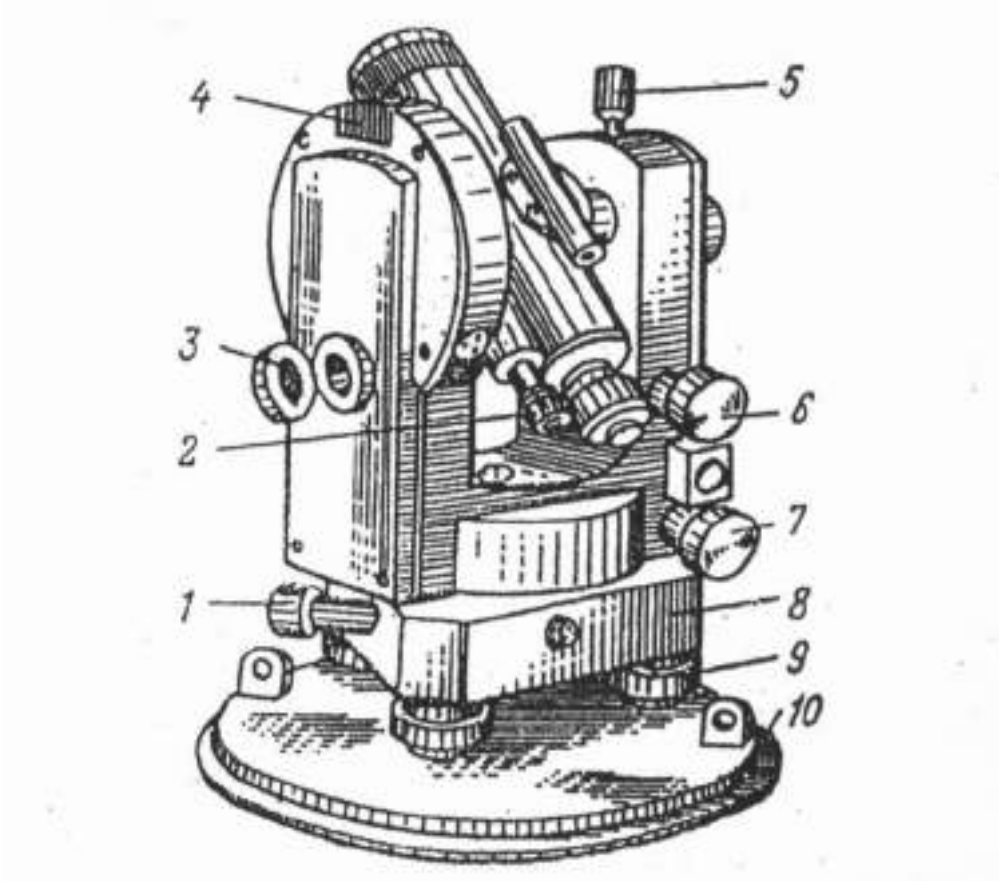


Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:
1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа;
4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы;
6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады;
8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание

1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30)

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора.

Уровень горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов, приводят или пузырек на середину, Затем поворачивают, алидаду на 180°. При отклонении пузырька от средины более чем на 2 деления производят юстировку – на половину дуги отклонения пузырька уровня перемещают юстировочными винтами уровня. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Выбирают на местности удаленную точку. Наводят теодолит на удаленную точку и берут отсчёты по горизонтальному кругу при двух положениях вертикального круга $КЛ_1$ и $КП_1$. Открепив становым винтом штатива подставку теодолита, поворачивают прибор примерно на 180° и повторяют то же самое, получая отчеты при $КЛ_2$ и $КП_2$. Получают значение коллимационной ошибки *C* по формуле:

$$C = \frac{(КЛ1 - КП1 \pm 180°) + (КЛ2 - КП2 \pm 180°)}{4}.$$

Если величина *C* превышает 2′, то вычисляют исправленный отсчет КП – С и устанавливают его на горизонтальном круге микрометренным винтом алидады. При этом центр сетки нитей сместится с точки наведения. Для исправления данного положения вращают горизонтальные исправленные винты сетки нитей до совмещения ее центра с точкой наведения.

Пример: отсчеты по горизонтальному кругу

	КЛ	КП
Наведение 1	40°22′	220°20′
Наведение 2	200°10′	20°10′

$$C = \frac{(40°22' - 220°20' + 180°00') + (200°10' - 20°10' - 180°00')}{4};$$

$$C = \frac{4'}{4} = 1'.$$

В штриховом микроскопе теодолита Т30 в середине поля зрения виден штрих, относительно которого осуществляется отсчет по лимбу (рис. 1.2, *а*). Перед отсчетом по лимбу необходимо определить цену деления лимба. В теодолите Т30 цена деления лимба составляет 10 угловых минут, т. к. градус разделен на шесть частей. Число минут оценивается на глаз в десятых долях цены деления лимба. Точность отсчета составляет 1′.

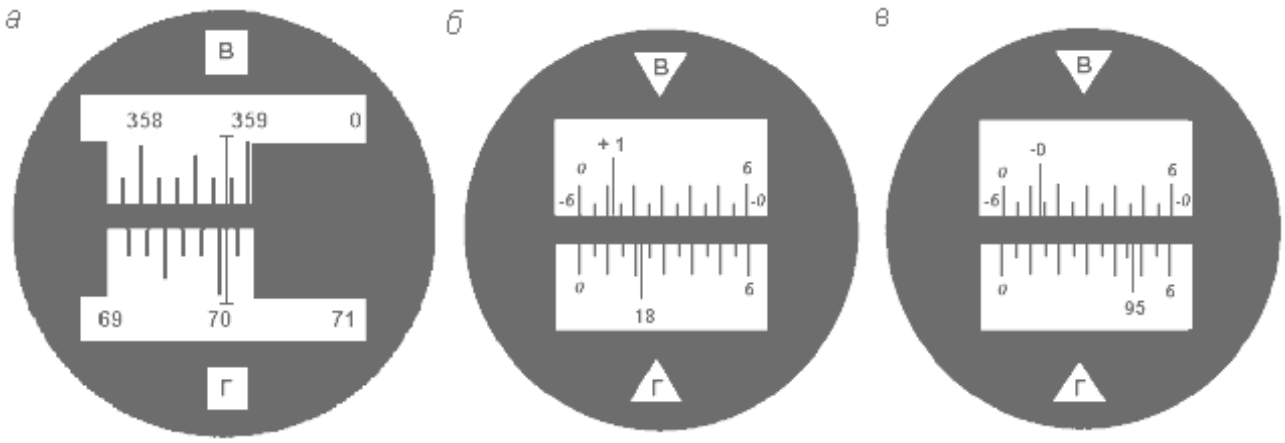


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – 358° 48′, по горизонтальному – 70° 03′ (*а*); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – 1° 11′, по горизонтальному – 18°22′ (*б*); по вертикальному кругу – -0°47′, по горизонтальному – 95° 47′ (*в*)

В шкаловом микроскопе теодолита 2Т30 в поле зрения видна шкала, размер которой соответствует цене деления лимба (рис. 1.2, *б*, *в*). Для теодолита технической точности размер шкалы и цена деления лимба равны 60′. Шкала разделена на двенадцать частей, и цена ее деления составляет 5 угловых минут. Если перед числом градусов знака минус нет, отсчет производится по шкале от 0 до 6 в направлении слева направо (рис. 1.2, *б*). Если перед числом градусов стоит знак минус, в этом случае минуты отсчитываются по шкале вертикального круга, где перед цифрами от 0 до 6 стоит знак минус в направлении справа налево (рис. 1.2, *в*). Десятые доли цены деления шкалы берутся на глаз с точностью до 30″.

Поверка 3. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит недалеко от стены здания. Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоко расположенную точку и, закрепив алидаду, наклоняют трубу примерно до горизонтального положения. Отмечают карандашом на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, снова повторяют все действия. Если наблюдаемое в зрительной трубе горизонтальное расстояние между двумя проекциями центра сетки нитей не превышает тройную ширину биссектора сетки, то условие поверки считается выполненным (рис. 1.3). В противном случае прибор подлежит исправлению на заводе.

Рис. 1.3. Сетка нитей

Поверка 4. Определение и исправление места нуля (МО) вертикального круга.

При двух положениях круга наводят центр сетки нитей на хорошо видимый предмет и берут отсчёты по вертикальному кругу КЛ и КП. Значение МО вычисляют по формуле:

Для 2Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}.$$

Для Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} - 180°}{2}.$$

Пример:

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7°20' + 172°44' - 180°}{2} = 2',$

для Т-30 КП $172^\circ 44'$.

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7°20' - 7°24'}{2} = -2',$

для 2Т-30 КП $-7^\circ 24'$.

Место нуля определяют дважды. Среднее значение недолжно превышать 1-3′.

В противном случае микрометренным винтом вертикального круга устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный КП-МО. При этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Для исправления МО его совмещают с точкой наведения, вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей.

Для контроля поверку повторяют. При выполнении этой поверки следят, чтобы пузырёк уровня горизонтального круга находился в нуль-пункте.

1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3

Нивелир Н-3 предназначен для определения превышения между смежными точками местности. Основные части нивелира приведены на рис. 1.4.

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельно оси вращения нивелира.

Вращением подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Поворачивают нивелир на 180°. Если пузырек не сместится с средины то условие выполнено. В противном случае юстировочными винтами уровня перемещают его к нуль-пункту на половину дуги отклонения. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы, должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Поверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии длиной 50-75 м (рис. 1.5).

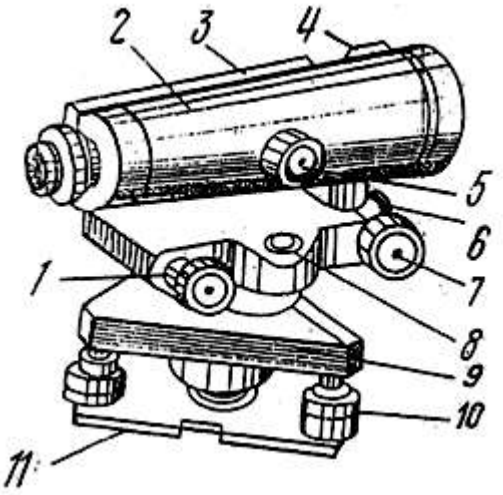
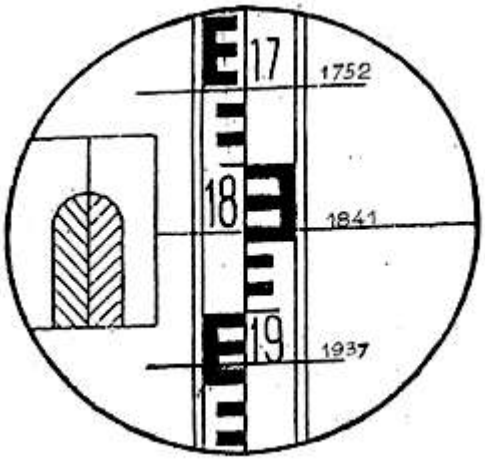


Рис. 1.4. Устройство нивелира:
1 – элевационный винт;
2 – зрительная труба;
3 – цилиндрический уровень;
4 – визир;
5 – винт фокусировки;
6 – закрепительный винт;
7 – наводящий винт;
8 – круглый уровень;
9 – подставка;
10 – подъемные винты;
11 – основание.



Отсчёты по рейке:
1752 мм - верхняя нить
1841 мм - средняя нить
1937 мм - нижняя нить

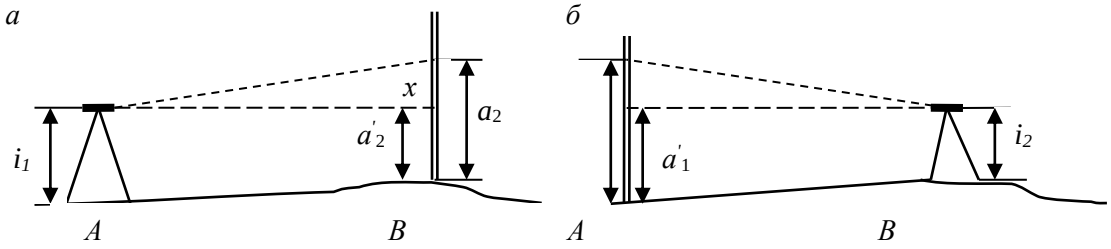


Рис. 1.5. Схема поверки главного геометрического условия

Устанавливают нивелир в точке. А, а рейку в точке В. Измеряют высоту инструмента i_1, в точке А и берут отсчёт по рейке a_1 в точке В. Затем нивелир и рейку меняют местами и снова измеряют высоту инструмента i_2 и берут отсчёт по рейке a_2. Если визирная ось не параллельна оси уровня и составляет с ним некоторый угол v, то отсчёты по рейке будут содержать некоторую погрешность X. Величину этой погрешности определяют по формуле:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \text{ мм.}$$

Пример: $i_1 = 1420$ мм $\qquad i_2 = 1540$ мм

$a_1 = 1180$ мм $\qquad a_2 = 1786$ мм

$$X = \frac{1180 + 1786}{2} - \frac{1420 + 1540}{2} = 3 \text{мм.}$$

Если величина $X > 4$ мм, то не параллельность осей исправляют. Для этого вычисляют исправленный отсчет $a_2 = a_2 - X$ (рис. 1.5) и, действуя элевационным винтом, устанавливают его на рейке по средине нити сетки. Затем, действуя вертикальными юстировочными винтами цилиндрического уровня, совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

Поверка 3. Сетка нитей должна быть расположена правильно, т. е. вертикальная нить должна быть вертикальна, а горизонтальная – горизонтальна.

На расстояние 15-20 м вывешивают отвес, наводят трубу нивелира на нить отвеса. Если вертикальная нить сетки нитей параллельна нити отвеса, то условие выполнено. В противном случае исправление делают поворотом всей оправы сетки нитей до правильного положения, предварительно ослабив винты оправы.

2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

Для производства топографо-геодезических работ на местности необходимо иметь сеть пунктов съемочного обоснования.

На практике каждая бригада студентов на своем участке создает планово-высотную съемочную сеть в виде замкнутого тахеометрического хода с общим числом вершин 6-7, в котором измеряют горизонтальные и вертикальные углы и длины сторон, а также осуществляют привязку тахеометрического хода к пунктам опорной геодезической сети.

2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: штыри, две вешки, молоток, тетрадь, две ручки.

Бригада студентов вместе с преподавателем обходит участок, выбирает места для точек съемочного обоснования и закрепляет их. При этом необходимо соблюдать ряд условий:

- Удобство установки теодолита для работы на станции;
- Взаимная видимость на соседние пункты;
- Максимальный обзор местности и полнота съемки;
- Расстояния между пунктами от 40 до 100 м.

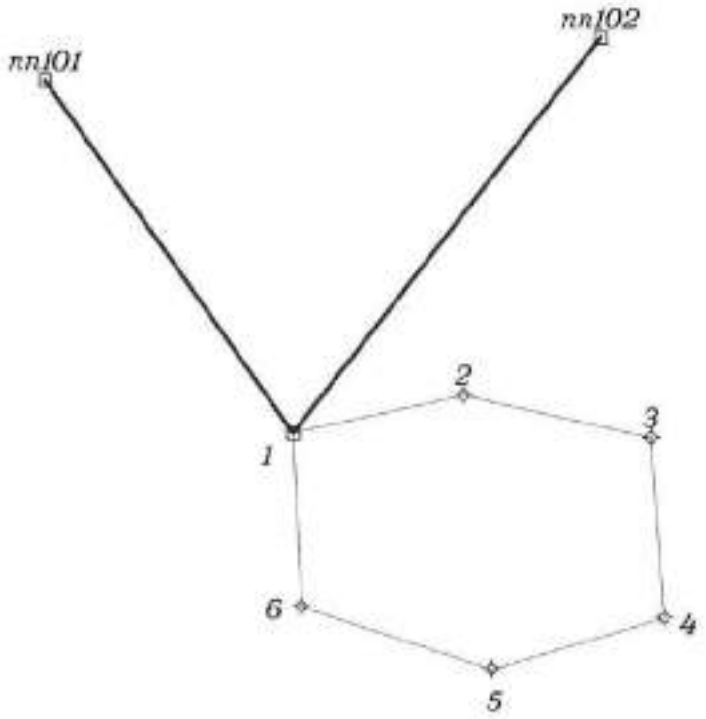


Рис. 2.1. Схема расположения пунктов съемочного обоснования

Закрепление пунктов съемочного обоснования производят металлическими штырями, которые забивают до уровня земной поверхности, вокруг штыря делают окопку, каждому из них присваивается порядковый номер. При рекогносцировке составляют общую схему расположения точек съемочного обоснования (рис. 2.1).

2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: теодолит, две вешки, одна рейка, полевой журнал для измерения углов, карандаш, тетрадь.

На каждом пункте планово-высотного хода измеряют горизонтальный угол, вертикальные углы и наклонные длины линий. Углы измеряют теодолитами Т-30 или 2Т-30 одним полным приемом, длины сторон хода – нитяным дальномером. Результаты измерений записывают в журнал измерения углов и длин линий простым карандашом (таблица 1).

Порядок работы:

1) Теодолит центрируют над пунктом по отвесу с точностью 5 мм и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня при горизонтальном круге.

2) На две смежные точки выставляют визирные вехи, на которых отмечают ярким шнурком высоты инструмента на данной точке стояния.

3) Измерение горизонтального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Открепив закрепительный винт алидады, наводят на низ вехи (во избежание ошибок из-за наклона вехи). Берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают его в полевой журнал (1) (таблица 1, действие (1). В скобках показана последовательность действий при измерениях и записи в журнале). Затем открепляют закрепительный винт алидады, пересечение основных штрихов сетки наводят на низ правой вехи, берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают в журнал (2). Вычитая из отсчёта (2) отсчёт (1), получают значение угла (3), измеренное одним полуприёмом.

4) Переводят трубу через зенит. Повторяя действия, описанные в пункте 3, измеряют горизонтальный угол вторым полуприемом при положении зрительной трубы КП. По отсчетам (4) и (5) вычисляют значение угла (6), полученного из второго полуприема.

5) Сравнивают значения углов (3) и (6), полученные из двух полуприемов. Их разность не должна быть больше $2t$, т. е. 1’, где t = 30” – точность теодолита. Вычисляют среднее значение горизонтального угла (7) по формуле:

$$\frac{(3)-(6)}{2}=(7).$$

Таблица 1

ЖУРНАЛ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}$$

Дата Исполнитель $\nu = КЛ - МО$

Точка стояния	Круг	Точки визирован.	Горизонтальный круг			Точки		Круг	Вертикальный круг			Длины линий измеренные
			Отсчёт ° '	Измеренный угол ° '	Средний угол ° '	Стояния	Визиров.		Отсчёт	Место нуля	Угол наклона	Горизонт. проложение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	КЛ	2	196°15' (1)	244°24' (3)	244°24,5' (7)	1	2	КЛ	-2°01' (8)	-0°0'30" (12)	-2° 00' 30" (13)	57,1 (14)
		6	80°39' (2)					КП	2°00' (10)			
	КП	2	16°17' (4)	244°25' (6)		1	6	КЛ	8°35' (9)	0°	8°35'	116,5 (15)
		6	260°42' (5)					КП	-8°35' (11)			
2	КЛ	3	146°55'	59°46'	59°46'	2	1	КЛ	-8°36'	0°	-8°36'	116,5 (16)
		1	206°41'					КП	8°36'			
	КП	3	326°59'	59°46'		2	3	КЛ	-2°20'	-0°2'	-2°18'	82,5
		1	26°45'					КП	2°18'			

6) Измерение вертикального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Зрительную трубу наводят на веху, установленную на смежной точке. Основной (средний) горизонтальный штрих сетки совмещают с отметкой высоты инструмента на вехе (шнурок). После чего берут отсчет по вертикальному кругу (8). Затем наводятся на веху, установленную второй точке, и записывают значения по вертикальному кругу (9).

7) Переводят зрительную трубу через зенит, повторяют действия, описанные в пункте 6, при положении зрительной трубы КП. Берут отсчет по вертикальному кругу и записывают в журнал (10), (11).

8) Вычисляют МО вертикального круга (12).

9) Вычисляют угол наклона (13) по формуле:

$$\nu = \text{КЛ} - \text{МО}.$$

Контроль:

- При измерении вертикальных углов на станции колебание МО для разных вертикальных углов не должно превышать $\pm 2'$.
- Значения углов наклона, измеренных в прямом и обратном направлениях, не должны отличаться более, чем на $\pm 3'$.

Запрещается! В полевом журнале стирать резинкой результаты измерений, писать цифру на цифре, переписывать полевой журнал. Ошибочные измерения зачеркиваются одной чертой, затем записи продолжаются дальше. Все записи должны вестись четко и аккуратно с использованием шрифтов (см. прил. 1, 2).

2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода

В процессе проложения тахеометрического хода в поле измеряют длины сторон хода. Для этого на смежные точки ставят нивелирную рейку (нулем вниз), наводят зрительную трубу на рейку, совмещая верхний дальномерный штрих сетки нитей с каким-нибудь целым делением рейки (обычно с отсчетом 1000). Подсчитывают длину отрезка "l" в см между верхним и нижним дальномерными штрихами. Доли сантиметровых делений оценивают на глаз.

Длина измеренной стороны определяется по формуле

$$S_{\text{изм}} = K \times l_{\text{см}},$$

где K – коэффициент нитяного дальномера (K = 100), l – длина отрезка в см между верхней и нижней дальномерными нитями.

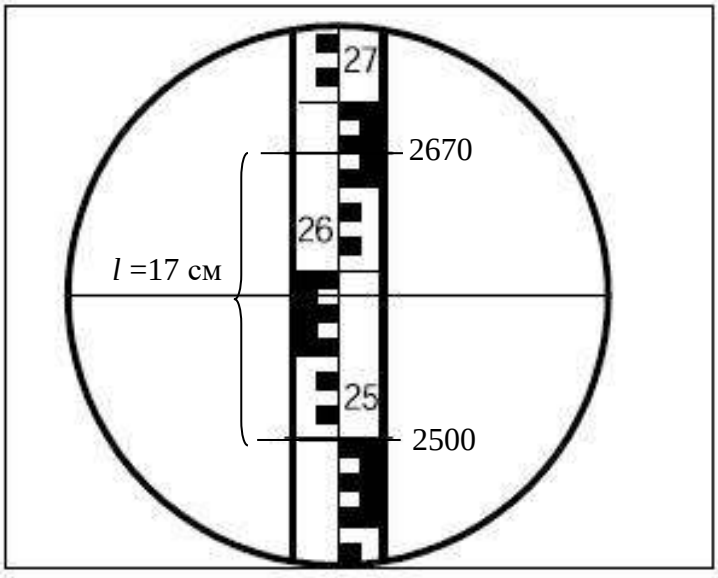


Рис. 2.2. Определение расстояний нитяным дальномером

Пример: на рис. 2.2 отчет по верхней нити 2670, отчет по нижней нити 2500, l = 2670 – 2500 = 170 мм = 17 см, $S_{изм}$ =17 см × 100 = 1700 см = 17,0 м.

На станции длину каждой стороны хода измеряют дважды по черной и по красной сторонам рейки, или по одной стороне, но по разным делениям рейки. Разность результатов измерений должна быть не более 0,3 м на 100 метров длины. Среднее значение длины стороны хода записывают в полевой журнал (14) с округлением до 0,1 м.

Длины сторон хода обязательно измеряют в обратном направлении. Разность между результатами измерений ”прямо” (15) и “обратно” (16) не должна превышать 1:200-1:400 (0,3-0,5 м на 100 м длины).

2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети

Привязку тахеометрического хода выполняют для определения дирекционного угла начальной стороны хода. Одна из вершин тахеометрического хода является пунктом опорной геодезической сети (рис. 3.1). С него есть видимость на два других геодезических пункта (пп101, пп102). Для привязки хода к опорной геодезической сети производят измерение примычных углов φ_1 и φ_2. Это угол между твердой стороной и первой стороной тахеометрического хода (рис. 3.1). В полевом журнале вычерчивают схему привязки, показывают примычные углы.

Каждый примычный угол φ_1 и φ_2 измеряют двумя приемами с перестановкой лимба между приемами примерно на 90˚. Для контроля измеряют угол между исходными сторонами (δ). Контроль производят по формуле:

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Допустимое расхождение $\pm 3'$.

3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

После последних измерений производят проверку полевых журналов, правильность записей и вычислений измеренных и средних значений. По значениям измеренных горизонтальных углов и длин линий составляют схему съемочного обоснования и ее привязки (рис. 3.1). На схему выписывают измеренные значения углов и длин. Затем приступают к вычислениям. Вычисления линейных величин ведут с точностью до 0,1 м, а углов – до 30”. Из полевого журнала выписывают измеренные примычные углы φ_1 и φ_2.

3.1. Вычисление привязки

Дирекционный угол начальной стороны хода ($\alpha_{1\text{-}2}$) (рис. 3.1) вычисляют дважды, исходя из значений дирекционных углов исходных сторон опорной геодезической сети ($\alpha_{1\text{-}А}$, $\alpha_{1\text{-}В}$) и измеренных углов (φ_1, φ_2) по формулам:

$$\alpha_{1\text{-}2} = \alpha_{1\text{-}\,пп101} + \varphi_1;$$
$$\alpha_{1\text{-}2} = \alpha_{1\text{-}\,пп102} + \varphi_2.$$

Дирекционные углы исходных сторон вычисляют решая обратные геодезические задачи , по формулам:

$$r_{1\text{-}пп101} = \operatorname{arctg}\frac{Y_{пп101} - Y_1}{X_{пп101} - X_1},\quad r_{1\text{-}пп102} = \operatorname{arctg}\frac{Y_{пп102} - Y_1}{X_{пп102} - X_1}.$$

Расхождение полученных значений $\alpha_{1\text{-}2}$ не должно превышать 2-3′.

После нахождения значения румба необходимо определить координатную четверть, содержащую направление. Координатную четверть определяют по знакам приращений координат (рис. 3.2).

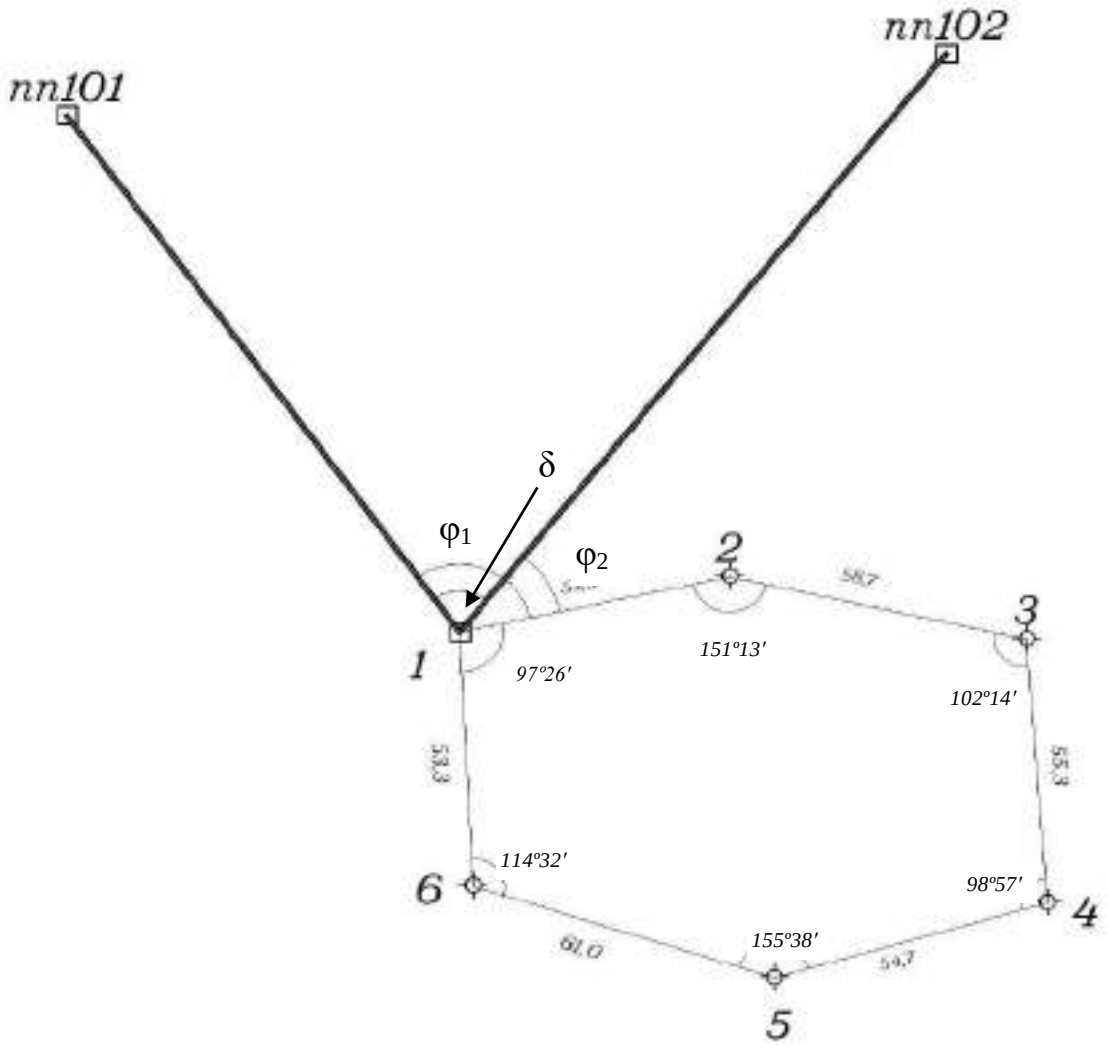


Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

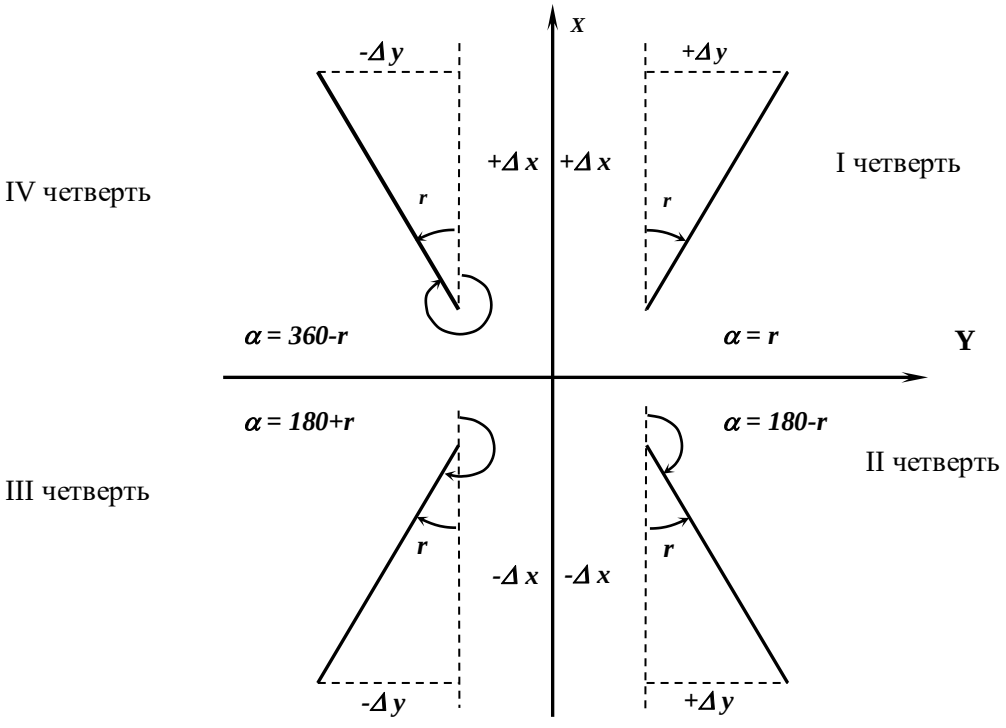


Рис. 3.2. Зависимости между дирекционными углами и румбами

Пример записи и вычислений дирекционных углов приведен ниже.

Таблица 2

Исходные данные

Название пункта	*X*, м	*У*, м	*H*, м
1	3348,05	2238,25	271,36
пп101	4099,71	1639,28	282,40
пп102	4001,87	2581,51	290,24

$$r_{1\text{-пп}101} = \text{arctg}\frac{Y_{\text{пп}101} - Y_1}{X_{\text{пп}101} - X_1} = \text{arctg}\frac{1639{,}28 - 2238{,}25}{4099{,}71 - 3348{,}05} = \text{arctg}\frac{-598{,}97}{751{,}66} =$$

$=38{,}54993965° = 38°33′00″$(IV ч.);

$$\alpha_{1\text{-пп}101} = 360° - 38°33′00″ = 321°27′.$$

$$r_{1\text{-пп}102} = \text{arctg}\frac{Y_{\text{пп}102} - Y_1}{X_{\text{пп}102} - X_1} = \text{arctg}\frac{2581{,}51 - 2238{,}25}{4001{,}87 - 3348{,}05} = \text{arctg}\frac{343{,}26}{653{,}82} =$$

$= 27{,}69992196° = 27°42′00″$ (I ч.);

$$\alpha_{1\text{-пп}102} = 27°42′00″.$$

$\varphi_1 = 333°18′00″$;

$$\alpha_{1\text{-}2} = 321°27′00″ + 333°18′00″ = 294°45′00″.$$

$\varphi_2 = 267°05′00″$;

$$\alpha_{1\text{-}2} = 27°42′00″ + 267°05′00″ = 294°47′00″.$$

Средний $\alpha_{1\text{-}2} = 294°46′00″$.

3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий

Горизонтальные проложения необходимо знать для вычисления координат точек тахеометрического хода.

Вычисление горизонтальных проложений выполняют в ведомости вычисления отметок съемочного обоснования (таблица 3).

Из журнала измерения улов и длин линий выписывают среднее значения длин линий (*S*), полученные по результатам измерений в прямом и обратном направлениях, в графу 4 табл. 3 и углы наклона (*v*), измеренные в прямом и обратном направлениях, в графы 2 и 3 табл. 3. По этим данным вычисляют горизонтальные проложения с точностью до 0,01 м по формуле:

$$D = S \times \cos^2 v,$$

где *S* – среднее значение измеренной длины линии (графа 4), *v* – угол наклона линии в прямом направлении (графа 2), *D* – горизонтальное проложение (графа 5).

3.3. Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования

Вычисление отметок производится с точностью до 0,01 м в ведомости вычисления отметок (таблица 3).

По измеренным расстояниям и углам наклона вычисляют превышения между точками хода в прямом и обратном направлениях по формуле:

$$h = D \times \tan v.$$

Значения превышений с соответствующим знаком записывают в графы 6 и 7.

Расхождения в превышениях, полученных в прямом и обратном направлениях, допускаются не более 4 см на 100 м. Если это условие выполнено, то в графе 8 вычисляют средние превышения, сохраняя перед ними знак превышения из прямого хода. Сумму положительных и отрицательных значений превышений записывают в графе 8 внизу. Далее подсчитывают невязку по превышениям. Она равна сумме превышений замкнутого хода:

$$f_h = \Sigma h_{\text{ср}}.$$

Допустимую высотную невязку вычисляют по формуле:

$$\text{доп. } f_h = \pm 0{,}2 \text{ м} \sqrt{\sum D(\text{км})},$$

где $-\sum D$ сумма горизонтальных проложений ходя (периметр в км).

Полученную невязку f_h распределяют между превышениями с обратным знаком пропорционально длинам линий по формуле:

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{\sum D} \times D_i.$$

Таблица 3

Вычисления отметок точек съемочного обоснования

№№ точек	Вертикальные углы		Длины сторон, м		Превышение, м				Отметки точек, м	№№ точек
	Прямо ° '	Обратно ° '	Измеренные, *S*	Горизонтальное проложение, *D*	Прямо	Обратно	Среднее	Исправленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1							-0,02		230,00	1
	-2°01'	+2°02'	83,0	82,90	-2,92	+2,95	-2,94	-2,96		
2							-0,03		227,04	2
	-5°24'	+5°25'	122,0	120,92	-11,43	11,46	-11,45	-11,48		
3							-0,02		215,56	3
	+2°15'	-2°16'	98,0	97,85	+3,85	-3,88	+3,87	+3,85		
4							-0,03		219,41	4
	+1°56'	-1°57'	120,0	119,86	+4,05	-4,09	+4,07	+4,04		
5							-0,02		223,45	5
	+4°30'	-4°29'	100,5	99,88	+7,86	-7,83	+7,85	+7,83		
6							-0,01		231,28	6
	-0°56'	+0°58'	76,5	76,48	-1,25	+1,29	-1,27	-1,28		
1						$\sum h_{ср}$ (+) = +15,79			230,00	1
				ΣD = 597,89 м		$\sum h_{ср}$ (-) = -15,66		Σ = 0		
							f_h = +0,13	Доп. $f_h = \pm 0{,}2\text{м}\sqrt{\sum D(\text{км})}$		
								Доп. $f_h = \pm 0{,}2\text{м}\sqrt{0{,}6} = \pm 0{,}15$		

Вычислил Орлов Проверил Петров

Контроль: $\Sigma\delta = -f_h$

Величины поправок записывают в графе 8 над превышениями. В графу 9 записывают исправленные превышения.

Контроль: если исправленные превышения вычислены правильно, их алгебраическая сумма должна быть равна нулю.

По исправленным превышениям последовательно вычисляют отметки пунктов съемочного обоснования по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + h_n,$$

где H_{n+1} – высота последующего пункта (м), H_n – отметка предыдущего пункта (м), h_n – превышение между смежными пунктами (м).

Контролем вычисления отметок является получение отметки исходной точки в конце вычислений.

3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования

Вычисление координат производится в ведомости вычисления координат (таблица 4). В графу 1 ведомости выписывают номера вершин хода, в графу 2 – номера точек визирования. В графу 3 выписывают против соответствующих вершин средние значения измеренных горизонтальных углов. Значения горизонтальных проложений линий выписывают в графу 6 из таблицы 3.

3.4.1. Вычисление угловой невязки хода

Угловой невязкой f_β замкнутого тахеометрического хода называется разность между суммой измеренных горизонтальных углов $\Sigma\beta_{изм}$ и теоретической суммой внутренних углов плоского многоугольника $\Sigma\beta_{теор}$ т. е.

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор},$$

где $\Sigma\beta_{теор} = 180°\times(n - 2)$, n – число углов многоугольника.

Вычисленные значения $\Sigma\beta_{изм}$ и $\Sigma\beta_{теор}$ подписывают внизу графы 3.

Здесь же вычисляют величину допустимой угловой невязки по формуле:

$$f_{\beta доп} = 2 \times t \ (t = 0°0'30'' \text{ – точность инструмента}),$$
$$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}\,.$$

Таблица 4

Вычисление координат точек съемочного обоснования

Номера точек		Горизонтальные углы		Дирекционные углы	Горизонтальные проложения, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
						Вычисленные		Исправленные			
Стояния	Визиров	Измеренные ° '	Исправленные ° '	° '		ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						+0,05	+0,08			**3348,05**	**2238,25**
	3			**294°46'**	82,90	+34,73	-75,27	+34,78	-75,19		
2						+0,07	+0,12			3382,83	2162,06
	1	110°59'00"	110°59'								
3				3°47'	120,92	+120,64	+7,98	+120,71	+8,10		
	4									3503,54	2171,16
	2	123°09'00"	123°09'			+0,06	+0,10				
4				60°38'	97,85	+48,01	+85,32	+48,07	+85,42		
	5									3551,61	2256,58
	3	105°15'00"	105°15'			+0,07	+0,12				
5				135°23'	119,86	-85,35	+84,21	-85,28	+84,33		
	6									3466,33	2340,91
	4	117°58'00"	117°58'			+0,06	+0,10				
6				197°25'	99,88	-95,32	-29,90	-95,26	-29,8		
	1	-0°0'30"								3371,07	2311,11
	5	124°58'30"	124°58'			+0,05	+0,08				
1				252°27'	76,48	-23,07	-72,94	-23,02	-72,86		
	2	-0°0'30"									
	6	137°41'30"	137°41'							**3348,05**	**2238,25**
				(294°46')	ΣD = 597,89						
			$\sum\beta_{исп}$ = 720°			fx = -0,36	fy = -0,6				
						fs = 0,85		0	0		

$\Sigma\beta_{изм}$ = 720°01'00"

$\Sigma\beta_{теор}$ = 720°00'00"

f_{β} = +1'

$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{6} = \pm 2{,}4'$

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} = \frac{1}{703} \langle \frac{1}{300}$$

Вычислил Орлов

Проверил Петров

Если значение угловой невязки не превосходит допустимой величины, то ее распределяют поровну с обратным знаком между измеренными углами, с точностью до 30″, т. е. вычисляют поправки к измеренным горизонтальным углам по формулам:

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}.$$

Если полученное значение поправки меньше 30″, то угловую невязку вводят в наиболее слабое место тахеометрического хода (короткие стороны хода, горизонтальные углы $\leq 20°$ или $\geq 150°$, точки съемочного обоснования, наиболее удаленные от исходных пунктов сети).

Контроль: $\Sigma\delta_\beta = -f_\beta$.

Поправки в измеренные углы подписывают над их значениями. Вычисляют исправленные горизонтальные углы

$$\beta_{исп} = \beta_{изм} + \delta_\beta.$$

Контроль: $\Sigma\beta_{исп} = 180°\times(n - 2)$.

3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода

Вычисление дирекционных углов сторон хода производят по дирекционному углу начальной стороны и исправленным горизонтальным углам. Начальный дирекционный угол стороны 1-2 выписывают из решения привязки (см. раздел 3.1). В нашем примере $\alpha_{1\text{-}2} = 294°46'$. Его записывают в графу 5 между точками 1 и 2. Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{лев} - 180° \text{ - для левых углов;}$$
$$\alpha_{n-1} = \alpha_n - \beta_{прав} + 180° \text{ - для правых углов,}$$

где α_{n+1} – дирекционный угол последующей стороны хода, α_n – дирекционный угол предыдущей стороны хода.

Контроль: полученный дирекционный угол первой стороны хода в конце вычислений должен быть равен исходному. С этой целью по дирекционному углу последней стороны и горизонтальному углу при вершине 1, которые ранее в вычислениях не участвовал, получают дирекционный угол начальной стороны ($\alpha_{1\text{-}2} = 294°\ 46'$).

Вычисленные значения дирекционных углов сторон хода записывают в графу 5.

3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования

Приращение координат хода вычисляют по следующим формулам:

$$\Delta X_i = D_i \times \cos\alpha_i,\ \Delta Y_i = D_i \times \sin\alpha_i,$$

где D_i – горизонтальное проложения линий; α_i – дирекционные углы этих линий.

Вычисления производят с точностью до 0,01 м.

Вычисленные приращения координат записывают в графах 7 и 8.

Для замкнутого хода алгебраическая сумма приращений по каждой оси координат должна быть равна нулю:

$$\sum\Delta X = 0,\ \sum\Delta Y = 0.$$

Внизу графы 7 и 8 находят значения невязок f_x и f_y (по осям абсцисс и ординат), по формулам:

$$f_x = \sum\Delta X\ ,\ \ f_y = \sum\Delta Y.$$

Невязки в приращениях координат обусловлены действием погрешностей измерения углов и сторон хода. Совместное влияние невязок приращений по осям координат характеризуется линейной невязкой в периметре:

$$f_s = \sqrt{fx^2 + fy^2}.$$

Допустимую линейную невязку вычисляют по формуле относительной ошибки:

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} \le \frac{1}{500},$$

где $\sum D$ – сумма горизонтальных проложений длин сторон хода (периметр).

Периметр ($\sum D$) подсчитывают в графе 6 и выписывают внизу. После проверки допустимости относительной линейной невязки $\frac{1}{\sum D \div f_s}$ распределяют невязки приращений координат f_x и f_y.

Невязки f_x и f_y распределяют с обратным знаком в каждое приращение координат пропорционально длинам сторон, т. е. вычисляют поправки к приращениям координат по формулам:

$$\delta X_i = -\frac{f_x}{\sum D} \times D_i, \qquad \delta Y_i = -\frac{f_y}{\sum D} \times D_i,$$

и подписывают их над приращениями в графах 7 и 8.

В графах 9 и 10 записывают исправленные значения приращений координат:

$$\Delta X_{\text{ИСПР}} = \Delta X_i + \delta X_i, \qquad \Delta Y_{\text{ИСПР}} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

Контроль: $\sum \Delta X_{\text{ИСПР}} = 0$, $\sum \Delta Y_{\text{ИСПР}} = 0$.

Далее, в графах 11 и 12 последовательно вычисляют координаты точек тахеометрического хода от координат начальной точки 1, используя исправленные приращения координат, по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{ИСПР}}, \qquad Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{ИСПР}},$$

где X_n, Y_n – координаты предыдущего пункта, X_{n+1} ,Y_{n+1} – координаты последующего пункта.

Контроль: вычисленные координаты начальной точки хода должны быть равны исходным (таблица 4).

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Инструменты и принадлежности для выполнения работ: теодолит, одна вешка, одна рейка, полевой журнал для тахеометрической съемки, абрисы, два карандаша, тахеометрические таблицы.

Тахеометрическую съемку ситуации и рельефа местности выполняют с пунктов съемочного обоснования в масштабе 1:500. На каждой станции измеряют расстояние, горизонтальный и вертикальные углы до съемочных пикетов, т.е. определяют полярные координаты каждой снимаемой точки (съемочных пикетов).

Все записи результатов измерений ведут в журнале тахеометрической съемки (таблица 5). В процессе съемки составляют абрис (рис. 4.1).

Особо важное значение при съемке имеет правильный выбор съемочных пикетов. При съемке ситуации рейку устанавливают на характерных точках контуров (углы зданий, изгибы дорог, рек, границы угодий, столбы электролиний и т. д.). При съемке рельефа рейку устанавливают на характерных точках и линиях рельефа местности (вершина холма, дно котловины, водораздел, тальвег, перегибы скатов, урезы воды).

Съемочные пикеты должны равномерно покрывать всю территорию съемки. Расстояние от точек съемочного обоснования до съемочных пикетов должно быть не более 80 м.

4.1. Работа на станции

Работу на станции выполняют в следующем порядке:

- теодолит центрируют над точкой с точностью до 1 см с помощью отвеса и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга;

- определяют МО вертикального круга на каждой станции, значение МО записывают в журнал тахеометрической съемки (таблица 5) для данной станции. Устанавливают визирную веху на следующую по ходу точку съемочного обоснования. Направление на эту точку принимают за начальное (например: станция 1, направление на точку 2), ориентируют лимб по начальному направлению. Для этого, вращая алидадой, устанавливают отсчет на горизонтальном круге 0°00’. Затем алидаду закрепляют, открепляют лимб, наводят теодолит на выставленную веху (на пункте 2). Далее лимб закрепляют до конца съемки на этой станции, а алидаду открепляют. Съемка ведется только при положении зрительной трубы круг «лево» (КЛ);

- рейкой измеряют высоту инструмента до 0,01 м, записывают ее значение в журнал и отмечают на рейке ярким шнурком (i = 1,30 м);

- рейку устанавливают на съемочный пикет;

- наводят теодолит на рейку, измеряют нитяным дальномером расстояние до рейки и записывают в журнал (1);

- наводят центр сетки нитей на высоту инструмента (шнурок), берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита и записывают в журнал (2), (3). Если на рейке отметки высоты инструмента не видно, то наводят центр сетки нитей на верх рейки и записывают на этом пикете высоту визирования (v = 3 м) в графу 8 таблицы 5.

4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки

В журнале указывают номер станции, начальное направление, МО, высоту инструмента i в метрах, отметку точки H_0 съемочного обоснования в метрах. В соответствующие графы журнала записывают результаты полевых измерений (расстояний, отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам). Затем вычисляют углы наклона на съемочные пикеты по формуле:

$$v = КЛ - МО.$$

Находят горизонтальное проложение D и превышение h’ между точкой съемочного обоснования и съемочным пикетом по углу наклона и расстоянию из тахеометрических таблиц или по формулам, которые приведены в тахеометрических таблицах:

$$D = S \times \cos^2 v;$$
$$h' = D \times tan\ v;$$
$$h = h' + i - \mathrm{v},$$

где D – горизонтальное проложение, S – измеренное нитяным дальномером расстояние, v – угол наклона, i – высота инструмента, v – высота визирования.

Знак превышения соответствует знаку угла наклона.

Отметку съемочного пикета вычисляют по формуле:

$$H = H_0 + h,$$

и записывают в графу 11 (таблица 5).

Таблица 5

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180°}{2} \quad (Т\text{-}30)$$

Точка стояния *1* $H_0 = 230{,}0$ $i = 1{,}30$ КЛ = 354°35'

Дата 13.07.17. КП = 185°23'

Начальное направление *2* Исполнитель Петров v = КЛ-МО МО = - 0°1'

№№ пикетов	Расстояния по дальномеру, м	Отсчеты по кругам /КЛ/		Углы наклона ° '	Горизонтальн. проложения, м	h', м	Высота визиров v, м	i-v	Превышение $h = h' + i\text{-v}$	Отметки пикетов $H = H_0 + h$	Примечание
		Горизонтальн. ° '	Вертикальн. ° '								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		0°00									
1	38,0	23°00'	352°59'	-7°00'	37,44	-4,60	1,30	0	-4,60	225,40	рельеф, дорога
2	35,0	53°30'	355°06'	-4°53'	34,75	-2,97	1,30	0	-2,97	227,03	рельеф, дорога
3	56,0	81°00'	356°06'	-3°53'	55,74	-3,78	1,30	0	-3,78	226,22	дорога
4	86,1	100°00'	356°36'	-3°23'	85,80	-5,07	1,30	0	-5,07	224,93	дорога
5	52,3	112°41'	358°47'	-1°12'	52,28	-1,10	1,30	0	-1,10	228,90	рельеф, луг
6	72,0	116°02'	354°23'	-5°36'	71,31	-6,99	3,00	-1,70	-8,69	221,31	рельеф, луг
7	25,0	137°30'	352°34'	-7°25'	24,58	-3,20	1,30	0	-3,20	226,80	обрыв, 2м
8	46,5	141°00'	355°17'	-4°42'	46,19	-3,80	1,30	0	-3,80	226,20	обрыв, 2м
9	25,8	180°10'	349°39'	-10°20'	24,97	-4,55	1,30	0	-4,55	225,45	обрыв, 2м

Вычислил

Проверил

4.3. Составление абриса

Абрис – это схематический чертеж участка местности, снимаемого с данной станции. Абрис составляют на каждой станции одновременно с заполнением журнала тахеометрической съемки (рис. 4.1).

При заполнении абриса центр окружности принимают за станцию, с которой выполняют съемку, один из радиусов за начальное направление (0°), расстояния между окружностями принимают равными 10 м. Каждый съемочный пикет намечают на абрисе точкой, рядом надписывают его порядковый номер.

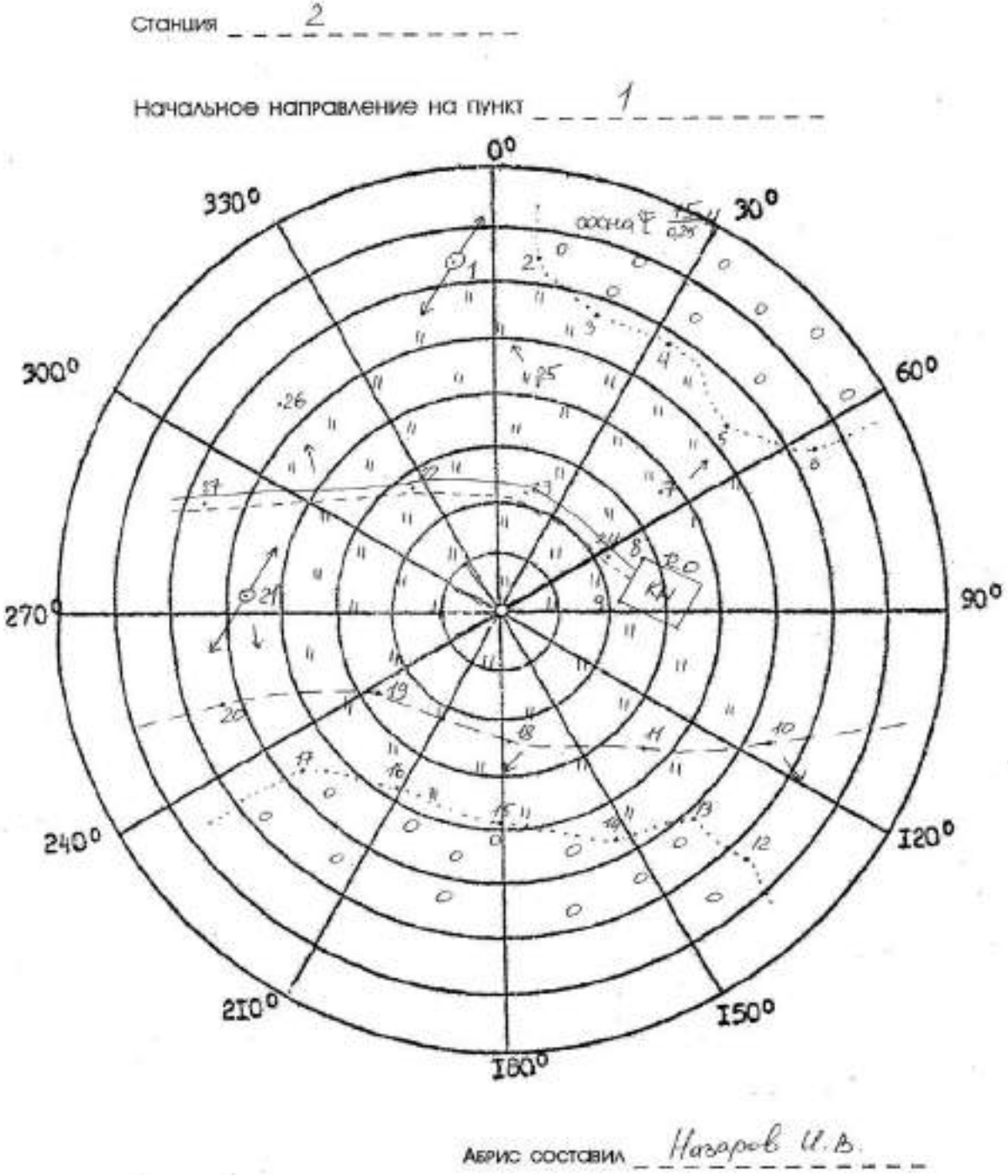


Рис. 4.1. Абрис тахеометрической съемки на п. 1

При съемке следят за тем, чтобы нумерация съемочных пикетов на абрисе соответствовала нумерации этих же пикетов в журнале тахеометрической съемки. На абрис наносят все снятые контуры ситуации, сопровождая их пояснительными надписями и условными знаками. На абрисе стрелками показывают направление скатов.

Составление абрисов является ответственной частью тахеометрической съемки, т.к. он в дальнейшем используется для создания топографического плана. Его надо вести аккуратно, все записи делают четко, отточенным карандашом, прямолинейные контуры вычерчивать по линейке. Четкое ведение абриса способствует качественному составлению топографического плана. Абрис сдается вместе с журналом тахеометрической съемки.

Закончив съемку на станции, по абрису проверяют, все ли элементы ситуации и рельефы засняты, нет ли пропусков, достаточно взято ли съемочных пикетов. Съемочные пикеты должны быть расположены не реже, чем через 3 см в масштабе плана, т. е. через 15 м на местности (в масштабе 1:500), их количество зависит от сложности ситуации и сложности рельефа. Кроме того, проверяют, не сбилась ли во время съемки ориентировка теодолита. Для этого в конце съемки снова визируют зрительную трубу по начальному направлению и проверяют неизменность отсчета по лимбу. Допустимое отклонение должно быть не более 3′. Сделав такой контроль, переходят на следующую станцию.

5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

При тахеометрической съемке топографический план создается камеральным путем. Размер рамки для планов масштаба 1:500 принят 50×50 см. План составляют в масштабе 1:500 и оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500».

Составление плана выполняют в следующем порядке:

- вычерчивание координатной сетки;
-построение точек по координатам;
-нанесение ситуации и местности на план;
-оформление топографического плана.

5.1. Вычерчивание координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги А1, стороны сетки принимают равными 10×10 см. Координатную сетку получают путем ее переноса со стандартных сеток, изготовленных на картографической пленке, через световой стол.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должно превышать 0,2 – 0,3 мм.

5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам

Для построения пунктов съемочного обоснования по координатам в масштабе 1:500 сетку координат оцифровывают через 50 м. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. От него к северу надписывают абсциссы *X*, к востоку – ординаты *Y*. Координаты юго-западного угла плана выбирают так, чтобы тахеометрический ход разместился примерно в середине листа. Построение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате сетки располагается данная точка. Затем значение абсциссы откладывают по обеим сторонам квадрата и соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты *Y*. Полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом надписывают номер пункта планово-высотного хода и его отметку до 0,01 м (справа от пункта).

Построение пунктов съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения между двумя точками циркулем-измерителем откладывают на масштабной линейке и сравнивают с

расстоянием между соответствующими точками на плане. Допустимое расхождение этих величин не должно быть более ±0,5 мм.

5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план

Ситуацию наносят на план по данным журнала тахеометрической съемки и абрисов. Съемочные пикеты наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления, а горизонтальные проложения – циркулем-измерителем по линейке. Справа от полученной точки подписывают отметку съемочного пикета до 0,1 м, слева – ее номер. Руководствуясь абрисом и подписями, сделанными в примечаниях тахеометрического журнала, рисуют условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями. По отметкам точек проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Интерполирование горизонталей выполняют по тем направлениям, которые указаны в абрисе.

Окончив составление ситуации и рельефа на станции, приступают к нанесению съемочных пикетов следующей станции.

Составленный план представляют на просмотр преподавателю. После просмотра и проверки по указанию преподавателя план оформляют.

5.3. Оформление топографического плана

Порядок оформления следующий:

1) Пункты опорной геодезической сети, пункты съемочной сети, характерные высотные точки, ориентиры и местные предметы.

2) Гидрографическая сеть, урезы воды, подписи, относящиеся к гидрографии.

3) Населенные пункты.

4) Элементы линейной протяженности (границы контуров, дорожная сеть, электролинии, телефонные линии и др.).

5) Рельеф. При этом выделяют утолщенные горизонтали, расставляют бергштрихи, размещают надписи горизонталей, кратные 5 м, вычерчивают формы рельефа, не выражающиеся горизонталями (обрывы, ямы, скалы и др.).

6) Почвенно-растительный покров (виды угодий, которые ранее подписывались, теперь вычерчивают условными знаками).

7) Рамка и зарамочное оформление.

Во избежание пропусков после оформления план тщательно корректируют. Без разрешения преподавателя не следует стирать с плана

съемочные пикеты. Все оформление выполняется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Перечень сдаваемых материалов: журнал тахеометрической съемки, абрисы для каждой станции, топографический план.

6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ

Назначение нивелирования по оси трассы – определение отметок точек местности и построение профиля оси будущего инженерного сооружения.

Работы по нивелированию трассы состоят из следующих этапов:

- рекогносцировка трассы;
- разбивка пикетажа и поперечных профилей;
- нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям;
- камеральная обработка результатов нивелирования;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: нивелир Н-3 со штативом, две рейки, мерная лента, шпильки, колья или штыри для закрепления пикетов, молоток, нивелирный журнал, пикетажный журнал, карандаши.

6.1. Рекогносцировка трассы

Трассу выбирают с учетом следующих условий: число поворотов трассы должно быть минимальным, стороны трассы должны проходить на местности по возможности с малыми углами наклона.

В процессе рекогносцировки закрепляют вершины углов поворота (ВУ).

6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей

Стороны трассы измеряют стальной лентой (шпагатом), отмечая на трассе штырями или колышками пикеты – точки, отстоящие одна от другой на 100 м. Для трасс, проходящих по участкам со сложным рельефом, пикеты могут разбиваться через 50 м.

Количество пикетов на бригаду – 12, количество поперечников – 2.

Если угол наклона местности больше 2°, то расстояние между пикетами увеличивают на величину поправки за наклон. Около каждого пикета забивают сторожок – кол или штырь с табличкой, на котором пишут номер пикета и номер бригады.

Расстояние до плюсовых точек, намечаемых на перегибах местности и пересечении трассы с дорогами и ЛЭП, измеряют от младшего пикета и отмечают сторожками, например ПК 5 + 65.0 (рис. 6.1).

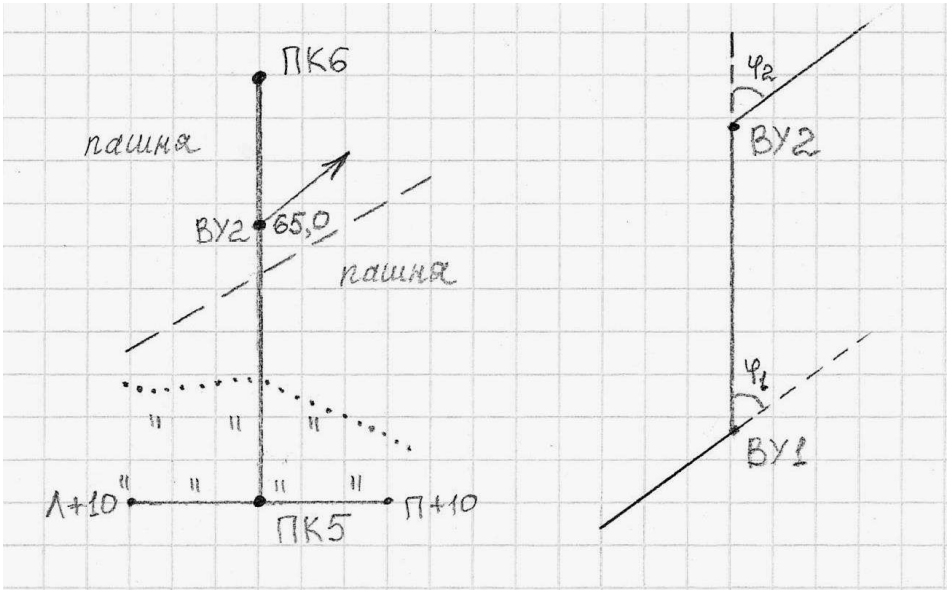


Рис. 6.1. Пикетажный журнал

Разбивают поперечные профили. Для этого перпендикулярно к оси трассы измеряют расстояние от оси трассы влево и вправо до точек перегиба местности. Концы поперечного профиля и точки перегиба отмечают сторожками, на которых надписывают расстояния от оси трассы с добавлением буквы Л (влево) или П (вправо) от оси трассы, например, Л + 10,0 или П + 5,0. Началом поперечного профиля может быть пикет или плюсовая точка. Его длину принимают по указанию преподавателя (10-20 м).

В процессе разбивки пикетажа ведут пикетажный журнал (рис. 6.1), в котором в масштабе 1:1000 показывают ось трассы, пикеты, плюсовые точки, поперечные профили, углы поворота, направление поворота трассы (стрелкой), на глаз зарисовывают контуры местности в полосе шириной по 20 м в обе стороны от оси трассы.

6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям

После выполнения поверок нивелира, результаты которых записывают на первой странице журнала, приступают к нивелированию по пикетажу. Нивелирование выполняют способом «из середины». Нивелирный ход привязывают к ближайшему реперу. На каждой станции хода две нивелирные точки являются связующими, с их помощью передают высоты по ходу. Остальные точки называются промежуточными. Как правило, связующими точками являются пикеты. Если превышение между пикетами больше длины рейки, то для передачи высот используют дополнительные связующие точки, называемые *Х* точками. *Х* точки закрепляют колышками или штырями. Между смежными пикетами может быть несколько точек *Х*, в зависимости от рельефа.

В качестве *X* точек можно использовать плюсовые точки. Примеры выбора станции и связующих точек показаны на рис. 6.2.

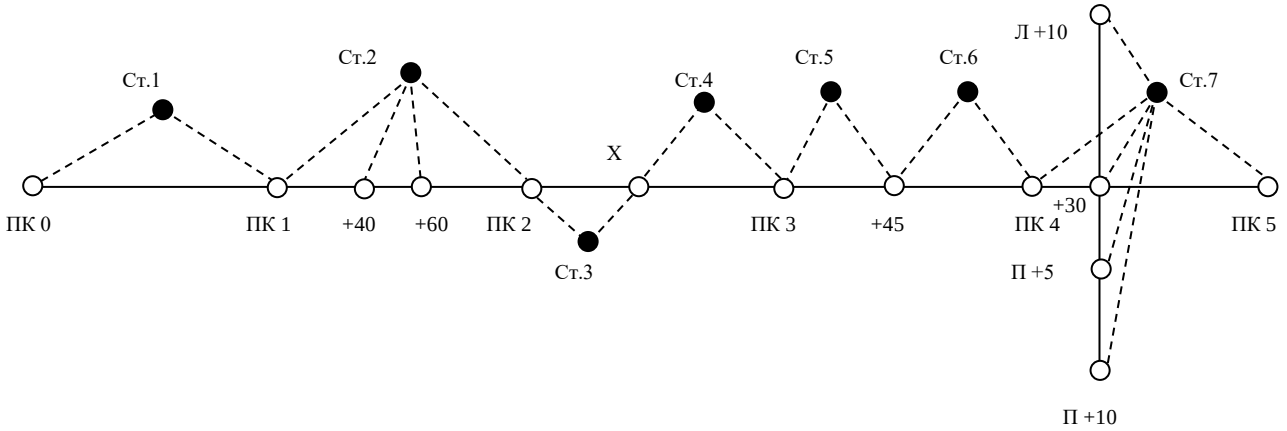


Рис. 6.2. Выбор станций при нивелировании трассы

6.4. Работа на станции при нивелировании

Все записи при нивелировании ведут в полевом журнале карандашом. Работу на станции производят в следующем порядке. Нивелир устанавливают примерно на равном расстоянии от связующих точек. Равенство расстояний определяют на глаз. На связующих точках на колышках устанавливают рейки.

Нивелир горизонтируют с помощью круглого уровня. Наводят трубу нивелира на заднюю рейку, совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по черной стороне рейки (1). Порядок записей и вычислений показан в таблице 6. Поворачивают рейку, проверяют точность совмещения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по красной стороне (2). Затем нивелир наводят на переднюю рейку, обязательно совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и снова берут отсчеты по черной и по красной сторонам рейки (3), (4).

При нивелировании все отсчеты и превышения записывают в миллиметрах.

Если отсчет по рейке больше 1 м, то рейку необходимо слегка покачивать вперед и назад. При этом в нивелир наблюдают и берут наименьший отсчет. Тут же на станции вычисляют превышения *h* по черной (5) и красной (6) сторонам реек по формуле:

$$h = З - П,$$

где З – отчет по задней рейке; П – отсчет по передней рейке.

Эти превышения не должны отличаться более чем на 5мм. При большем расхождении нивелирование связующих точек повторяют, несколько изменив высоту инструмента.

Если разность превышений, вычисленных на станции, не превосходит допуск, то вычисляют среднее превышение (7) до целых мм и записывают в графе 8 или 9.

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Таблица 6

Прямой ход

Дата 27.07.02

Исполнитель *Орлов*

№№ станции	Номер пикетов и промежут. точек	Отсчет по рейке			Превышения		Среднее превышение		Горизонт инструмента	Отметки точек	Номера пикетов и пром. точек	Примечания
		задний	передний	промежут.	+	-	+	-				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0-1	1861(1)	1363(3)		498(5)							
		6646(2)	6146(4)		500(6)		+2 499(7)			127,115	0	
2	1-2	0430(1)	0656(3)			226(5)			128,046	127,616	1	
		5218(2)	5440(4)			222(6)		+2 224(7)				
	1+40,0			2530(8)						125,516	1+40,0	
	1+60,0			2340(9)						125,706	1+60,0	
3	2-x	2830	420		2410					127,394	2	
		7615	5202		2413		+2 2412					
4	x-3	2131	720		1411							
		6915	5509		1406		+2 1408					
5	3-3+45,0	2752	151		2601					131,218	3	
		7535	4942		2593		+1 2597			133,816	3+45,0	
∑		43933	30549		13832	448	6916	224				
		+13384			+13384		+6692					
					+6692							

Вычислил *Петров*

Проверил *Иванов*

Одновременно с нивелированием связующих точек нивелируют плюсовые точки и точки поперечного профиля. Для этого после вычисления среднего превышения на станции рейку с задней связующей точками и точки поперечного профиля, устанавливают ее на землю у сторожков нулем вниз, берут по одному отсчету только по черной стороне рейки и записывают отсчет в графу 5 (8), (9).

После этого задний реечник переходит на следующую связующую точку, а передний остается на предыдущей связующей точке, наблюдатель переходит и выбирает следующую станцию. Если в районе трассы есть только один репер, к которому будет привязываться трасса, то для контроля нивелирования студенты на практике прокладывают обратный нивелирный ход, начиная нивелирование с последнего пикета. В обратном ходе нивелируют только связующие точки. Если есть возможность привязать последний пикет к реперу, то обратный ход не прокладывают.

Все записи в журнале должны быть выполнены аккуратно, без подчисток и исправлений. Неправильные записи зачеркивают, а в примечаниях пишут причину зачеркивания.

В полевом журнале дают схему привязки (рис. 6.3) и делают полевую привязку. Для этого выполняют нивелирование от репера до ПКО в прямом и обратном направлениях, вычисляют среднее превышение $h_{ср}$.

Решают привязку, т. е. вычисляют отметку ПКО ($H_{пко}$) по формуле:

$$H_{ПКО} = H_{Rp} + h_{ср}$$

$$h_{ср} = \frac{h_{пр} + h_{обр}}{2},$$

если привязка сделана по схеме (*а*).

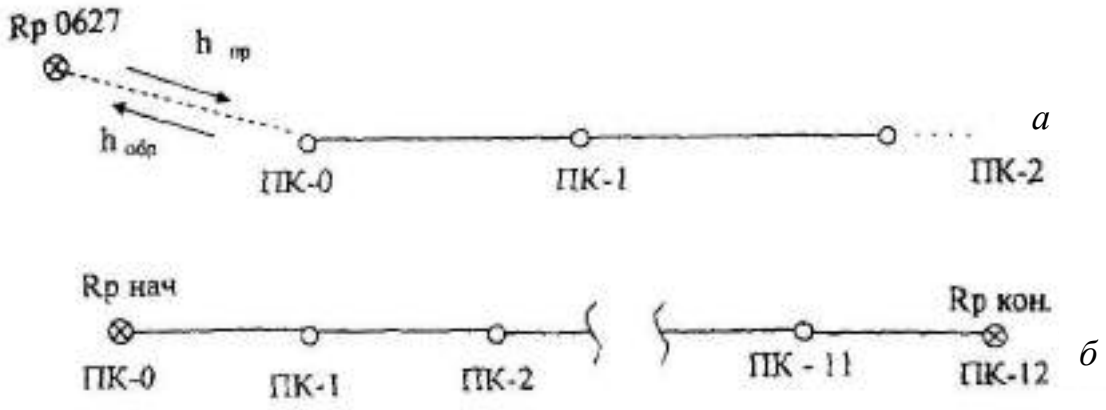


Рис. 6.3. Схемы привязки нивелирного хода:
а – висячий ход, *б* – разомкнутый ход

6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования

Камеральную обработку производят в таком порядке:
- обработка нивелирного журнала;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

6.5.1. Обработка нивелирного журнала

Для проверки правильности записей и вычислений в журнале производят постраничный контроль по формуле:

$$\sum З - \sum П = \sum h.$$

Для этого на каждой странице журнала находят: суммы отсчетов ∑3, ∑4 по графам 3, 4; суммы превышений ∑6, ∑7, ∑8, ∑9 по графам 6, 7, 8, 9 (таблица 6). Вычисляют величины:

$$\sum 3 - \sum 4; \quad \sum 6 + \sum 7; \quad \sum 8 + \sum 9.$$

Соблюдение равенств:

$$\sum 3 - \sum 4 = \sum 6 + \sum 7; \quad \frac{\sum 6 + \sum 7}{2} = \sum 8 + \sum 9,$$

показывает, что вычисления на данной странице сделаны верно. Аналогично производят контроль и на следующих страницах журнала. Суммируя величины (∑8 + ∑9) отдельно по прямому и обратным ходам, получают суммарное превышения $\sum h_{прям}$ – прямого и $\sum h_{обр}$ обратного ходов. Сумма величин $\sum h$ прямого и обратных ходов дает невязку f_h:

$$f_h = \sum h_{прям} + \sum h_{обр}.$$

Если ход пройден точками с известными отметками $H_{НАЧ}$ и $H_{КОН}$ (рис. 6.3, *б*), невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \sum h_{ср} - (H_{КОН} - H_{НАЧ}).$$

Допустимое значение невязки вычисляют по формуле:

$$f_{h доп} = \pm\sqrt{L(км)}, \text{ мм},$$

где L – длина хода (в километрах) от начального до конечного пикета. Вычисляют невязку в полевом журнале, на чистой странице.

Если полученная невязка больше допустимой, то нивелирный ход переделывают. Если полученная невязка допустима, то в случае (*а*) половину ее распределяют с обратным знаком поровну в превышения прямого хода, округляя при этом поправки до целых километров. Во втором случае (*б*), вся невязка распределяется поровну с обратным знаком на превышения между связующими точками. Поправки в превышениях δ_h вычисляют по формуле:

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n},$$

где n – число превышений.

Записывают поправки над средними превышениями в полевом журнале. Исправленные превышения определяют по формуле:

$$h_1 = h_{ср} + \delta_{h1}.$$

Из привязки хода к реперу вычисляют отметку нулевого пикета $H_{ПКО}$ (в нашем примере $H_{ПКО}$ = 127,115 м). Записывают ее в графе (II) напротив нулевого пикета (0).

Зная эту отметку и исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки связующих точек по всему ходу:

$$H_1 = H_0 + h_1, \quad H_2 = H_1 + h_2 \ \ldots$$

Получив отметку последнего пикета $H_К$, проверяют правильность вычислений по формуле:

$$H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - \frac{f_h}{2} \ (а) \text{ или } H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - f_h \ (б).$$

Вычисления в журнале заканчивают нахождением отметок промежуточных точек. Их вычисляют через горизонт инструмента ГИ. Горизонтом инструмента называют отметку визирного луча нивелира на данной станции. ГИ вычисляют по формуле:

$$ГИ = Н + a,$$

где Н – отметка связующей точки на данной станции; a – отсчет по черной стороне рейки на этой точке.

Пример: Для станции 2 в таблице 6:

$$ГИ = H_1 + a_1,$$

$H_{ПК1}$ = 127,616 м, a_1 = 0430 мм – отсчет на ПК1,

ГИ = 128,046 м (записывают в графу 10 напротив станции 2).

Отметки промежуточных точек $Н_{ПРОМ}$ находят вычитанием промежуточных отсчетов по рейке «*с*» из горизонта инструмента:

$$H_{ПРОМ} = ГИ - c.$$

На этой же станции находим:

$H_{ПК1+40.0} = 128{,}046 - 2{,}530 = 125{,}516$ м,

$H_{ПК1+60.0} = 128{,}046 - 2{,}340 = 125{,}706$ м.

6.5.2. Построение профиля трассы

По вычисленным отметкам пикетов, плюсовых точек и точек поперечного профиля на координатной бумаге строят продольный и поперечный профили местности по трассе. Масштабы построения:

- для продольного профиля: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1:200;
- для поперечного профиля: горизонтальный 1: 200, вертикальный 1:200.

Последовательность построения профиля приведена ниже.

Первоначально вычерчивают сетку профиля. Название граф и размеры в миллиметрах показаны на рис. 6.4.

В графе «Расстояния» отмечают положения пикетов и плюсовых точек, выписывают расстояния между плюсовыми точками и пикетами. *X* точки не строят. Ниже этой графы выписывают номера пикетов.

Пользуясь пикетажным журналом, заполняют графу «План трассы», в которой показывают:

а) ось в виде прямой линии красного цвета;

б) ситуацию (по результатам съемки полосы местности) соответствующими условными знаками.

В графу «Фактические отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки всех пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и надписывают отметку условного горизонта, которая должна быт на 5-8 метров меньше самой низкой отметки по трассе.

В системе прямоугольных координат, где линия условного горизонта – ось расстояний, а вертикальная линия, проходящая через нулевой пикет – ось отметок, строят положение всех пикетов и плюсовых точек.

Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают продольный профиль местности по оси трассы. Все построения выполняют карандашом.

Над точками продольного профиля, которые служили началом поперечных профилей, строят сетки поперечных профилей (рис. 6.4).

Заполняют графы «Расстояния» и «Фактические отметки» так же, как это делалось при построении продольного профили. Под сеткой надписывают пикетажные обозначения точек поперечного профиля.

Выбрав условный горизонт, строят положение точек поперечного профиля. Соединив полученные точки, получают поперечный профиль местности.

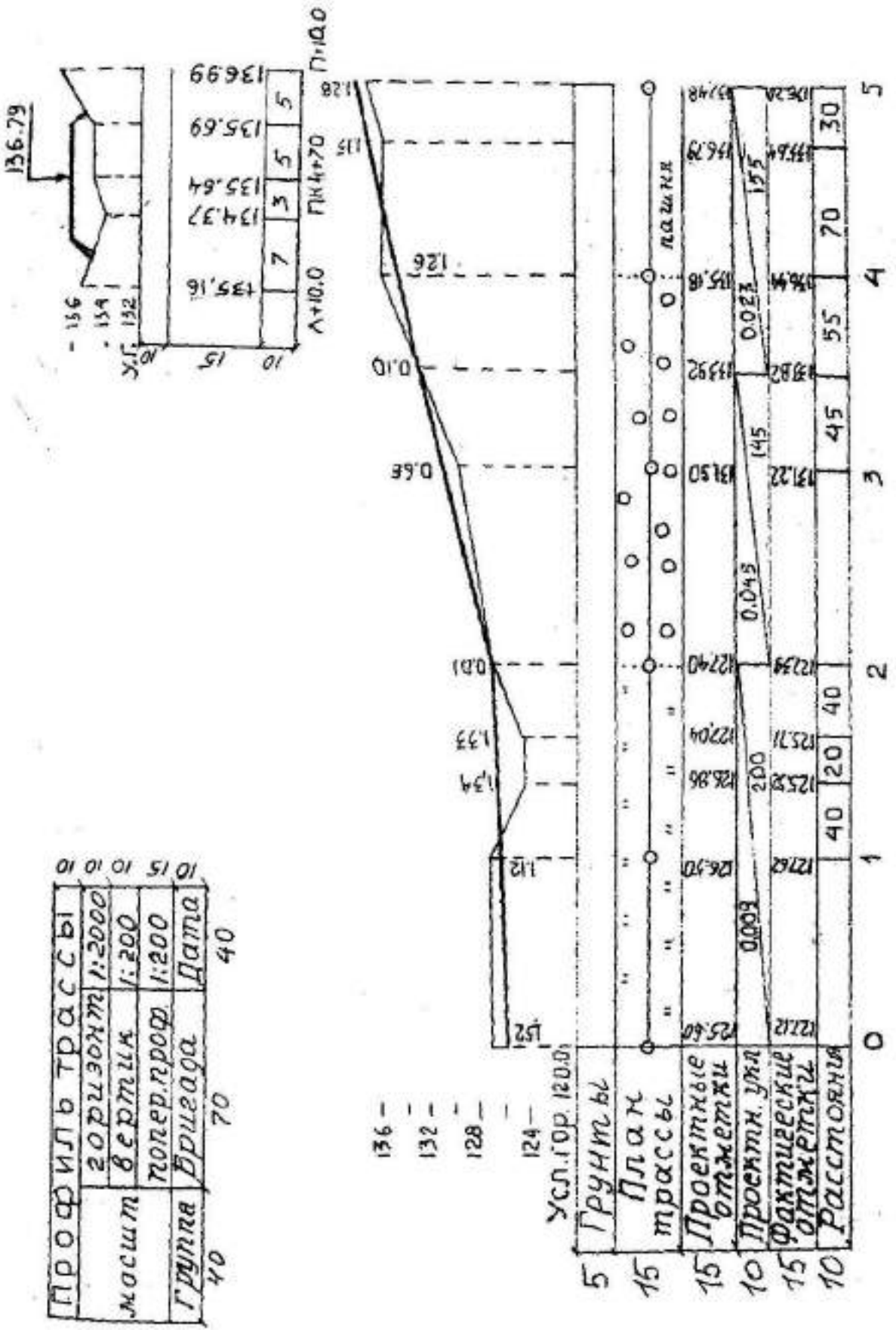


Рис. 6.4. Профиль трассы

Профиль местности – графический документ, позволяющий решать ряд инженерных задач.

6.5.3. Проектирование по профилю

На практике по продольному профилю студенты проводят проектную линию, которая будет являться профилем оси будущего инженерного сооружения (дороги, канала и т. д.). Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

- уклоны участков проектной линии не должны превышать допустимых значений (предельный уклон задается преподавателем);
- объем земляных работ должны быть минимальным;
- объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковы, т. е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;
- шаг проектирования принимают от 100 до 600 м;
- измерение уклона проектной линии можно производить на пикетах или плюсовых точках.

Проектная отметка ПКО задается преподавателям или принимается равной фактической отметке этого пикета.

На рис. 6.4 проектная отметка ПКО H_0 = 125,60 м участков проектной линии с разными уклонами намечено три: длиной 200, 145 и 155 м; измерение уклона проектной линии предусмотрено в двух точках: на ПК2 и на плюсовой точке ПК3+45,0 расчет и вычерчивание проектной линии производится в следующем порядке:

По профилю определяют приближенно (с точностью 0,1 мм в вертикальном масштабе профиля) проектные отметки точек перелома и конца проектной линии:

$$H_2 = 127{,}4\text{м}; \quad H_{3+45.0} = 133{,}8\text{ м}; \quad H_5 = 137{,}4\text{ м}.$$

Вычисляют превышения по участкам проектной линии:

$$h_1 = H_2 - H_0 = +1{,}8\text{ м};$$
$$h_2 = H_{3\text{-}45.0} - H_2 = +6{,}4\text{ м};$$
$$h_3 = H_5 - H_{3+45.0} = +3{,}6\text{ м}.$$

вычисляют уклоны i – отношения превышений h к горизонтальным проложениям участков проектной линии d:

$$i = \frac{h}{d}..$$

$$i_1 = \frac{1{,}8}{200} = +0{,}009;$$

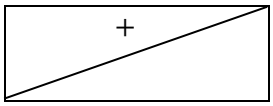
$$i_2 = \frac{6,4}{145} = +0,045;$$

$$i_3 = \frac{3,6}{155} = +0,023.$$

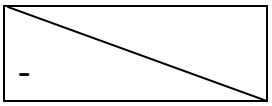
Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

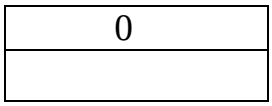
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (*а*), спуском (*б*) или горизонтальные (*с*) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.



(*а*)



(*б*)



(*с*)

По значениям округленных уклонов вычисляют и выписывают в соответствующую графу продольного профиля проектные отметки концов участков проектной линии по формуле:

$$H_{n\text{-}1} = H_n + i \times d.$$

Для нашего примера:

$$H_2 = 125,60 + 0,009 \times 200 = 125,60 + 1,80 = 127.40 \text{ м};$$

$$H_{3\text{-}45} = 127,40 + 0,45 \times 145 = 127,40 + 6,52 = 133,92 \text{ м};$$

$$H_5 = 133,92 + 0,023 \times 155 = 133,92 + 3,56 = 137,46 \text{ м}.$$

На профиле уточняют по вычисленным отметкам положение точек перелома и конца проектной линии, соединяют полученные отрезки линиями и получают проектный профиль оси будущего инженерного сооружения.

Вычисляют и выписывают проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек трассы по той же формуле (здесь «*d*» – это расстояние между пикетами, или расстояние от пикета до плюсовой точки). $H_1 = H_0 + i \times 100 = 126,50$ м, $H_{1\text{-}40} = H_1 + i \times 40 = 126,86$ м. Контролем вычислений служат выписанные проектные отметки конца участков проектной линии.

Вычисляют рабочие отметки как разности проектных и фактических отметок соответствующих точек профиля. Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше, а отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

В заключении по вычисленной отметке точки оси поперечного профиля наносят положение проектной линии на поперечном профиле. Над проектной линией выписывают ее отметку. Проектную линию наносят горизонтально, по 10м влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав

45°, ширина дна кювета – 0,6 м. Над продольным профилем вычерчивают штамп.

Перечень сдаваемых материалов: отчет по нивелированию (раздел в общем отчете по практике), пикетажный журнал, журнал нивелирования, профиль местности по оси трассы.

7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

На геодезической практике студенты выполняют следующие инженерно-геодезические задачи:

- вынос в натуру точки с заданными координатами;
- вынос на местность точки с заданной отметкой;
- вынос в натуру линии с заданным уклоном.

Проектные данные для выполнения этих задач (отметки, длины линий, уклон, координаты) задает преподаватель.

Подготовительные работы для решения инженерно-геодезических задач выполняются по топографическому плану масштаба 1:500, составленному студентами по результатам тахеометрической съемки.

Вынос проекта в натуру (геодезические разбивочные работы) осуществляются от имеющихся на участке пунктов геодезической сети с использованием следующих геодезических приборов: теодолита Т-30, нивелира Н-3 или Н-10, мерной ленты, рулетки.

7.1. Элементы геодезических разбивочных работ

Разбивочные работы можно представить как совокупность отдельных простых операций. Рассмотрим основные из них.

7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла

Над вершиной угла *O* устанавливают теодолит и ориентируют его лимб вдоль заданного направления *OA*. Вращением алидады откладывают проектный угол β и по направлению визирной оси трубы забивают колышек C_1. Для исключения влияния коллимационной ошибки проводят трубу через зенит и откладывают величину угла β при другом положении вертикального круга, забивают колышек в точке C_2. Расстояние C_1-C_2 делят пополам, полученный угол *AOC* и будет проектным углом. После построения проектного угла производят контрольные измерения этого угла (см. рис. 7.1).

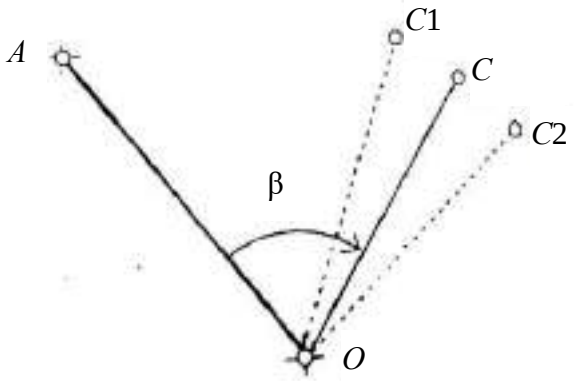


Рис. 7.1. Построение на местности проектного горизонтального угла

7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния

Для выноса проектного расстояния по заданному направлению мерной лентой откладывают наклонную длину, конец линии закрепляют колышком. Для контроля длину линии измеряют второй раз – обратно. Наклонное проектное расстояние находят по формуле:

$$L = \sqrt{D^2 + h^2} \ ,$$

где D – горизонтальное проложение линии, м; h – превышение между точками концами линии, м.

D и h определяют по топографическому плану.

7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом)

На топографическом плане запроектирована буровая скважина (C), которую необходимо вынести в натуру от ближайших пунктов геодезической сети (в примере пункты 1 и 2 на рис. 7.2).

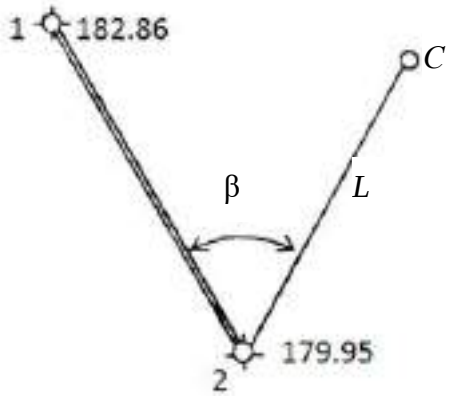


Рис. 7.2. Схема выноса в натуру запроектированной точки

Прямоугольные координаты и отметки пунктов геодезической сети 1 и 2 выписывают из ведомостей вычисления координат и высот точек съемочного обоснования, а координаты и отметку точки *C* студенты определяют графически с топографического плана (таблица 7).

Таблица 7

Исходные данные

	X	*У*	*H*
1	3833,62	2950,42	182,86
2	3771,20	2838,80	179,95
C	3764,42	2858,20	184,50

Для переноса запроектированной точки в натуру применим способ полярных координат.

Вначале выполняют геодезическую подготовку проекта. Для этого необходимо вычислить разбивочные элементы, т. е. полярный угол β и полярное расстояние *L* по формулам:

$$\beta = \alpha_{2\text{-}C} - \alpha_{2\text{-}1},$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \operatorname{arctg}\frac{Y_C - Y_2}{X_C - X_2},$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \operatorname{arctg}\frac{Y_1 - Y_2}{X1 - X_2},$$

$$L = \sqrt{D^2 + h^2}, \quad D_{2-C} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \; h = H_C - H_2,$$

где X_1, X_2, Y_1, Y_2 – прямоугольные координаты исходных пунктов; X_C, Y_C – прямоугольные координаты запроектированной точки *C*; H_2, H_C – отметки точек 2 и *C*; $D_{2\text{-}C}$ – горизонтальное проложение линии 2 – *C*; *L* – наклонное проектное

расстояние от пункта 2 до точки *C*; $\alpha_{2\text{-}C}$, $\alpha_{2\text{-}1}$ – дирекционные углы линий 2-*C* и 2-1.

В нашем примере:

$$r(\alpha_{2-1}) = \text{arctg}\frac{2950{,}42 - 2838{,}80}{3833{,}62 - 3771{,}20} = \text{arctg}\frac{+111{,}62}{+62{,}42} = 1{,}78821 \ (1-\text{ячетверть}),$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \alpha_{2-1} = 60°47'07''.$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \text{arctg}\frac{2858{,}20 - 2838{,}80}{3764{,}42 - 3771{,}20} = \text{arctg}\frac{+19{,}40}{-6{,}78} = 2{,}86136 \ (2-\text{ячетверть}),$$

$$r_{2-C} = 70°44'10''.$$

$$\alpha_{2-C} = 180° - 70°44'10'' = 109°15'50'',$$

$$\beta = 109°15'50'' - 60°47'07'' = 48°28'43'',$$

$$D_{2-C} = \sqrt{19{,}40^2 + 6{,}78^2} = 20{,}55, \text{ м},$$

h = 184,50 м – 179,95 м = 4,55 м,

$$L = \sqrt{20{,}55^2 + 4{,}55^2} = 21{,}05, \text{ м}.$$

Затем составляют разбивочный чертеж в масштабе топографического плана, на котором запроектирован объект (рис. 7.3).

На разбивочный чертеж наносят: пункты геодезической сети (1, 2); величины углов и линий, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектированной точки.

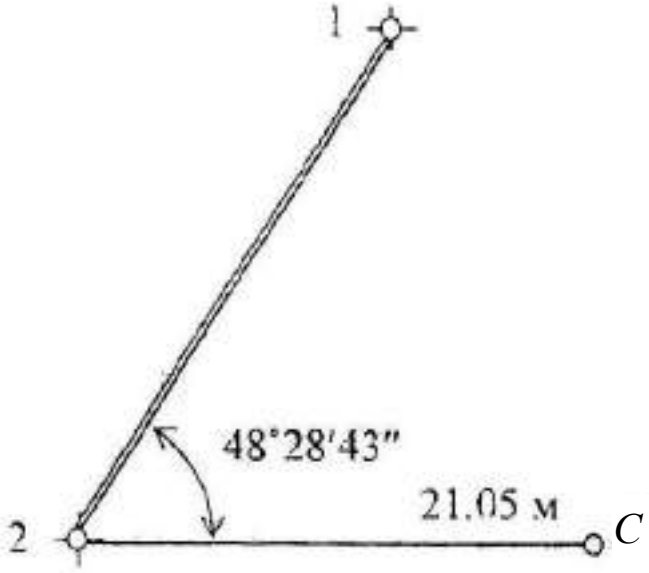


Рис. 7.3. Разбивочный чертеж

На местности в точке 2 устанавливают теодолит и способами изложенными выше (7.1.1, 7.1.2), отмеряют величины, указанные на разбивочном чертеже. Для контроля можно вычислить полярные координаты точки *C* от пункта 1.

7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0 = 49,347 м необходимо вынести на местность точку В с проектной отметкой $H_{пр}$ = 48,000 м. Сначала точку В выносят и закрепляют на местности в соответствии с ее плановым положением.

Для выноса проектной отметки в точке В между исходной точкой А и проектной точкой В устанавливают нивелир (рис. 7.4).

Установив рейку на т. А, берут по ней отсчет *a* (пусть *a* = 0,572 м).

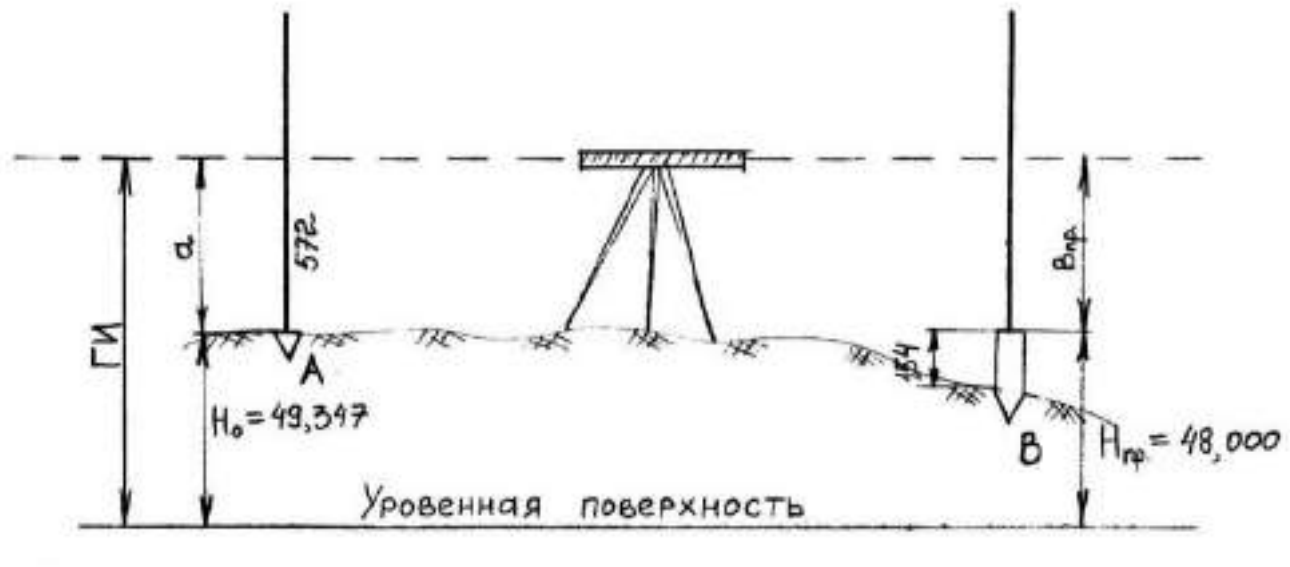


Рис. 7.4. Вынос в натуру точки с проектной отметкой

Определяют горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$ГИ = H_0 + a = 49{,}347 + 0{,}572 = 49{,}946 \text{ м}.$$

Вычисляют проектный отсчет по рейке $в_{пр}$, соответствующий проектной отметке точки В.

$$в_{пр} = ГИ - H_{пр} = 49{,}946 \text{ м} - 48{,}000 \text{ м} = 1946 \text{ мм}.$$

Затем, наблюдая в трубу нивелира по рейке установленной в точке В, забивают колышек на такую глубину, чтобы отсчет по рейке, установленной пятой на колышке, был равен вычисленному значению $в_{пр}$ = 1946 мм.

Допустим, отсчет по рейке в т. В равен 2100 мм, тогда 2100 – 1946 = 154 мм, это величина, на которую надо приподнять колышек, чтобы получить проектную отметку, соответствующую верху колышка.

7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0 = 50,20 м (рис. 7.5, *а*) требуется разбить линию длинной D = 30 м с уклоном i = 0,040.

Проектное направление линии выносят на местность, закрепляют точками, расположенными через 10 м (1, 2, В).

Вычисляют проектные отметки точек 1, 2, В по формуле:

$$H_{\text{пр}} = H_0 + i \times d,$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка точки, закрепленной на линии АВ; i – проектный уклон; d – расстояние от исходной точки А до определенной точки.

$$H_{\text{пр1}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 10 = 50{,}20 + 0{,}04 = 50{,}24 \text{ м};$$

$$H_{\text{пр2}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 20 = 50{,}20 + 0{,}08 = 50{,}28 \text{ м};$$

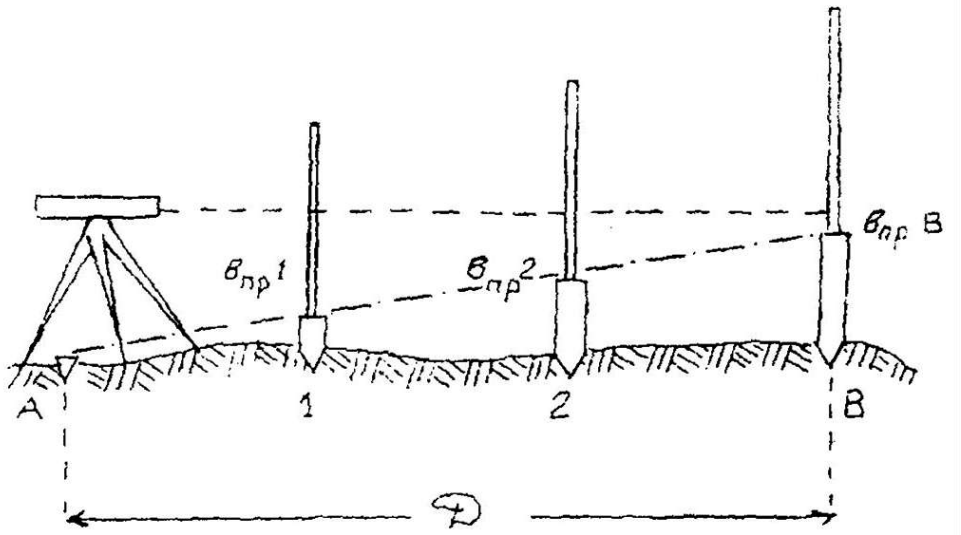
$$H_{\text{прВ}} = 50{,}20 + 0{,}040 \times 30 = 50{,}20 + 0{,}12 = 50{,}32 \text{ м}.$$

Вычисленные проектные отметки точек 1, 2, В выносят в натуру изложенным выше способом. На рис. 7.5, *а* $в_{\text{пр}}1$, $в_{\text{пр}}2$, $в_{\text{пр}}$ В – проектные отсчеты по рейке в точках 1, 2, В.

При другом способе разбивки проектного уклона подъемными винтами нивелира наклоняют трубу нивелира до тех пор, пока отсчет по рейке на вынесенной проектной точке В не станет равен высоте инструмента. В результате линия визирования будет параллельна линии заданного уклона. Промежуточные точки линии определяют установкой рейки в точках 1 и 2 и получением на них того же отсчета, что и на точке В (рис. 7.5, *б*).

Материалы, прилагаемые к отчету в главе «Инженерно-геодезические задачи».

а



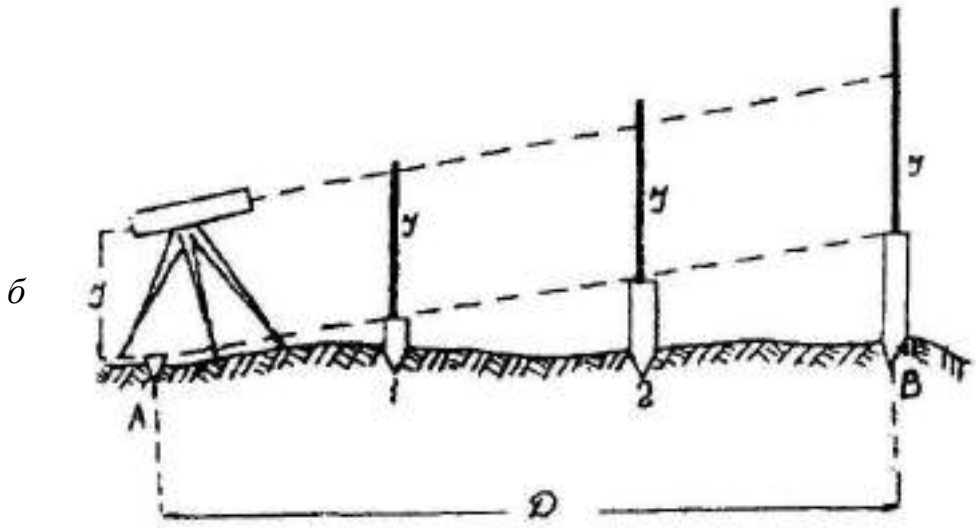


Рис. 7.5. Построение заданного уклона

В отчете по геодезической практике в главе «Инженерно-геодезические задачи» дается описание решения задачи, все вычисления по определению разбивочных элементов и разбивочные чертежи с указанием углов и длин, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектных точек; на топографическом плане бригады указывают проектные точки.

8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

По итогам геодезической практики студенты пишут бригадный отчет. Отчет оформляется на листах А-4. В отчете отражаются следующие вопросы:

- описание участка работ: местоположения, рельеф, растительность, гидрография, дорожная сеть, наличие населенных пунктов, промышленных предприятий и т. п.;

- виды геодезических работ, поверки приборов, камеральная обработка результатов полевых измерений, результаты и допуски;

- виды работ, выполненные отдельными студентами.

Содержание отчета:

1. Общие сведения.
2. Физико-географическая характеристика района работ.
3. Рекогносцировка местности и закладка центров.
4. Поверки теодолита.
5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний.
6. Вычисление координат и отметок съемочного обоснования.
7. Тахеометрическая съемка.
8. Поверки нивелира.
9. Геометрическое нивелирование.
10. Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы.
11. Решение инженерно-геодезических задач.
12. Вычерчивание топографического плана.

К отчету прилагаются:

1. Схема съемочного обоснования и привязки в произвольном масштабе (на схему выписывают средние значения измеренных углов и длин).
2. Журналы измерения углов и длин сторон.
3. Ведомости вычисления отметок точек съемочного обоснования.
4. Ведомость вычисления координат точек съемочного обоснования.
5. Журнал тахеометрической съемки.
6. Абрисы.
7. Топографический план масштаба 1:500.
8. Пикетажный журнал.
9. Журнал нивелирования.
10. Профиль местности по оси трассы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения.

ГКИНП-02-033-79. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

Клепко В. Л., Назаров И. В. Геодезия: курс лекций. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 148 с.

СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Стандартный шрифт

Стандартный шрифт (по ГОСТу 2.304-81 – чертежный шрифт) пишется от руки с наклоном 1:3. Применяется для ведения записей в журнале и оформления документации.

СХЕМА Профиль План

147°25′ 638,9 70,241 139°57′

Студент Преподаватель

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Вычислительный шрифт

Вычислительный шрифт имеет прямое начертание. Он применяется при полевых и вычислительных работах. Шрифт легко запоминается и читается, прост в исполнении.

Пирамида. Сигнал. Азимутный пункт. Широта и долгота. Наблюдение горизонтальных углов. Исправленные углы.

4152 43175 9.175 371 3.323 715 4252.62 3189.14
2245 11657 7963.57 152 343.5 1.569 145 2356.16
250° 41' 24° 32' 293° 38' 45" 225° 49' 31° 53' 47" 15° 24'

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ Б2.Б.03(У) ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, Ч. 3.

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент;
Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 8 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе «Геология», который читается всем студентам Уральского государственного горного университета (УГГУ), предусмотрено проведение учебной геологической практики. Она является важной составной частью образовательного процесса, так как способствует формированию у студентов умения наблюдать, документировать и обобщать различного рода геологические факты. Все это – основа для закрепления теоретической части указанного курса. В итоге студенты приобретают определенную базу восприятия специальных учебных дисциплин геологического профиля.

Место проведения практики, которое включает обнажения в городе Екатеринбург и его окрестностях, в пределах листов О-41-XXV и О-41-XXXI, выбрано в связи с тем, что здесь на сравнительно небольшой площади расположены разнообразные объекты, которые характеризуются сложным геологическим строением и разнообразием горных пород и месторождений полезных ископаемых всех геодинамических обстановок, проявленных на Урале.

Студенты заочного обучения, работающие на предприятиях геологоразведочного и горного профиля с согласия преподавателя могут проходить учебную геологическую практику на своем предприятии, предварительно получив для этого разрешение руководства учреждения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Учебная геологическая практика после первого курса обучения студентов проводится в течение двух недель.

Цель практики: закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов по общей и исторической геологии путем изучения результатов эндогенных и экзогенных процессов в натуре на природных геологических объектах и знакомство студентов с элементами документирования естественных и искусственных обнажений.

Задачи практики:

- ознакомление студентов с основами методики полевых геологических, геоморфологических и гидрогеологических наблюдений, с документацией полевых наблюдений, с некоторыми горнопромышленными предприятиями в окрестностях г. Екатеринбурга.

- обучение студентов свободному владению горным компасом при работе с картой и выполнении различных замеров на местности, документированию опорных разрезов, горных выработок и различных объектов при маршрутных наблюдениях, камеральной обработке полевых материалов и оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

- знать основные геологические структуры земной коры на территории Среднего Урала и геологическую историю их развития;

- иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, приводящих к образованию и преобразованию различных месторождений полезных ископаемых, о пространственно-временных основах геологии, базирующихся на методе актуализма, т. е. развитии процессов и геологических структур в пространстве и во времени;

- закрепить навыки и уметь определять минералы и горные породы как продукты различных геологических процессов; наблюдать и документировать обнажения и горные выработки, уметь вести абрис маршрута, полевую книжку; отбирать стандартные образцы для геологической коллекции; замерять элементы залегания горных пород и трещиноватости горным компасом, составлять фрагментарные геологические схемы и

планы, разрезы к ним; анализировать условия их залегания, возрастные взаимоотношения различных геологических образований как в обнажениях, так и на геологических картах и фиксировать все полученные материалы в геологическом отчете;

- отличать экзогенные процессы, обусловленные антропогенными факторами.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Геологическая практика должна проводится квалифицированными специалистами, имеющими соответствующее образование. Как любые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный этап. В течение этого этапа со студентами проводятся лекции о целях и задачах экскурсий, формируются учебные бригады, собирается, закупается и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, саперная лопатка, складной нож, ручка, карандаш, офицерская линейка, медицинская аптечка) и документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки), позволяющие фиксировать полученные наблюдения. Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада. Полевой дневник должен иметь каждый учащийся. На подготовительном этапе дается форма дневника (полевой книжки) и другой геологической документации.

Для успешного проведения геологических экскурсий заранее необходимо осуществлять рад мероприятий, направленных на строгое выполнение правил по технике безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр всех экскурсантов и сделать предохранительные прививки.

Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов непосредственно перед проведением экскурсий с правилами техники безопасности с росписью в соответствующей ведомости. Экскурсанты должны усвоить правила техники безопасности при 1) проведении маршрутов, 2) использовании автотранспорта, 3) обеспечении питьевой водой, 4) оказании доврачебной помощи.

В *полевой этап* проводятся геологические маршруты на хорошо обнаженные геологические объекты, сложенные различными метаморфическими, осадочными и магматическими породами; на месторождения полезных ископаемых различного генезиса.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических объектов с теми или иными явлениями и процессами.

Выполнение маршрутного задания, прежде всего, зависит от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригад перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за составление абриса маршрута и привязку обнажений, другие за работу с горным компасом, за отбор образцов горных пород, фотографирование геологических объектов и т.д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов. Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса. Количество их и содержание определяется целями и задачами, планом обучения и программой геологических экскурсий.

Практически во многих случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими геологическими процессами и объектами. Целесообразность таких маршрутов обусловлена выявлением взаимосвязи отдельных геологических процессов и явлений. Например, в одном маршруте полезно проследить связи между формами рельефа, литологией пород и тектоникой района,

выходами подземных вод на поверхность и определенным стратиграфическим горизонтом, выветриванием и составом горных пород и т.д.

Необходимо особенно подчеркнуть, что *геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно.* Это означает, что после описания какого-либо объекта или процесса наблюдение за ним (ними) не прекращается, а продолжается в процессе всего маршрута.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, осуществление тектонических, геоморфологических и других наблюдений и записи в полевой книжке проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Тн). По характеру изучаемых явлений "Тн" можно условно разделить на три вида: изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных вод, выветривания и т.д.), изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях и, наконец, наиболее частый случай, когда исследуется и те, и другие вопросы. Остановка на "Тн" даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы на такой точке породы были хорошо обнажены, легко доступны для наблюдения и вместе с тем обладали чертами, существенными для понимания строения района.

При остановке на "Тн", прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (по компасу, солнцу, часам или другим способом) и определить нахождение точки не карте и местности, т.е. дать адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии (вершины гор характерные излучины рек, устья ручьёв) или глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной "Тн" на карту год соответствующим номером (нумерация точек должна быть сквозная).

Изучая на точке геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления - геоморфологию, гидрографию, тектонику и т.д. Переходя к описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине и тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажения в русле рек, стенки и забои карьере или шурфа и т.д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание даётся либо в обобщенном виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачку снизу вверх (рис. 1). В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика главных отличительных и генетически важных свойств пород: текстура, структура, минеральный состав, различные неоднородности, тектонические дислокации. В описании указываются элементы залегания слоистости, сланцеватости, крыльев складок или плоскостей сместителя и т.д. Отмечаются места взятия образцов и их нумерация. На левой стороне пикетажной книжки делаются зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании пород целесообразен следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, студенты должны внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты или метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. Руководитель консультирует и направляет работу, как отдельных студентов, так и всей группы, и в итоге устанавливается общая картина обнажения. После этого делают полное описание, а затем схематическую зарисовку обнажения, которая дублируется фотографированием. При необходимости делают зарисовки и фотографии деталей обнажения.

В первых маршрутах и при изучении принципиально новых объектов преподаватель должен сам давать соответствующие описания. Позднее, когда школьники овладеют определёнными навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своём полевом дневнике на

данной "Тн". Остальные участники делают замечания и дополнения. Преподаватель обобщает все сказанное и формулирует данные для общей записи.

Камеральный этап. Камеральные работы проводятся последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на составление отчёта и его защиты.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов;
- оформление рисунков к отчёту, изготовление и описание стратиграфических разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий, их ретуширование, при необходимости вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород и минералов, уточнение наименований окаменелостей с использованием атласа руководящих форм, составление рабочей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчёта;
- защита отчёта.

Главная цель написания отчёта - овладение навыками анализа и обобщения геологических наблюдений и умение геологически грамотно изложить результаты такого обобщения в отчёте, правильного подбора и изготовления графических приложении, составления списка литературы.

2.1. Документация при ведении геологических маршрутов

Обилие различного рода информации, получаемой в результате геологических исследований, разнообразие форм и методов обработки делают задачу систематизации и унификации первичных геологических данных чрезвычайно важной

Первичная геологическая документация при ведении геологических маршрутов включает: I) дневники (полевые книжки); 2) формы регистрации каменного материала - журналы образцов, проб и др.; 3) этикетки; 4) зарисовки обнажений, горных выработок, керна скважин, отдельных деталей геологических тел и т.п.; 5) фотографии естественных и искусственных обнажений и их деталей.

Ко всем видам первичной геологической документации предъявляются единые требования к её оформлению;

1. Все записи должны делаться максимально разборчиво, с тем, чтобы не создавать затруднений при их чтении.
2. Записи должны иметь стандартную форму и строгую последовательность перечисления признаков описываемого объекта.
3. Записи производятся простым карандашом или шариковой ручкой. Использование химических карандашей и чернил всех видов (в том числе фломастеров) воспрещается.
4. Во всех формах документации во избежание затирания записей следует оставлять поля с внешней стороны листа.
5. Рекомендуется все данные о номерах наблюдений, образцов, проб и элементах залегания выделять из текста отдельной строчкой или условным знаком (если для них не предусмотрена фиксация в специальных графах формы документации).
6. Все страницы дневников, пикетажных книжек и других сброшюрованных форм документации должны иметь сквозную нумерацию.

Дневник (полевая книжка) – основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых, геоморфологических и др.). Он изготовляется в виде книжки в твердом переплете, покрытом дермантином или другим материалом, предохраняющем ее от сырости,

механических или иных повреждений. Рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительности и почвенного покрова.

Задняя крышка обычно имеет клапан, закрывающий торец книжки. На третьей странице обложки иногда изготовляется карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 на 15-18 см (для кармана полевой одежды) до 13-15 на 20-22 см (для полевой сумки). Большие форматы не рекомендуются вследствие неудобства для использования в маршруте, меньшие - как неоправданно дробящие запись на чрезмерно короткие строки и затрудняющие ее чтение.

Рекомендуемый объем дневника - 100-130 листов. Дневник должен изготовляться из хорошей бумаги и нескольких листов кальки, миллиметровки.

На обороте переплета может помещаться перечень признаков, обязательных для наблюдения.

Титульный лист дневника должен содержать название организации, экспедиции (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исполнителя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдений и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На первой странице помещается оглавление дневника.

На второй странице помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведется запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т.п. указывается день, месяц, год и цель работы. Описание каждой точки наблюдения начинается с красной строки. Привязка точки к местности или предыдущей точке помещается рядом с её номером и образует вместе с ним отдельную строку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками, номера образцов и проб подчеркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерение элементов залегания, радиоактивности, содержание химических элементов выделяются отдельной строкой.

На левой стороне дневника помещаются вспомогательные записи, облегчающие пользование документацией. На неё выносятся все номера образцов, проб и других видов каменного материала, номера фотографий (с указанием их содержания), могут выносится также элементы залегания. На этой же стороне помещаются зарисовки геологических объектов и их деталей, а также различные схемы для обнажений (отбора образцов и проб, расположение рисунков и фотографий и т.п.) для участков (расположение геологических тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок). Здесь же излагаются предположения и соображения исследователей, возникающие в процессе наблюдения, но требующие дальнейшего подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяженность маршрута в км.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником (старшим геологом) партии (отряда, участка).

Формы регистрации каменного материала. Регистрация каменного материала начинается при документации геологических объектов и продолжается в течение всего процесса геологических работ и фиксируется в журнале образцов.

Журнал образцов предназначен для регистрации всех видов образцов и проб, взятых на протяжении полевого периода во время маршрутов, при описании обнажений, горных выработок и предназначенных для любых производственных и научных целей (изготовление шлифов и аншлифов, определение органических остатков, производство разнообразных анализов).

Журнал образцов заполняется непосредственно после маршрута или, если количество взятых образцов не велико, в камеральный день, но не реже одного раза в неделю. Журнал образцов заполняется шариковой ручкой. Желательно, чтобы записи в нем вел один и тот же сотрудник.

Этикетки для образцов рекомендуется печатать на плотной бумаге и брошюровать в виде книжек по 25-50-100 листов; обычный формат этикетки 10х10 или 10х13 см. В разделе "место взятия" для образцов из обнажений и высыпок указывается привязка к точке наблюдения, для скважин - интервал отбора, для горных выработок - глубина или интервал (в канавах) отбора. Этикетки заполняются на месте взятия данного образца. Заполнение этикетки обязательно для рыхлых и слабоцементированных пород. Для крепких пород в полевых условиях допускается подписывать только номер тушью или шариковой ручкой на лейкопластыре, наклеенном на образце. Такая маркировка рациональна, в особенности при отборе ориентированных образцов, когда кроме номера необходимо указывать ориентировку образца. В отдельных случаях допустимо также нанесение маркировки непосредственно на образец. С этой целью могут быть использованы баллончики с тушью (например, "Kaalmar") или цветной (предпочтительно красный) карандаш. В дальнейшем на каждый образец заполняется этикетка.

Номер образца дублируется на бумаге, в которую завернут образец, или на геологическом мешочке. Для образцов, взятых из скважин и горных выработок, указывается также глубина или интервал отбора.

Отдельная этикетка составляется для каждого шлифа. Размеры этикетки шлифа 6х5 см.

Самостоятельные формы этикеток размером 13х10 см рекомендованы для проб, отобранных из горных выработок, извлеченного керна и шлиховых проб.

Регистрационные данные отмечаются также на капсуле для хранения шлихов. Для капсул используется прочная бумага. При разделении шлиха на фракции используется капсула стандартных размеров - 16х22 см. Для отмытого неразделенного шлиха предпочтительнее использовать капсулу формата 21х30 см (размер стандартного листа) либо других размеров, соответствующих реальному объему шлиха.

Альбомы зарисовок и фотографий. Альбом для зарисовок изготавливают из плотной белой бумаги типа чертежной. Его размер не должен превышать 18х24 см. Такой размер позволяет делать достаточно крупные и детальные зарисовки, удовлетворяющие всем предъявленным к ним требованиям.

Альбом не должен содержать более 25 листов, так как со временем, при работе в полевых условиях, он неизбежно загрязняется, и зарисовки, выполненные ранее, могут быть испорчены. Рационально иметь в распоряжении несколько альбомов и заменять их по мере накопления зарисовок.

Альбом заключают в жесткий переплет из дермантина или из плотной материи типа коленкора. Задняя крышка переплета должна иметь клапан шириной около 5 см. На внутренней стороне переплета, на сгибе между внутренней крышкой и клапаном - гнездо для карандаша.

Первая страница альбома - титульный лист. В исключительных случаях для зарисовок могут быть использованы "альбомы для рисования", выпускаемые промышленностью.

Зарисовки выполняются только на одной (правой) стороне листа, где помещаются также все необходимые надписи и пояснения.

Страницы альбома должны иметь сквозную нумерацию. Каждому рисунку присваивается порядковый номер. Номера фотографий и их содержание, как указывалось выше, фиксируется в полевом дневнике. Специальной формы документации для них не предусматривается.

При наиболее ответственных съемках рекомендуется делать в дневнике записи о чувствительности пленки, диафрагме, выдержке, характере погоды и времени съемок.

2.2. Маршрутные наблюдения

Наземные маршруты в обнаженных районах дают основную массу данных по составу геологических тел и признакам полезных ископаемых. Они включают описание рядовых обнажений и промежутков между обнажениями, в которых наблюдения ведутся по высыпкам.

Описание маршрута состоит из следующих частей: 1) дата маршрута, 2) номер маршрута, 3) привязка района маршрута, 4) характеристика ожидаемых объектов наблюдения и цель маршрута, 5) привязка начала маршрута, 6) описание маршрута, 7) выводы по маршруту.

Номер маршрута обычно дается каждым исполнителем на протяжении всего сезона, однако если в дальнейшем намечается обработка на ЭВМ, необходимо каждому исполнителю выделить свою серию номеров.

Привязка района маршрута дается в таком виде чтобы его легко можно было находить на карте фактического материала. С этой целью указывается участок района, где проводится маршрут (бассейн реки, ручья, район крупной высоты, урочище и т.п.). Обязательно наличие всех таких названий на топографических картах. При проведении работ с применением аэрофотоматериалов в привязке указывается номера аэрофотоснимков, на которых расположен маршрут. Для маршрутов, проводимых на нескольких геодезических трапециях, обязательно указание номенклатуры трапеции. Для обработки материалов на ЭВМ привязка района маршрута дается в виде указания координат начала и конца его.

Привязка начала маршрута дается по отношению к четко определенным элементам рельефа и постоянным элементам топографической ситуации, созданным деятельностью человека (дороги и т.п.). В тех случаях, когда маршрут ведется с использованием аэрофотоснимков, привязка начала маршрута проводится после ориентирования и накола начальной его точки на аэрофотоснимке. Допустимо указание координат начальной точки.

Описание маршрута включает фиксацию всех наблюдений, проводимых над геологическими объектами, геоморфологическими элементами и т.д., а также выводов, к которым приходит геолог в процессе маршрута. По ходу маршрута описываются геологические образования и тектонические элементы, осуществляются поиски полезных ископаемых и сборы остатков ископаемой флоры и фауны, собираются материалы для выяснения природы расположенных в зоне маршрута контуров, отдешефрированных на аэрофотоснимках и других дистанционных материалах, геофизических и геохимических аномалий (их связь с геологическими телами, структурами и вещественным составом тел), отбираются необходимые образцы, пробы и т.д. Обязательно проверяются результаты дешифрирования аэрофотоснимков и интерпретации геофизических данных.

Каждая точка наблюдения включает запись на точке и запись по ходу между точками. Рекомендуется сначала записывать наблюдения на точке, а затем наблюдения по ходу следующей точки. В этом случае наблюдение на точке будет своего рода выводом из наблюдений по ходу. Таким "выводом" может быть, например, фиксация резкой смены пород в высыпках, другого стратиграфического подразделения, чем наблюдавшееся по ходу, обнаружение обнажения, в котором видны складки и т.п.

Выводы по маршруту завершают описание. Ими могут быть обобщенная характеристика состава изученных отложений, вывод о взаимоотношении интрузивов, толщ, разрывов, складок и т.п., об их генезисе, о перспективности признаков полезных ископаемых и др.

2.3. Документация обнажений

Документация естественных и искусственных обнажений является одним из основных источников геологической информации, в первую очередь сведений о составе геологических тел и горных пород и условиях их залегания. В соответствии с этим большое значение имеет степень единообразия геологического описания и соответствие его унифицированной схеме, обеспечивающей сопоставимость данных, полученных различными исследователями.

Геологические наблюдения всегда в той или иной мере специализированы применительно к специфике горных пород и геологических тел, слагающих изучаемый район, и образуемых ими структур.

Со времен выхода в свет "Полевой геологии" В.А. Обручева сложился перечень геологических признаков, отражающих минимально необходимый набор сведений об исследуемом объекте и подлежащих обязательному фиксированию в геологической документации. Модификации таких перечней в настоящее время легли в основу формализованной документации, ориентированной на решение задач автоматизированной обработки данных на ЭВМ.

Составление унифицированной схемы описания изучаемых объектов является обязательной частью подготовки к полевым работам. Наличие такой схемы обеспечивает необходимую полноту документации, а тем самым и ее качество.

Требования единой системы первичной документации, удобной для практического использования, диктуют также необходимость единообразной структуры записи. Схему последовательности описания целесообразно иметь каждому геологу в виде краткой памятки, которую следует помещать в качестве вкладки в полевом дневнике.

В описаниях геологических наблюдений можно выделить несколько смысловых полей:

- описание горных пород,
- описание сочетаний горных пород в пределах обнажения,
- описание залегания горных пород,
- выводы.

Описание горных пород имеет последовательность: название породы, структура, цвет, степень литификации, минеральный состав, морфология зерен, текстура, включения, прожилки, органические остатки, конкреции и секреции, контактовые поверхности геологических тел, отдельность, прочие характеристики - элементы залегания пластов в осадочных, потоков в эффузивных и сланцеватости в метаморфических породах, мощность осадочных слоев, потоков эффузивных и пластов метаморфических пород, а также характер эпигенетических изменений.

Описание сочетаний горных пород должно предусматривать характеристику признаков, перечень которых может изменяться в зависимости от того, какой тип пород является объектом исследования.

Осадочные породы:

а) чередование пород по вертикали в виде послойного описания;
б) переходы пластов по простиранию;
в) мощность каждого пласта или обобщенная характеристика;
г) характер поверхностей напластования;
д) соотношение выше- и нижележащих пластов - залегание согласное, согласное с размывом или несогласное.

Вулканогенные породы:

а) чередование пород по вертикали;
б) смена пород по горизонтали;
в) мощность каждого пласта или потока или ее обобщающая характеристика;
г) характер граничных поверхностей между пластами или потоками;

д) соотношение выше- и нижележащих пластов и потоков. Интрузивные породы - контакты и переходы разновидностей пород и их изменение на контактах.

Жилы и прожилки:

а) сочетание между собой;

б) изменения вмещающих пород на контакте;

в) выдержанность жил и прожилков и их мощность.

Для рыхлых отложений следует давать описание в следующем порядке:

а) название, размеры, минералогический состав и форма зерен, их соотношение по размеру;

б) цвет и запах;

в) наличие, содержание, размер и форма неорганических включений;

г) наличие и характер органических остатков;

д) влажность и плотность;

е) консистенция (для минеральных отложений) и степень разложенности (для торфов) - признаки особенно важные при гидрогеологических и инженерно-геологических работах;

ж) степень карбонатности основной части грунта и включений;

з) структура и текстура отложений.

Описание залегания горных пород включает измерение элементов залегания, характеристику складок, разрывов и т.д.

Измерение элементов залегания документируется в виде сокращенной записи азимута и угла падения, например, аз. пад. 340^0, $\angle$-30^0, или при вертикальном залегании - азимута простирания и угла падения, например, аз. прост. 340^0 $\angle 90^0$. Точность измерения в складчатых областях 5^0 для азимута и 2-3^0 для угла. При изменчивых углах падения или отсутствии уверенности в единообразии элементов залегания во всем обнажении и отсутствии видимых складок обязательно измерение в разных частях обнажения для определения среднего залегания с точностью до 4-5^0. Таких измерений необходимо сделать не менее 4-5. Разброс измерений в 20-30^0 обычно свидетельствует о наличии складок. Вычисление средних элементов залегания в этом случае недопустимо и должна быть составлена схема элементов залегания в обнажении. Словами отмечается опрокинутое залегание.

Описание складчатости. Описание единичной складки включает характеристику следующих признаков:

-текстурные элементы, образующие складку (пласты, слоистость, сланцеватость);

- форма складки;

- форма замка складки;

- форма шарнирной (осевой) поверхности;

- высота и ширина складки;

- элементы залегания слоистости на разных участках складки в количестве, достаточном для изображения характера изгибов слоев различной компетентности.

Описание обнажений. Описание естественных коренных обнажений проводится во время маршрутов. Нужно различать описание рядовых и ключевых (опорных) обнажений, которое проводится с разной степенью детальности.

Ключевым обнажением называется изолированный выход (или ряд сближенных выходов) коренных пород, в пределах которого наблюдаются стратиграфические взаимоотношения отложений, типичные интрузивные контакты, характерные структурные формы (складки, разрывы), сочетание структурных форм разного возраста и размера и т.п. Выявление ключевых обнажений, а также оценка степени их типичности и значимости могут быть осуществлены лишь после того, когда будет осмотрен более или менее обширный участок исследуемого района. Следовательно,

в большинстве случаев ключевые обнажения первоначально фиксируются в качестве рядовых и лишь потом подвергаются специальному детальному изучению.

Описание рядовых обнажений включает следующие операции:

- привязка обнажения к местности;
- осмотр обнажения;
- зарисовка или (и) фотографирование;
- описание обнажения и отбор образцов и проб.

Эти операции могут различным образом сочетаться при описании обнажений разного размера. При описании обнажений небольших размеров (до 15-20 м) привязка рядового обнажения к местности осуществляется в ходе маршрута, при котором оно было выявлено.

Осмотр обнажения начинается с определения его положения в рельефе (у подножья склона, на склоне, на водоразделе, в русле реки и т.п.) и оценки того, что оно действительно представляет коренной выход, а не оползень, отдельную скатившуюся глыбу и т.п. Эта оценка отражается словами "в коренном выходе", "в коренном залегании" и т.п. В процессе общего осмотра выясняются характер слагающих пород, условия их залегания и взаимоотношения; предварительно намечаются места отбора образцов и проб (они могут отбираться и на стадии осмотра).

Зарисовка и фотографирование рядовых обнажений осуществляется лишь в тех случаях, когда в них обнаруживаются какие-либо характерные особенности, представляющие значительный геологический интерес. Нередко такие обнажения в дальнейшем переходят в ранг ключевых.

Стратифицированные отложения, сложенные чередованием пластов различных пород, описываются послойно снизу вверх. Описание сверху вниз не рекомендуется как из соображения единства описания во всей геологической службе, так и из-за возможности засорения поверхности обнажения обломками вышележащих пород (это особенно мешает при описании и опробовании обнажений рыхлых образований и горных выработок).

Обнажения значительной протяженности рационально осматривать и описывать поинтервально. В качестве границ интервалов следует выбирать участки существенного изменения состава отложений или условий их залегания, смену пород или толщ и т.п. Осмотренная часть обнажения документируется, дается описание контактирующих толщ. Затем осматривается и документируется следующая часть обнажений и т.д. Если имеется возможность, то целесообразно заранее рационально разметить обнажение шагами или лентой на интервалы по 10-20 м. Для протяженных обнажений обязательно составление маршрутной схемы..

Образцы и пробы. Образцы горных пород представляют собой каменный документ, который хранится до завершения геологосъемочных и поисковых работ. По окончании работ часть образцов, достаточно полно характеризующая все возрастные подразделения района и типичные разновидности пород, выделяется в эталонную коллекцию и часть - в коллекцию обменного фонда. Остальная часть коллекции после окончания камеральной обработки сокращается. В соответствии с этим, к образцам эталонной коллекции и рядовым образцам могут быть предъявлены различные требования.

Образец для эталонной коллекции должен быть достаточно типичным для подразделения и разновидности пород. Нормальный размер его 9 х 12х 3 см. Обычное требование к образцу - наличие свежих поверхностей. Однако, как отмечал ещё В.А. Обручев, при недостатке времени для рядовых случаев необязательно заниматься выкалыванием стандартного образца, достаточно лишь, чтобы он имел три поперечных свежих скола. В дополнении к этому следует заметить, что в ряде случаев структурные и текстурные особенности породы значительно рельефнее видны на выветриваемой поверхности породы (а иногда только на ней!). В таких случаях сохранение выветрелой

поверхности обязательно. Многие образцы сопровождаются по сколам породы для шлифа обязательно из того же куска.

Образец и шлиф отмечаются в документации естественного или искусственного обнажения, из которого они отобраны, наносятся на зарисовку (если она делается), снабжаются этикеткой установленного образца и заносятся в каталог образцов.

Номер образца должен соответствовать номеру обнажения, точке наблюдения, горной выработке или буровой скважине. При отборе нескольких образцов они различаются прибавлением через дефис порядковой цифры, например, обр. I4-I, 14-2 и т. д, Применение букв для различения образцов (например, 14-А, 14-Б и т.д.) не рекомендуется, так как для протяженных обнажений и горных выработок и для скважин значительной глубины букв может не хватить. Самостоятельная (независимая от номера обнажения, скважины и т.п.) нумерация образцов воспрещается.

Пробы горных пород, полезных ископаемых и др. бывают нескольких видов:

- штуфные пробы - образцы горных пород 150-500 г, отбираемые из одного участка;
- сколковые пробы - составленные из небольших (10-25г) обломков породы, взятых в различных частях изучаемого обнажения или его обособленной части с расчетом получения общей массы пробы 150-500 г;
- бороздовые пробы - отбираются сплошной или пунктирной бороздой, пересекающей весь опробуемый объект при сечении борозды 10х5 или 20х10 см; применяется в основном при изучении полезных ископаемых для получения усредненной характеристики полезных компонентов во всем геологическом теле.

Все пробы, отбираемые из естественных обнажений, горных выработок и буровых скважин, обязательно включаются в их описание, их положение изображается на зарисовках. Пробы снабжаются этикеткой единого образца и фиксируются в журналах проб.

2.4. Графическая документация геологических объектов

Графическая документация в виде различного рода зарисовок и фотографий часто применяется в практике геолого-съемочных и поисковых работ, особенно при описании обнажений и геологоразведочных выработок. В настоящей главе содержатся общие рекомендации и специально рассмотрены правила графической документации геологоразведочных выработок, для которых зарисовка является обязательной частью всей документации. Содержание документации не рассматривается, так как оно изложено ранее.

Зарисовки и фотографии геологических объектов являются документами, которые в целом ряде случаев невозможно заменить словесным описанием. Известно, насколько трудно, пользуясь словесным описанием, найти в изученном геологическом объекте все то, что видел автор. Ведь любое описание неполно. Кроме того, язык описания достаточно бледен при фиксации деталей объекта и их пространственных соотношений, тогда как рисунок и фотография обладают наглядностью, т.е. позволяют с необходимой - степенью детальности получить информацию при рассмотрении документа, не пользуясь описанием.

Рисунок и фотография объективно передают все особенности и детали изученного геологического объекта, они дают возможность выделить главное в объекте, что присуще только ему и чем он отличается (или чем сходен) от других аналогичных объектов.

Чтобы рисунок или фотография обладали всеми свойствами документа - носителя объективной информации, они должны в той или иной форме иметь:

- точную географическую привязку;
- ориентировку плоскости рисунка или фотографии;
- масштаб;
- заголовок;
-пояснительные надписи;

- указания на авторство рисунка или фотографии (если они приводятся не в дневнике или журнале).

Графическое документирование любого геологического объекта предусматривает выполнение ряда операций, объемы и методы выполнения которых могут в достаточно широких пределах меняться в зависимости от цели работ и изучаемого объекта:

- подготовку фотоаппаратуры, принадлежностей для рисования, бумаги, дневников, компаса и т.д.;
- привязку - ориентирование плоскости рисунка или фотографии;
- при осмотре геологического объекта выделение отдельных частей и установление мест, где должны быть сделаны зарисовки или фотографии;
- разметка, ведущаяся как для облегчения зарисовок (соблюдение верных соотношений между частями объекта), так и для масштаба при фотографировании.

Под названием "Полевые зарисовки обнажений" объединяется большая группа графических документов, различающихся между собой содержанием и детальностью. Несмотря на то, что выполняемая человеком зарисовка передает его восприятие объекта, вследствие чего, казалось бы, является сугубо субъективной, она вполне объективно отражает облик и состояние объекта и является надежным документом.

Зарисовки в их практическом применении имеют ряд преимуществ перед фотографией. Даже при достаточном опыте и наличии всей необходимой аппаратуры и фотоматериалов хорошую фотографию геологического объекта получить не всегда возможно: объект съёмки может быть мало выразительным, могут быть неблагоприятные условия освещенности или погоды. Кроме того, детали геологического объекта, представляющие наибольший интерес, могут оказаться невыразительными вследствие слабой цветовой или тоновой контрастности. Во всех этих случаях получение удовлетворительного снимка практически невозможно, тогда как полевая зарисовка позволяет не только изобразить, но и подчеркнуть наиболее важные характеристики изучаемого объекта.

Зарисовка в отличие от фотографии не передает объект во всех подробностях, цель ее - максимально объективное изображение особенностей объекта, представляющих интерес для данного исследования. При этом все детали, не имеющие прямого отношения к целевому назначению рисунка, опускаются. Правильно выполненный и оформленный рисунок максимально лаконичен и вместе с тем обладает большой информативностью, четок и точен в изображении всего, что привлекло внимание исследователя.

Для того чтобы рисунок обладал всеми указанными свойствами и удовлетворял всем предъявлявшем требованиям, при его исполнении следует придерживаться определенных правил:

1) Масштаб зарисовки выбирается в зависимости от сложности изображаемого объекта и необходимой степени детализации. Масштаб должен быть выдержан на всей зарисовке во всех частях объекта. При необходимости отдельные части объекта, представляющие особый интерес, изображаются в более крупном масштабе, но уже на другом рисунке;

2) Зарисовки делаются четко и ясно, линиями различной толщины, без штриховки и тем более растушевки;

3) Второстепенные детали, вводимые в рисунок для масштаба (деревья, дома), выполняются схематически;

4) Зарисовка должна иметь географическую привязку, соответствующую привязке объекта в описании. Если на зарисовке изображается только часть объекта, делается привязка к объекту;

5) Плоскость зарисовки должна быть ориентирована;

6) Зарисовка должна иметь заголовок, необходимые поясняющие надписи и условные обозначения (в дневнике условные обозначения могут быть указаны в начале);

7) На рисунке указываются места, в которых делались измерения элементов залегания и их числовые значения и места отбора образцов и проб и их номера;
8) Все данные, помещаемые на рисунке, должны совпадать с записями в дневнике;
9) Запись в дневнике должна содержать ссылку на рисунок.

В соответствии с объектом и масштабом изображения, а также степенью его детальности можно выделить несколько типов зарисовок, различающихся техникой исполнения.

Схема – мелкомасштабная зарисовка, выполненная в условной манере, в приближенном или относительном масштабе. Ее назначение - пояснение записей в дневнике, указание на порядок записей или отбора образцов и т.д. Схема, поскольку она привязана к тексту дневника, обычно выполняется на левой стороне разворота. Если записи в дневнике ведутся шариковой ручкой, то и схему можно выполнять ею же. Схема снабжается надписями, поясняющими цель, с которой она выполнена, и детали изображения.

Зарисовки обнажений и их отдельных частей в зависимости от характера могут проводиться в проекции на вертикальную и наклонную плоскости, а также на разные плоскости, если обнажение расположено на склоне с уступом. В последнем случае зарисовка сопровождается дополнительной схемой, показывающей взаимоотношения и положение отдельных частей обнажения, спроецированных на разные плоскости, и указанием (текстовым или графическим знаком) на плоскость проекции. Соблюдение определенного масштаба и пропорций между отдельными частями обнажения достигается предварительной разметкой путем установки через определенное расстояние вешек или каменных пирамидок.

Крупномасштабные зарисовки отдельных частей обнажений выполняются с возможно более точным соблюдением масштаба и относительного расположения деталей, однако, без загромождения рисунка незначащими подробностями. Для выполнения такой зарисовки разметка обнажения делается более тщательно - обычно с помощью рулетки, натянутой поперек зарисовываемой площади, и в особо сложных случаях - двух рулеток (мерных реек, веревок с узлами и т.п.), натянутых крестообразно (горизонтально и вертикально) в плоскости рисунка.

Зарисовки разнообразных трещин и линейных тектонических структур проводятся с большой тщательностью и точностью в соблюдении размеров, ориентировки и их взаимного расположения. При этом рисуются только главные, наиболее характерные трещины. При изображении систем трещин необходимо дать представление о густоте трещин, принадлежащих к каждой системе. Все измерения помещаются на рисунке с указанием места, где они сделаны.

Фотосъемка в маршруте. Подготовка к маршрутной съемке начинается еще перед выездом на полевые работы. При изучении материалов предыдущих исследований: по району предстоящих работ составляется представление о его геологическом строении и возможных объектах фотографирования, достаточно полно характеризующих наиболее интересные особенности района в соответствии с задачами проектируемых полевых работ.

Порядок фотосъемки в маршруте. При фотографировании геологических объектов в маршруте не следует жалеть пленки: по возможности надо фиксировать все имеющее значение для целей исследования. Возможно, что встреченный объект уникален и случая зафиксировать его на пленку больше не представится. Даже если аналогичные объекты будут встречаться в дальнейшем, их надо фотографировать: снимки можно сравнить, отмечая черты сходства или, напротив, различия, зафиксированные объективом.

Фотосъемка геологических объектов представляет собой ряд последовательно выполняемых операций, каждая из которых в известной степени определяет качество будущего снимка.

1. Точка съемки выбирается с учетом характера объекта и цели, с которой делается снимок. При этом следует иметь в виду:

а) свет на объект должен падать спереди и несколько сбоку. Детали объекта при этом выглядят более контрастно, а сам объект приобретает объемность. Это особенно важно при фотографировании обнажений. Лучше всего для съемки подходит рассеяно направленный свет, которой дает солнце за тонким слоем облаков. При этом тени на объекте получаются не чрезмерно контрастными;

б) нормальная высота точки съемки соответствует уровню глаз человека. При этом фотография передает неискаженное представление об объекте - такое, каким видит его наблюдатель в обычных условиях.

2. Определение границ кадра и его композиция. В кадре должен помещаться фотографируемый объект целиком или его определенные детали, а в некоторых случаях и окружающее объект пространство (если необходимо зафиксировать взаимоотношения фотографируемого объекта с другими объектами или показать его положение в пространстве). В соответствии с этим граница кадра выбирается горизонтальной или вертикальной. Если с данной точки зрения изображение, размещающееся в кадре, не соответствует поставленной цели, границы кадра можно регулировать одним из следующих методов:

а) подойти ближе или, напротив, отойти подальше;

б) применить сменную оптику;

в) сделать панорамный снимок.

В кадре должно располагаться лишь то, что необходимо для цели документации.

3. Масштаб снимка должен быть показан в каждом кадре. Это достигается размещением в кадре предметов, которые могут служить масштабом: при фотографировании крупных обнажений - фигура человека, разметка вешками или пирамидами камней, при съемке деталей обнажений - молоток, компас и т.д., при съемке мелких деталей – линейка с сантиметровыми делениями.

3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Студенты, участвующие в геологических экскурсиях должны знать элементарные правила по технике безопасности. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение, казалось бы, элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Геологические экскурсии должны проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с «Правилами безопасности при геологоразведочных работах».

Перед геологическими экскурсиями все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители экскурсий перед их началом обязаны провести специальный инструктаж всех щкольников об условиях экскурсий, правилам безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый школьник расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проходить дополнительный инструктаж о мерах предотвращения наиболее вероятных для данного района работ опасностей и несчастных случаев.

Каждый работающий, заметивший опасность, угрожающую людям, обязан принять зависящие от него меры для ее устранения и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Руководитель обязан принять меры к устранению

опасности; при невозможности устранения опасности прекратить работы, вывести работающих в безопасное место.

Запрещается во время работы и во время перерывов располагаться в траве, кустарнике и других не просматриваемых местах, если на участке работ используются транспортные средства.

Запрещается допускать к работе лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, а также в болезненном состоянии. Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспечить ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание о порядке проведения маршрута, правилах передвижения применительно к местным условиям;

в) нанести на свою карту линию намеченного маршрута группы.

В дни, когда по прогнозу погоды затяжной дождь, сильный ветер, выходить в маршруты запрещается.

Если затяжной дождь, густой туман застают группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При оставлении кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

В маршрутах каждому участнику рекомендуется надевать яркий шарф, косынку или рубашку для обеспечения лучшей взаимной видимости.

Запрещается употреблять в пищу неизвестные грибы, ягоды и рыбу во избежание возможного отравления.

Использование для питьевой воды минеральных источников, бальнеологические свойства которых неизвестны, запрещается, не рекомендуется также купаться в них.

При движении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим. Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается.

Особое внимание в маршрутах необходимо уделять мерам предупреждения тепловых и солнечных ударов. В жаркие безветренные дни работать с непокрытой головой не разрешается.

Одежда не должна стеснять движений при работе, обувь обязательно подбирается по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

При проведении маршрутов в лесу особенно строго должны соблюдаться правила зрительной и голосовой связи.

Передвижение через лесные завалы разрешается только с соблюдением соответствующих мер предосторожности.

На участках, заросшей высокой и густой травой, рекомендуется начинать работу после высыхания росы.

При работе в лесу следует строго соблюдать меры пожарной безопасности.

Бросать в лесу непотушенные спички и окурки запрещается. Костры разрешается разводить лишь в местах, где исключена возможность возникновения пожара.

При малейшем признаке лесного пожара (запах дыма, гари, бег зверей и полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне.

При возникновении пожара необходимо приступить к его тушению с помощью всех имеющихся средств и одновременно сообщить об этом местным органам власти.

При передвижении по горелым лесам и торфяникам следует соблюдать особую осторожность.

При проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей рекомендуется плотно застегивать одежду и 3-4 раза в день осматривать тело и одежду.

При отборе образцов в выработках должны применяться меры по защите от падения кусков породы со склона и бортов выработки.

При одновременной работе двух или более проботборщиков не одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5 м.

Если произошел несчастный случай или школьник почувствовал недомогание, то следует:

- прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих, и сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить руководителю, при необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Для оказания первой помощи при ранениях и кровотечениях необходимо на рану наложить стерильный бинт, предварительно смазать настойкой йода очищенный от грязи участок вокруг раны. При сильном кровотечении необходимо наложить выше раны жгут не более чем на 1.0 – 1.5 часа.

По окончании рабочего времени привести в порядок снаряжение и другие принадлежности. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

4. ПОЛЕВОЕ СНАРЯЖЕНИЕ

Вполне очевидно, что успешное проведение геологических маршрутов (экспедиций) в существенной мере зависит от обеспеченности участников соответствующим оборудованием, снаряжением и материалами. Подчеркнем специально, что при ведении полевых исследований все необходимое должно «быть под руками». При этом ничего не должно быть лишнего. В таблице приведен список необходимых «вещей» для полевой бригады, состоящей из 5 человек.

№ п./п.	Наименование оборудования, снаряжения и др.	Кол-во (шт.)
1	Полевая книжка (пикетажка)	5
2	Геологический молоток	1
3	Компас горный	1
4	Лупа с десятикратным увеличением	1
5	Карандаш простой (мягкий и твердый)	10
6	Транспортир	1
7	Авторучка шариковая	10
8	Рулетка 10 м	1
9	Сумка полевая	5
10	Рюкзак (желательно непромокаемый)	1
11	Мешочки пробные	20
12	Линейка 30 см	2
13	Фотоаппарат	1
14	Аптечка универсальная	1

5. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

В результате геологических экскурсий накапливается большой фактический материал: коллекции минералов и горных пород, остатки ископаемых животных и растений, образцы полезных ископаемых, графический материал. Все это может составить основу тематических выставок и стендов.

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. 01 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-механического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(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		26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		свои ошибки.			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 помощи.	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.
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.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
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.
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) ре-	Взвешивает все «за» и «против».	43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С тру-

№	Качества саморе-гуляции	Содержательные характеристики саморегуляции		№	Качества саморегуля-ции	Содержательные характеристики саморегуляции
	гуляции усилий	Умеет мобилизо-вать усилия.				дом мобилизует-ся на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.		44	Самодостаточность	Не считается с мнением окру-жающих. Не при-слушивается 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. 02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

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 _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(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.

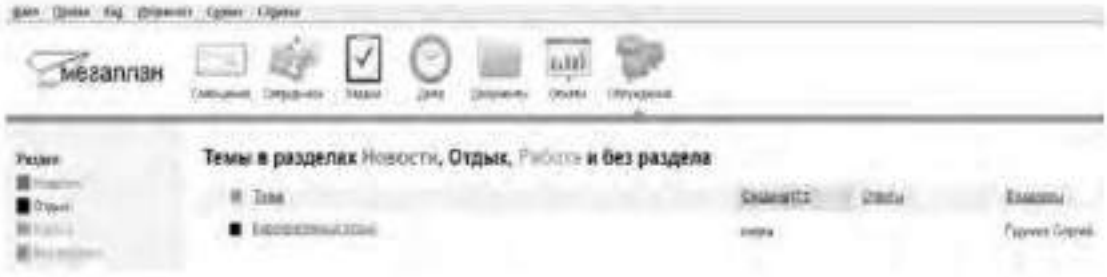


Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

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.

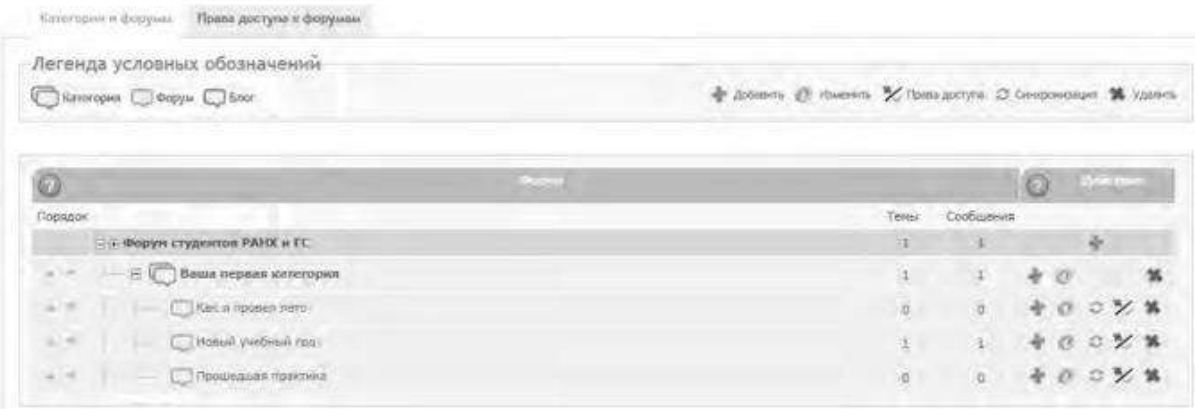


Рис. 7. Структура форумов

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.

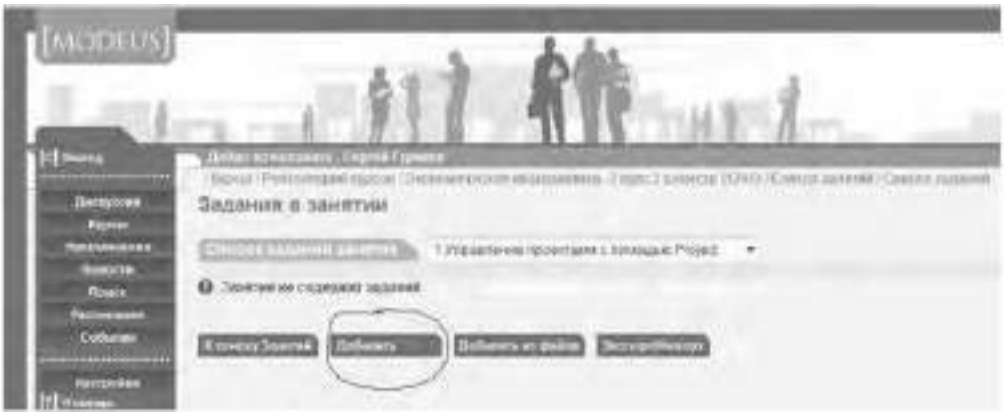


Рис.12. Добавление задания

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.

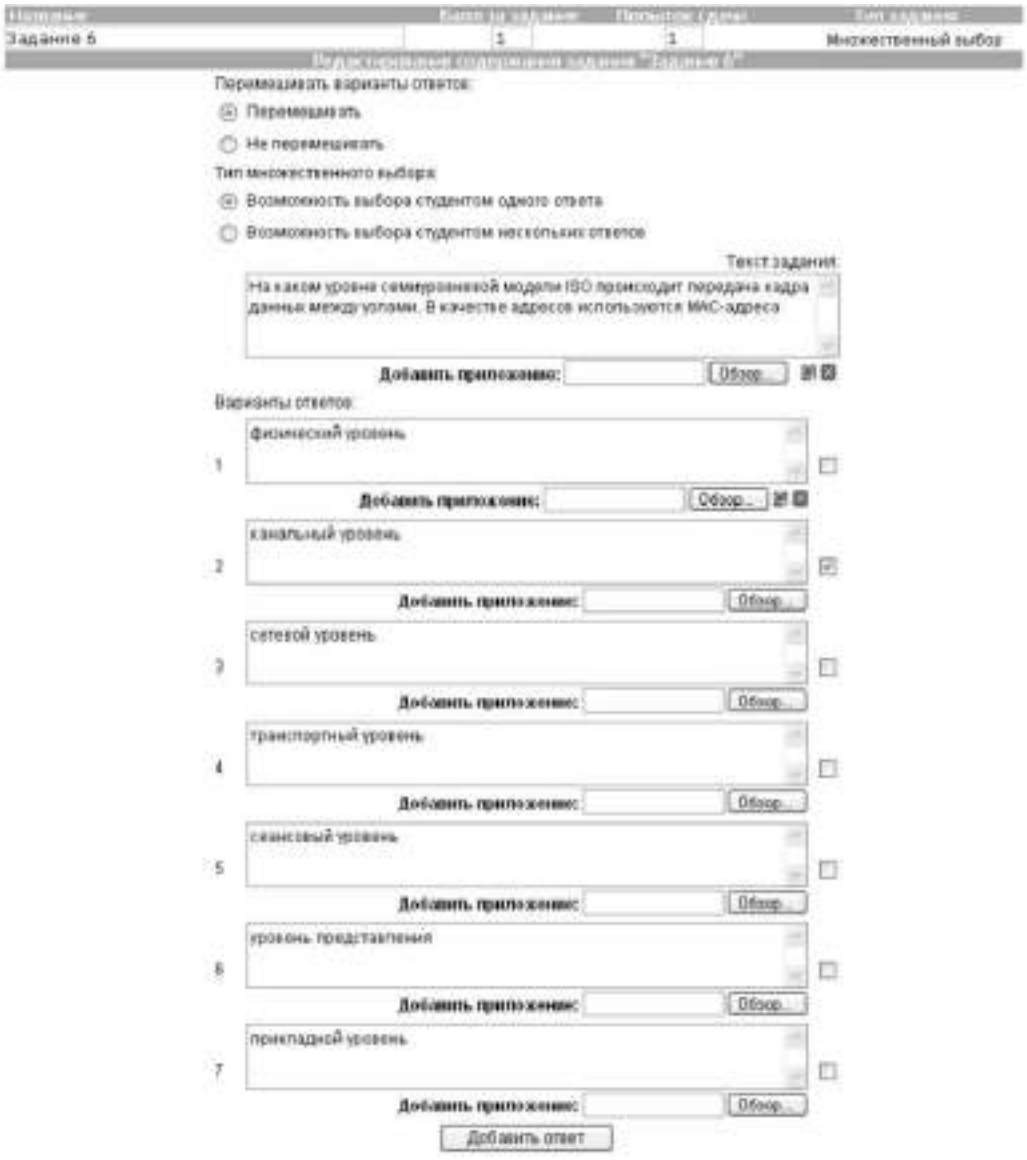


Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

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.

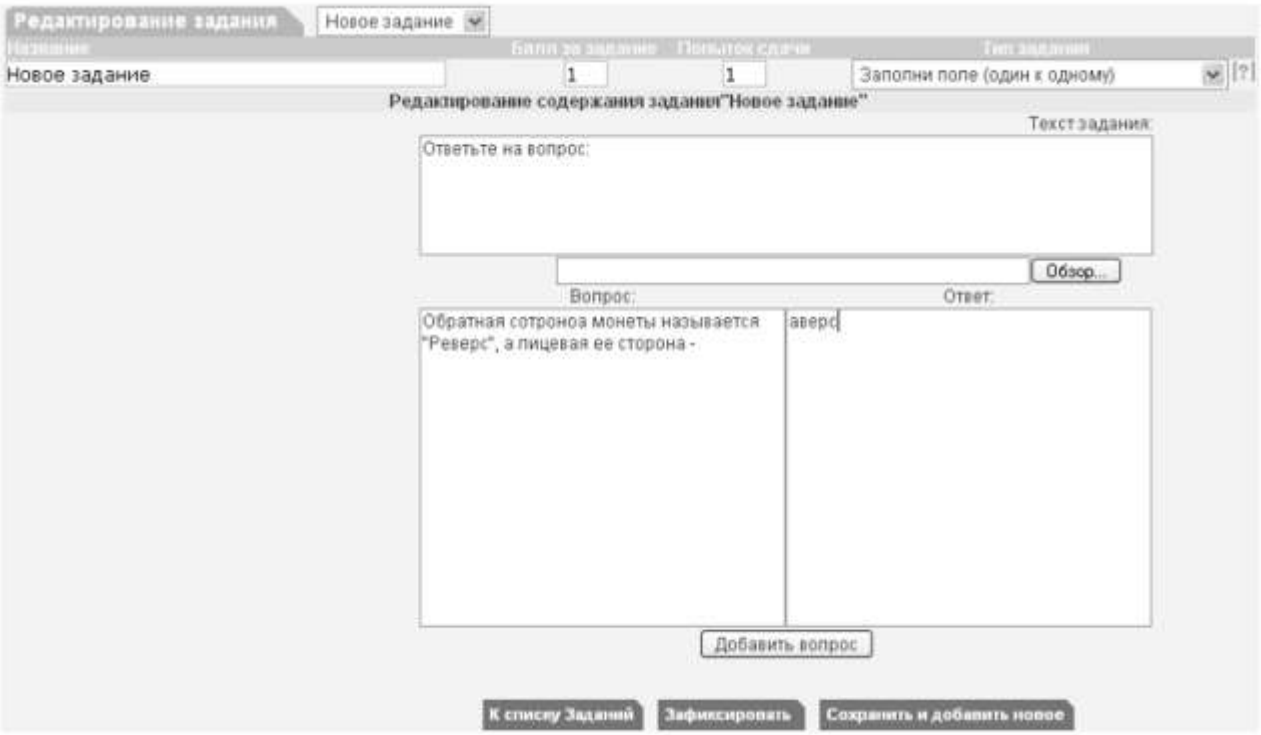


Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

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.

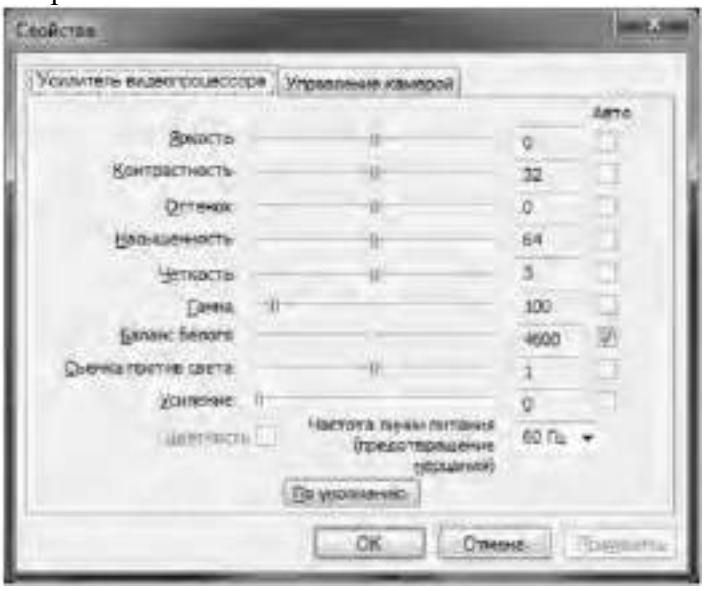


Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

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.

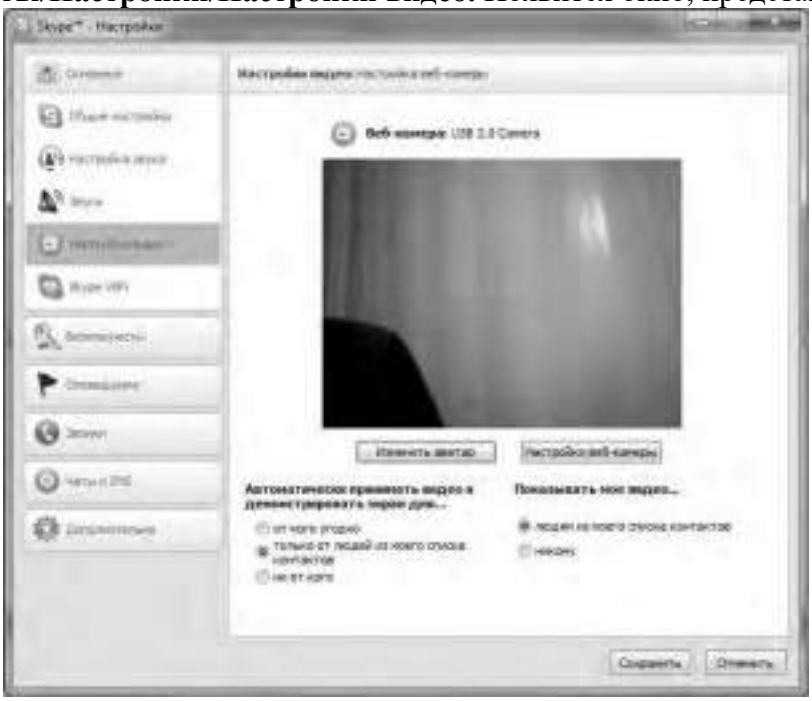


Рис.18. Окно Настройки

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. 03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

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

	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, подго-

товив 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 досту-па:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf